

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas



## **La Investigación Sismológica en Venezuela**

ISBN 980-6069-11-0

Queda hecho el depósito de Ley

Depósito Legal: No lf81020025513612

Redacción: Zoraida Pereira

Apoyo técnico: Gloria Romero

Producción Gráfica: Idanis Pozo

Se terminó de imprimir en diciembre de 2002,

en Impresos Lauper. Caracas, Venezuela.

Para la impresión de esta publicación se contó con el apoyo financiero de Fondo Común, Banco Universal.

Esta es una edición de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis, institución adscrita al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

[www.funvisis.org.ve](http://www.funvisis.org.ve)

## Indice

|                    |   |
|--------------------|---|
| Introducción ..... | 5 |
|--------------------|---|

### Capítulo I

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| <b>Venezuela sísmica</b> .....                | 7  |
| ¿Qué es un sismo?.....                        | 10 |
| ¿Dónde y por qué se producen los sismos?..... | 10 |
| Tectónica de placas .....                     | 13 |
| ¿Qué son ondas sísmicas?.....                 | 16 |
| Tipos de ondas                                |    |
| <i>Primarias</i> .....                        | 17 |
| <i>Secundarias</i> .....                      | 17 |
| <i>Love</i> .....                             | 18 |
| <i>Rayleigh</i> .....                         | 18 |

### Capítulo II

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Geología sísmica y riesgo geológico</b> .....                  | 19 |
| Importancia de la geología sísmica.....                           | 19 |
| Cartografiando fallas activas.....                                | 22 |
| Sismicidad histórica .....                                        | 30 |
| Precursores de la investigación sismológica<br>en Venezuela ..... | 41 |

### Capítulo III

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| <b>¿Qué es la sismología?</b> .....              | 45 |
| El sísmógrafo: sensibilidad y precisión.....     | 47 |
| ¿Qué es una Red de Estaciones Sismológicas?..... | 50 |
| Red Sismológica de Venezuela .....               | 51 |
| Red Acelerográfica de Venezuela.....             | 54 |
| ¿Cómo se capta la información sísmica? .....     | 55 |
| Localización y cuantificación de los sismos..... | 58 |
| Cálculo del epicentro de un sismo.....           | 59 |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Magnitud.....                               | 61 |
| Intensidad .....                            | 61 |
| Charles F. Richter y Giuseppe Mercalli..... | 62 |
| Escala modificada de Mercalli.....          | 63 |

## Capítulo IV

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ingeniería sismorresistente</b> .....                                            | 67 |
| Disposición geométrica de un edificio y efectos sobre<br>la sismorresistencia ..... | 67 |
| Disposición de los elementos estructurales .....                                    | 70 |
| Sismorresistencia .....                                                             | 70 |
| Norma Sismorresistente Venezolana .....                                             | 71 |
| La norma y su filosofía.....                                                        | 74 |

## Capítulo V

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <b>Prevención</b> .....                  | 75 |
| ¿Qué es el Aula Sísmica?.....            | 75 |
| Flor Teresa Ferrer de Singer.....        | 80 |
| Los tres momentos de la prevención ..... | 81 |
| El valor de Madeleilis Guzmán.....       | 84 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>Glosario</b> ..... | 85 |
|-----------------------|----|

## Anexos

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Comentario sobre la zonificación sísmica .....                                                                | 95  |
| Zonificación Sísmica de Venezuela .....                                                                       | 98  |
| Canciones populares.....                                                                                      | 103 |
| Mitos y leyendas sobre sismos y otros fenómenos<br>naturales.....                                             | 107 |
| Sismos y presidentes de Venezuela<br><i>El poderoso sismo de 1875 y Antonio</i><br><i>Guzmán Blanco</i> ..... | 111 |
| <i>El sismo de 1900: un balcón y un susto sorprende</i><br><i>a Cipriano Castro</i> .....                     | 114 |
| <i>Juan Vicente Gómez; tras la pista del terremoto de 1929</i> .....                                          | 115 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>Bibliografía</b> ..... | 117 |
|---------------------------|-----|

## Introducción

Los eventos naturales siempre han producido temor e inquietud en el hombre, porque significan el enfrentamiento con lo desconocido, a fuerzas que, una vez desatadas, resultan incontrolables: terremotos, tsunamis, inundaciones, erupciones volcánicas, huracanes, tormentas eléctricas, aludes torrenciales y deslizamientos.

En el caso particular de Venezuela, se puede decir que, principalmente, los desvelos se deben a las lluvias, las cuales a lo largo del año ocasionan más de un motivo de preocupación, no sólo por los derrumbes que producen, sino por el desbordamiento de ríos y quebradas, lo que tradicionalmente se traduce en la pérdida de vidas humanas y bienes materiales. A esto se une la presencia de otro fenómeno no recurrente que también es motivo de preocupación: los terremotos.

La distribución de terremotos en la región venezolana pone de manifiesto la actividad y la concentración de focos sísmicos en la región norte-costera, originados por la liberación de energía producto del contacto entre las placas tectónicas Caribe y Suramericana.

A pesar de la demanda de material informativo sobre terremotos por parte de docentes, universitarios, profesionales y público en general, con poco conocimiento sobre estos eventos, hay una carencia de libros de fácil lectura y comprensión sobre este tema.

La finalidad de este libro es proporcionar una descripción sencilla y actualizada sobre la sismología venezolana, así como familiarizar al lector con la cultura sísmica, con la intención de que conozca las medidas a tomar antes, durante y después de un terremoto.

Con la edición de este material, la Fundación Venezo-

lana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), cumple con la responsabilidad de proporcionar detalles y datos sobre la sismicidad en Venezuela y zonas vecinas, actividad que realiza como complemento a las investigaciones especializadas sobre terremotos que le asigna la Ley.

Finalmente, le damos las gracias a los investigadores que ayudaron a que estas notas se hayan convertido en el libro que hoy presentamos, particularmente al profesor Franco Urbani, de la Universidad Central de Venezuela, quien hizo pertinentes observaciones que contribuyeron al enriquecimiento del texto.

## Capítulo I

### Venezuela sísmica

Venezuela se encuentra ligada a un contexto geodinámico complejo producto de la interacción entre la placa Caribe y Suramericana, el movimiento de la placa Caribe hacia el este con respecto a la Suramericana (figura 1) produce una actividad sísmica significativa (figura 2).

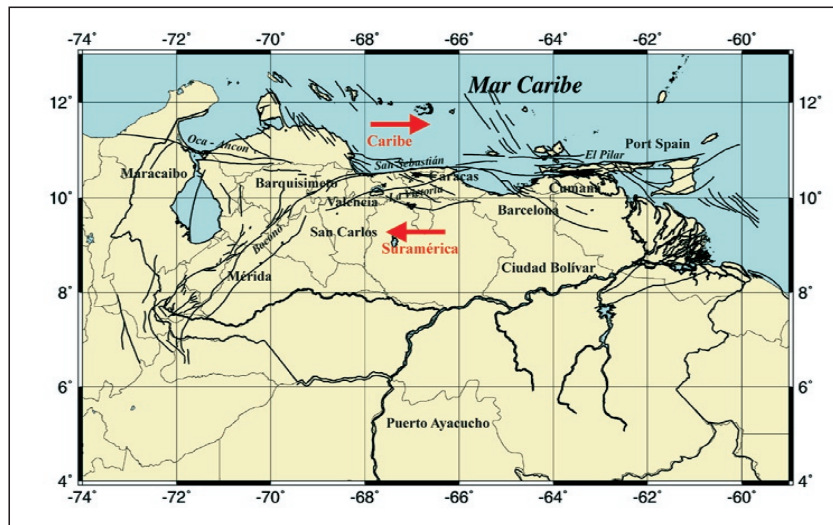


**Fig. 1.** Mapa de Venezuela donde se muestra el sistema de fallas principales y la dirección de las placas.

La zona de contacto entre la placa del Caribe y la placa Suramericana está conformada por tres sistemas de fallas, cuyo ancho promedio oscila alrededor de los 100 km. Estas fallas son la de Boconó (Los Andes), San Sebastián (Cordillera de la Costa) y El Pilar (Serranía del Interior), y son las causantes de los eventos más severos que han ocurrido en el territorio nacional. Además, existen otros accidentes activos menores (Oca-Ancón, Valera, La Victoria, entre otros), capaces de producir sismos importantes como los

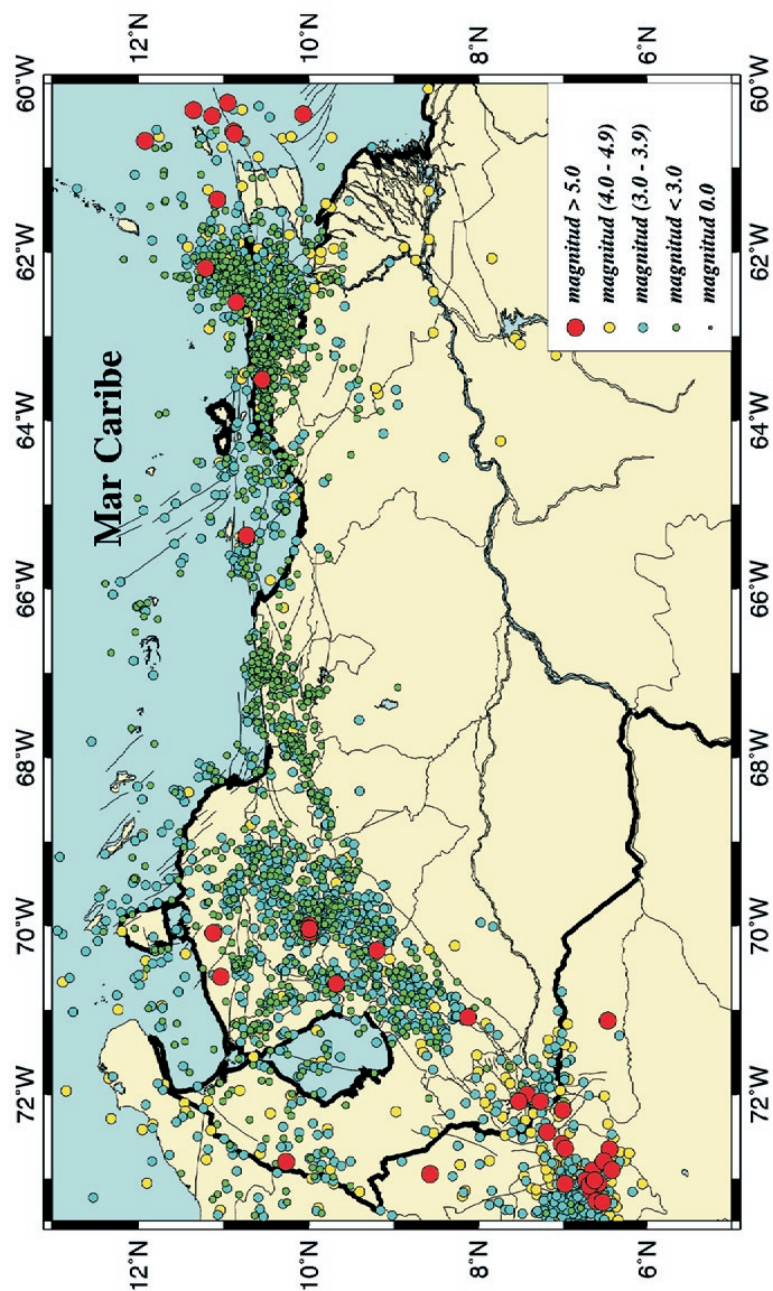


Fig. 2. Mapa de Sismicidad Instrumental de Venezuela, FUNVISIS.

ocurridos en Churuguara, estado Falcón, durante los años 1964, 1966, 1970, 1976, 1980, 1986 y 1990.

La historia sísmica de nuestro país revela que a lo largo del período 1530-2002 han ocurrido más de 137 eventos sísmicos que han causado algún tipo de daño en poblaciones venezolanas (ver Fig. 3). De todos ellos el más devastador fue el de 1812, el cual según Gunther Fiedler (1961) tuvo tres epicentros, y afectó a ciudades tan distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas, causando más de 20 mil víctimas, es decir, el 5% de la población estimada para la época. En relación a este terremoto, Rogelio Altez (1999) sostiene que en 1812 hubo dos eventos: uno en Caracas y otro en Mérida. El de Caracas, según afirma, fue a las 4:07 de la tarde y el de Mérida, aproximadamente, una hora después.

Otros terremotos, más cercanos en el tiempo, como el de Caracas en 1967, han determinado la toma de decisiones. A raíz de este evento, se decidió crear la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis, el 27 de julio de 1972 y Defensa Civil, institución que se ocupa de las acciones de salvamento y prevención. Más



Fig. 3. Venezuela País Sísmico, visión geo-histórica, FUNVISIS.

recientemente, el terremoto de Cariaco, en 1997, llevó a que Funvisis formalizara la creación del Programa Aula Sísmica “Madeleilis Guzmán” con el objetivo de reforzar la acción preventiva hacia la comunidad.

En resumen, en Venezuela siempre existe la posibilidad de que, en cualquier momento, se presente un terremoto, por esta razón se deben tomar medidas que contribuyan a preservar nuestra vida y bienes.

### **Qué es un sismo?**

Un sismo es un movimiento súbito e impredecible de una parte de la corteza terrestre, ocasionado por fuerzas que tienen su origen en el interior de la Tierra.

Pueden ser de origen *tectónico*, producidos por el desplazamiento de bloques de la litosfera, o *volcánico*, producido por la extrusión de magma hacia la superficie. En ambos casos hay una liberación de energía acumulada que se transmite en forma de ondas elásticas, causando vibraciones y oscilaciones a su paso a través de las rocas sólidas del manto y la litosfera hasta “arribar” a la superficie terrestre.

Los terremotos pueden ser superficiales, intermedios o profundos, dependiendo de su localización. En relación a este punto hay diferentes criterios, sin embargo citaremos a Bruce Bolt, quien localiza los sismos superficiales en la franja que va desde 0-70 km, los intermedios entre 70-300 km, y los profundos entre 300-700 km.

En el caso de Venezuela, casi todos los sismos destructores han sido de origen superficial, ejemplos lo constituyen el de Cariaco (09 de Julio de 1997) y el de Caracas (29 de Julio de 1967). Otro sismo superficial de reciente data es el que se sintió en Caracas y zonas circunvecinas el 31 de octubre de 2001.

### **¿Dónde y por qué se producen los sismos?**

Antes de dar respuesta a ambas interrogantes, hay que pasearse por la teoría del movimiento de los continentes, cuyas primeras ideas fueron esbozadas por el alemán Alfred Wegener en 1912, quien aseguraba que hace 200

millones de años los continentes estaban juntos, formando una gran masa o supercontinente llamado Pangea, fracturado y dispersado después por grandes movimientos horizontales. Para avalar su teoría analizó los mapas geológicos donde se demostraba la existencia de tipos de roca muy similares entre Norteamérica y Europa, y Suramérica y África. Datos aportados por paleontólogos y climatólogos contribuyeron a darle fuerza a su teoría; sin embargo, en ese entonces, nadie creyó en su propuesta sobre el movimiento de los continentes.

Hacia 1960, nuevos datos permitieron reactivar las ideas de Wegener, donde se demostraba que los continentes sí se movían, pero como parte de un movimiento mayor, cuya clave estaba en las profundidades del mar (Figuras. 4 y 5).

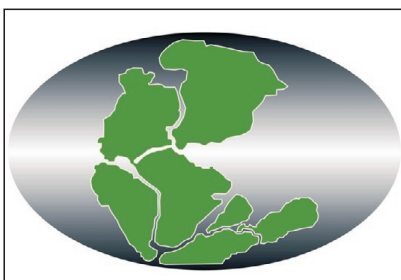


**Fig. 4.** La Tierra, hace 200 millones de años.



**Fig. 5.** La Tierra hoy. ([www.usgs.org.com](http://www.usgs.org.com)).

Los estudios sobre el fondo del océano Atlántico arrojaron una serie de descubrimientos importantes: la existencia de cordilleras submarinas o dorsales centro-oceánicas que pasan por todos los mares y cuya extensión acumulada es de unos 80.000 km, que en su parte central dichas cordilleras se dividen en dos mitades y en el medio hay muchos volcanes activos y emanaciones de aguas calientes; asimismo, se descubrió que en todos los mares hay trincheras o fosas muy profundas, de 8.000 m o más, mientras que la profundidad promedio de los océanos es de unos 4.000 m y -lo más impactante- que las rocas del fondo del mar no pasan de los 200 millones de años.

Para sorpresa de los investigadores también se constató que la capa de sedimentos era bastante delgada, de 500 a 1.000 m de espesor, a pesar de que por millones de años se ha sedimentado una cantidad inimaginable de toneladas de lodo y restos de seres vivos.

Aquí cabe preguntarse, ¿qué relación existe entre el fondo del océano y el movimiento de los continentes? La corteza es la sección del planeta más superficial y a la vez la más cercana al manto, que es donde se desencadenan las fuerzas que dan origen al desplazamiento de los continentes y por ende a los terremotos (Fig. 6).

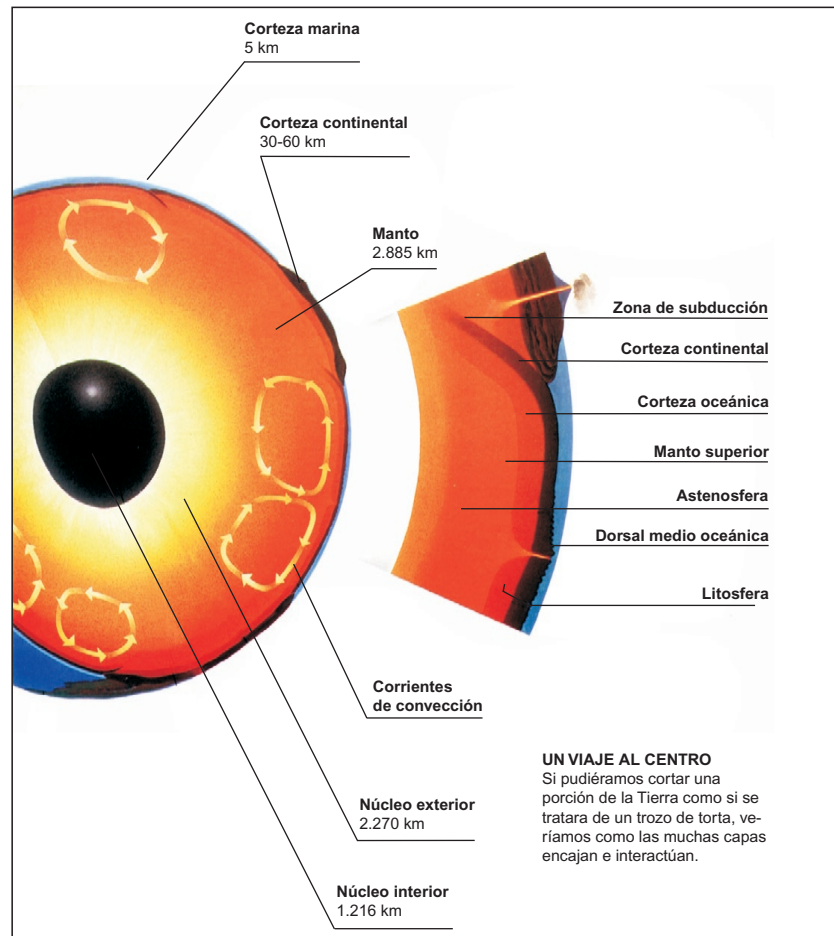


**Fig. 6.** Capas de la Tierra, mostrando las relaciones entre los tipos de corteza.  
Fuente: Moore, 1996.

Harry Hess y Robert Dietz, propusieron, en 1961, teorías similares que explicaban los datos obtenidos de los fondos marinos. Señalaban que en las hendiduras centrales de las cordilleras oceánicas se forma constantemente roca nueva, que sube fundida desde la astenosfera y que se enfría y acumula originando las estructuras montañosas; es decir, constantemente se está formando corteza oceánica. Esta corteza formada en las cordilleras submarinas se mueve lateralmente de manera lenta por el fondo del mar y, eventualmente, choca con la corteza continental, formada por rocas que son más livianas que las que constituyen la corteza oceánica. Cuando las dos chocan, esta última se hunde originando las conocidas fosas y regresando de esta manera al manto.

Los continentes se localizan sobre las placas tectónicas y son arrastrados por el movimiento que generan las mismas.

### **Tectónica de placas**

Según esta teoría, la litosfera está seccionada en placas que se encuentran sobre el segundo nivel del manto o astenosfera, que es más plástico o pastoso. Dichas placas, separadas por cadenas montañosas o fosas, se mueven lentamente, chocando o rozándose unas con otras. Por el centro de estas cadenas montañosas, sube constantemente material fundido del manto y por las fosas baja roca de la corteza oceánica hacia el manto.

Las placas se mueven relativamente entre ellas y en los bordes o zonas de interacción pueden producirse algunos de los siguientes fenómenos:

**1) Formación de nueva corteza:** El desplazamiento del magma, fundido y muy caliente, que escapa hacia el exterior provoca volcanes y terremotos de magnitud variable. Como ejemplo están los volcanes del centro del océano Atlántico.

**2) Roce entre placas:** Al pasar una al lado de la otra se crean esfuerzos, los cuales se liberan violentamente cuando las rocas llegan a su punto de fractura. Esta situación

produce terremotos que pueden llegar a ser de naturaleza variable. Un caso como este es lo que ocurre mayormente al norte de Venezuela.

**3) Choques entre placas:** Aquí se pueden dar 3 situaciones:

**Choque de dos placas continentales.** Debido a su poca densidad ninguna se hunde, pero el choque hace que se arruguen formando una cadena montañosa, como la de los Himalayas y los Alpes, por ejemplo. Este tipo de choque también produce frecuentes terremotos (Fig. 7).

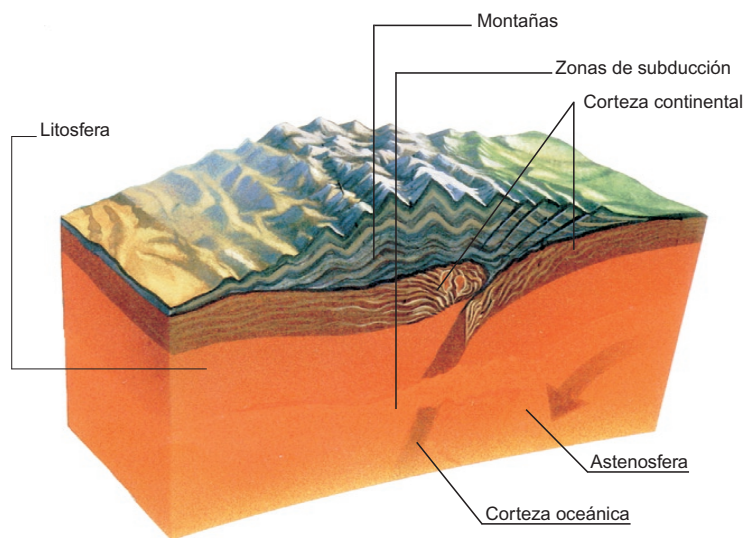


**Fig. 7.** Convergencia Continental-Continental. Fuente: Moore, 1996.

**Choque entre una placa oceánica y una placa continental.** Como la corteza oceánica es más densa, la placa subduce, regresa al manto y forma las grandes fosas que se han encontrado en los bordes de los océanos. Como consecuencia del choque se arruga la corteza y se forma una cadena montañosa. El choque de las dos placas y el descenso de la placa con corteza oceánica hacia las profundidades del planeta, también produce tensiones

entre las rocas, que pueden llegar a provocar terremotos. Uno de los mejores ejemplos es la cordillera andina, desde Colombia hasta Chile (Fig. 8).

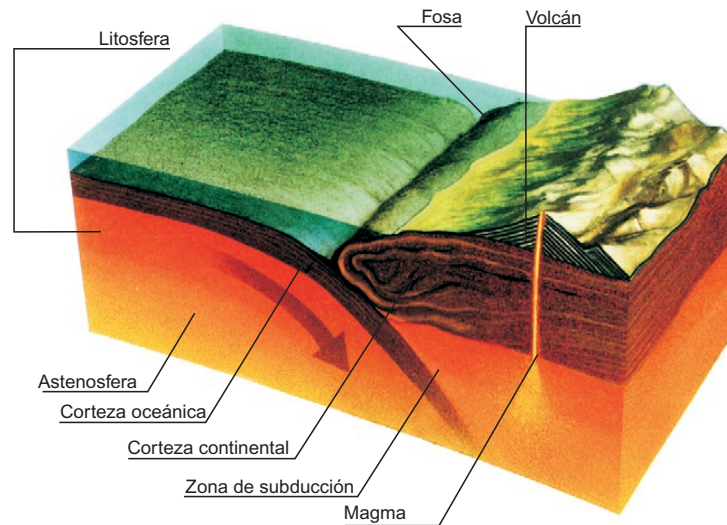


**Fig. 8.** Convergencia Oceánica-Continental. Fuente: Moore, 1996.

**Choque de dos placas oceánicas.** Aquí se hunde la más delgada o más densa de las dos. También ocurren terremotos y volcanes y se pueden originar islas volcánicas, como ocurre en las Antillas (Fig. 9).

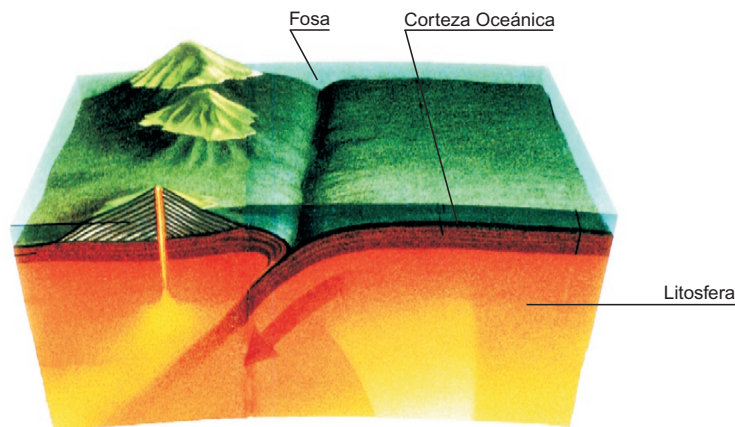


**Fig. 9.** Convergencia Oceánica-Oceánica. Fuente: Moore, 1996.

Los investigadores tienen argumentos para justificar el movimiento de las placas tectónicas: que la salida del magma caliente empuja a las placas y las aleja unas de otras, que la subducción en las fosas oceánicas arrastra al resto de la placa y la hace moverse, que estas placas se mueven debido a que en el manto se forman corrientes de convección.

Esta última hipótesis es la más aceptada y significa que la roca del manto cercano al núcleo terrestre se calienta y, por lo tanto, se hace menos densa y sube. Al subir desplaza hacia abajo la roca más fría, que a su vez se calienta y sube. Se establece así un movimiento en circuito cerrado de la masa rocosa. Este movimiento empuja entonces a las placas de arriba produciendo su desplazamiento (Fig. 10).

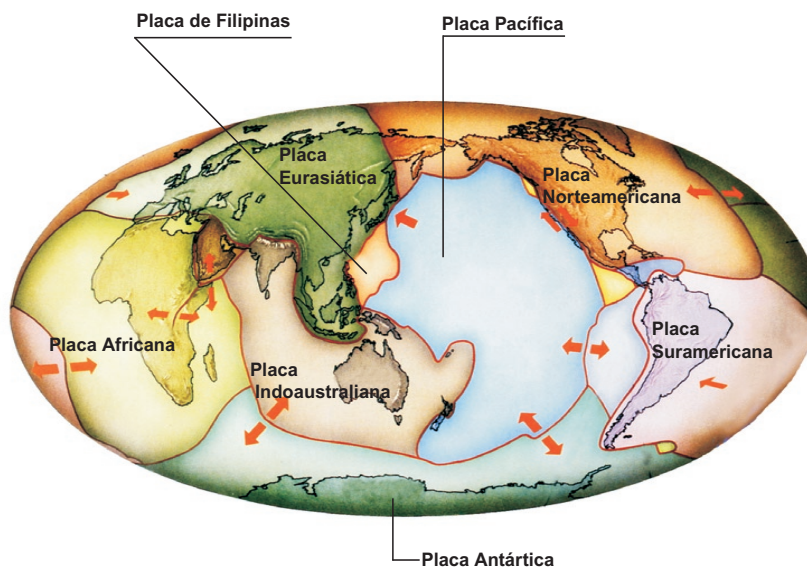


Fig. 10. Placas tectónicas.

### ¿Qué son ondas sísmicas?

Son oscilaciones que se propagan desde una fuente (foco o hipocentro) a través de un medio material elástico (sólido y líquido) transportando energía mecánica. Se clasifican en Corpóreas y Superficiales. Las Corpóreas viajan por el interior de la Tierra y se clasifican en Primarias (P) y Secundarias (S). Las Superficiales, como su nombre lo in-

dica, se desplazan por la superficie del planeta y se dividen en Ondas Love (L), llamadas así en honor al investigador que las descubrió, y Ondas Rayleigh (R), por la misma circunstancia.

## Tipos de Ondas

### Ondas Primarias (P):

Son las primeras en alcanzar la superficie terrestre. Viajan a través de rocas sólidas y materiales líquidos, siendo sus vibraciones longitudinales. Su efecto es similar a una estampida sónica que retumba y hace vibrar las ventanas.

#### ONDAS P

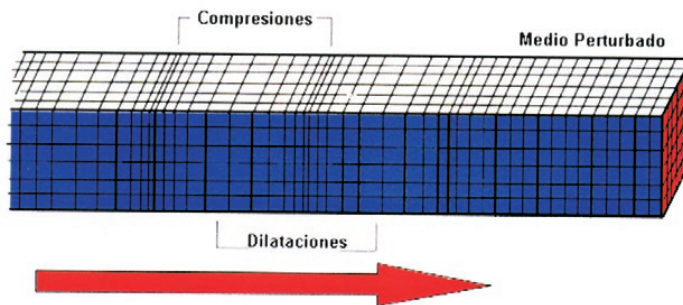


Fig. 11. Ondas Primarias (P).

### Ondas Secundarias (S):

Viajan más lento que las ondas P, por lo que arriban con posterioridad a la superficie terrestre. Producen movi-

#### ONDAS S

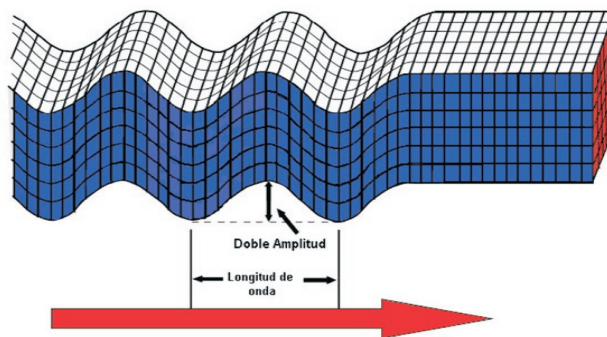


Fig. 12. Ondas Secundarias (S).

mientos de las partículas sólidas en dirección perpendicular al sentido de propagación. No se propagan a través de las partes líquidas de la tierra. Su movimiento es de arriba abajo y de lado a lado, sacudiendo la superficie del suelo vertical y horizontalmente. Este es el movimiento responsable del daño a las estructuras.

### Ondas Love (L)

Su movimiento es el mismo que el de las Ondas S, sólo que restringido a los intervalos de interacción entre las diferentes capas de la superficie terrestre. Viajan más rápido que las Ondas Rayleigh.

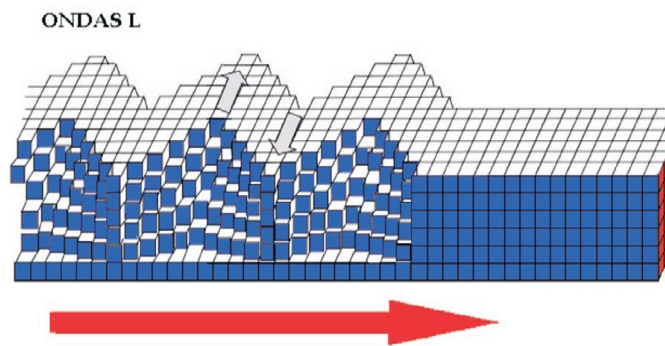


Fig. 13. Ondas Superficiales Love (L).

### Ondas Rayleigh (R)

Tienen una trayectoria elíptica en el plano vertical orientado en la dirección en que viajan las ondas.

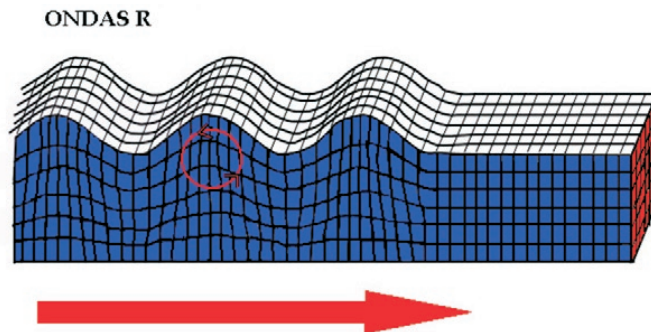


Fig. 14. Ondas Superficiales Rayleigh (R).

## Capítulo II

# Geología sísmica y riesgo geológico

El presente capítulo se refiere a la geología sísmica o ingeniería de fallas activas, la cual permite alcanzar los siguientes objetivos:

- ✓ Caracterizar los accidentes tectónicos existentes en el país.
- ✓ Cuantificar el potencial sismogénico y el correspondiente nivel de amenaza que caracteriza a los diversos sistemas de fallas.
- ✓ Estudiar, geomorfológica y geológicamente, las deformaciones permanentes del suelo.
- ✓ Abrir ventanas de tiempo que nos permitan reconstruir la actividad sísmica del país para poder establecer posibles períodos de retorno de los sismos.
- ✓ Cuantificar e inventariar las amenazas geológicas del país: deslizamientos, derrumbes, flujos torrenciales, deslaves, etcétera, provocados por los sismos y otros riesgos geológicos no asociados a la sismicidad.

Como resultado de este quehacer, el Departamento de Ciencias de la Tierra de Funvisis mantiene actualizados varios productos: el Mapa de Fallas Cuaternarias de Venezuela y el Inventario Nacional de Riesgos Geológicos, entre otras de las herramientas imprescindibles para el mejoramiento continuo de la Norma Sismorresistente, la cual debe ser de obligatorio cumplimiento para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones ante la eventualidad de un terremoto, y la elaboración de mapas de riesgo a nivel nacional y local.

### Importancia de la geología sísmica

Siendo Venezuela un país donde los registros científicos, documentales e instrumentales, sobre eventos sísmicos son de reciente data (1530-2002), circunstancia por la que no se

dispone de un análisis completo y riguroso de la sismicidad del país, resulta necesario radiografiar el pasado y proyectar hacia el futuro lo que ha sido y será la evolución tectónica reciente. Para esta incesante búsqueda, destinada a conocer el ciclo sísmico característico de una falla, se cuenta con los conocimientos científicos generados por disciplinas como la neotectónica, la sismotectónica, la paleosismología, y la sismología histórica.

La **neotectónica** (estudio de los movimientos reciente en las fallas, basándose en la geomorfología y la geología de las deformaciones o rupturas superficiales), nos ha permitido, por ejemplo, ampliar el registro sísmico del territorio nacional al identificar los accidentes geológicos con actividad sísmica reciente. Los estudios de este tipo permiten conocer la geometría de cada falla (traza activa, rumbo y buzamiento), cinemática (desplazamiento y longitud de ruptura cosísmica por evento, tasa de desplazamiento promedio de la falla), desplazamientos acumulados a lo largo de cada accidente y edad de la deformación. Con esta información se estima la velocidad de desplazamiento de las fallas y el posible período de retorno de los terremotos. A través de esta disciplina Funvisis ha logrado discriminar las fallas con movimiento reciente como los sistemas de Boconó, La Victoria, San Sebastián y El Pilar.

La **sismotectónica**, íntimamente relacionada con la disciplina anterior, permite determinar el nivel de actividad, con o sin expresión superficial, que, como consecuencia de los sismos, tiene cada falla, relacionándolas en el marco de la tectónica de placas. De esta manera, se establece el vínculo entre la falla y el sismo.

En cuanto a la **paleosismología**, herramienta de trabajo de suma importancia en los estudios de evaluación de riesgo sísmico, esta disciplina nos permite “abrir” hacia el pasado una ventana de observación de la actividad sísmica de una falla en particular, así como determinar la capacidad generadora de terremotos de la misma, en términos de la magnitud del evento y la posible interpretación de su

tiempo de retorno. Esta ventana al pasado se abre a partir de la excavación de trincheras (hasta la fecha se han realizado más de 35 trincheras a nivel nacional, con paredes de dimensión variable en cuanto a su longitud, ancho y profundidad), en las cuales se observan las deformaciones producidas por el movimiento de las fallas en formaciones geológicas recientes, lo que nos da, basándonos en dataciones radiocarbónicas ( $C^{14}$ ) su historia sísmica y nos lleva a conocer su capacidad de generar un sismo de magnitud determinada, logrando, algunas veces, deducir un posible período de retorno si las condiciones geológicas del entorno están dadas.

La paleosismología aporta, además, información referente a: tiempo transcurrido entre eventos, tiempo transcurrido desde el último evento y probabilidad de ocurrencia del próximo. Este conjunto de datos geológicos es útil para el desarrollo de modelos de segmentación de falla y de recurrencia sísmica que constituyen los fundamentos modernos de análisis probabilístico de la amenaza sísmica. Esta disciplina, que contribuye a una mejor comprensión de los sismos -tanto instrumentales como históricos-, ayuda a complementar estudios incompletos que se sustentan en documentos históricos y cuya ventana de tiempo va mucho más allá del período histórico-sísmico nacional que se inicia en 1530 en el oriente del país.

En referencia a la sismología histórica, de ella se puede decir que, a partir del análisis crítico de documentos históricos, se elaboran mapas de isosistas que permiten establecer la intensidad de los daños ocasionados por un terremoto y las expresiones en superficie del mismo.

La aplicación de los fundamentos de la geología sísmica, al igual que los conocimientos generados por las otras disciplinas asociadas al estudio de los sismos contribuye a que, a nivel nacional, las autoridades puedan tomar decisiones que incidan positivamente en el desarrollo económico de país y en la calidad de vida del venezolano.

### **Cartografiando fallas activas**

En síntesis, apoyándose en las disciplinas mencionadas, Funvisis adelanta programas de investigación que abarcan la extensión de los diversos sistemas de fallas sismogénicas que integran el límite sur de la placa del Caribe.

Dichas investigaciones contemplan la cartografía detallada de las trazas superficiales de las principales fallas activas del país (Figs. 15, 16 y 17), la excavación de trincheras de exploración paleosísmica sobre las trazas -donde se analizan todas las variables geológicas presentes en dicho segmento de falla-, y se hacen dataciones radimétricas de sedimentos recientes deformados por la actividad sísmica. Se cuantifica, además, el potencial sismogénico y el nivel de amenaza que caracteriza a los diversos sistemas de fallas cartografiados y se evalúan los efectos geológicos inducidos por la actividad sísmica en la estabilidad de los terrenos, como resultado de fenómenos de licuación de suelos, aludes y deslizamientos de tierra, etcétera. Asimismo,



**Fig. 15.** Detalle de la traza de la falla de Boconó, a la altura de Mucubají, Edo. Mérida. Foto: Frank Audemard.



**Fig. 16.** Detalle de un afloramiento en el Flanco Surandino, Puente Páez.  
Foto: Frank Audemard.



**Fig. 17.** Detalle de la traza de la falla de El Pilar, Edo. Sucre.  
Foto: Frank Audemard.

valiéndose de la sismología histórica, la Fundación hace un monitoreo constante de las zonas de comprobada actividad sísmica y que son objeto de estudio a nivel regional (Figs. 18, 19, 20 y 21).

Adicionalmente, el Departamento de Ciencias de la Tierra desarrolla varias líneas de investigación que se complementan unas a otras, entre las cuales tenemos: relaciones

empíricas de los efectos de un sismo (licuación de suelos, volcanes de arena) con el objeto de establecer las magnitudes máximas de los sismos que se han registrado en el país, tanto actuales como históricos, se avanza con los estudios de neotectónica y paleosismología sobre la falla de Boconó y en el establecimiento de magnitudes para sismos históricos, basado en estimaciones o relaciones matemáticas, y se trabaja en la actualización y modernización del inventario nacional de riesgos geológicos, en función de disponer de un mayor espectro de fenómenos de esta naturaleza vinculados a la sismicidad.

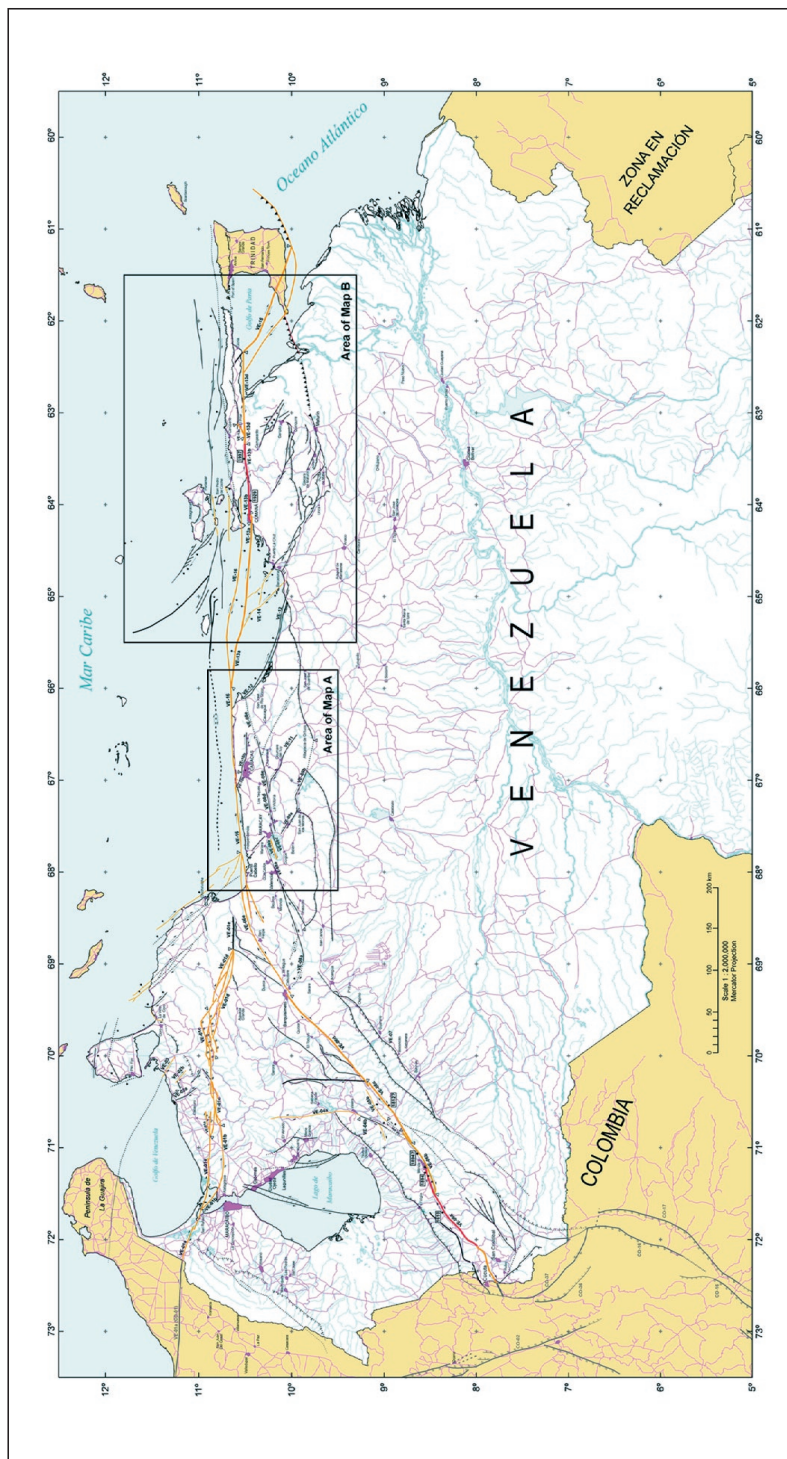


Fig. 18. Mapa de fallas cuaternarias de Venezuela.

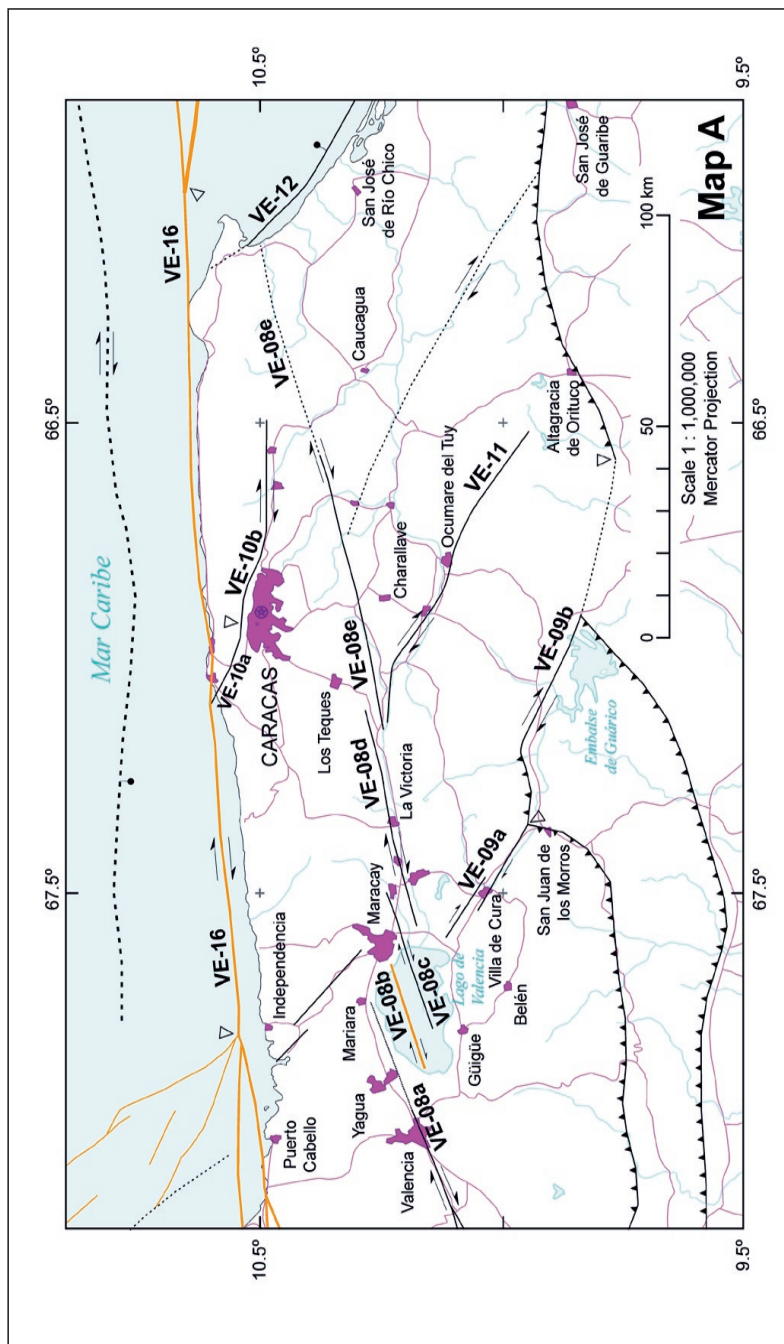


Fig. 19. Mapa de fallas cuaternarias de la zona nor-central de Venezuela.

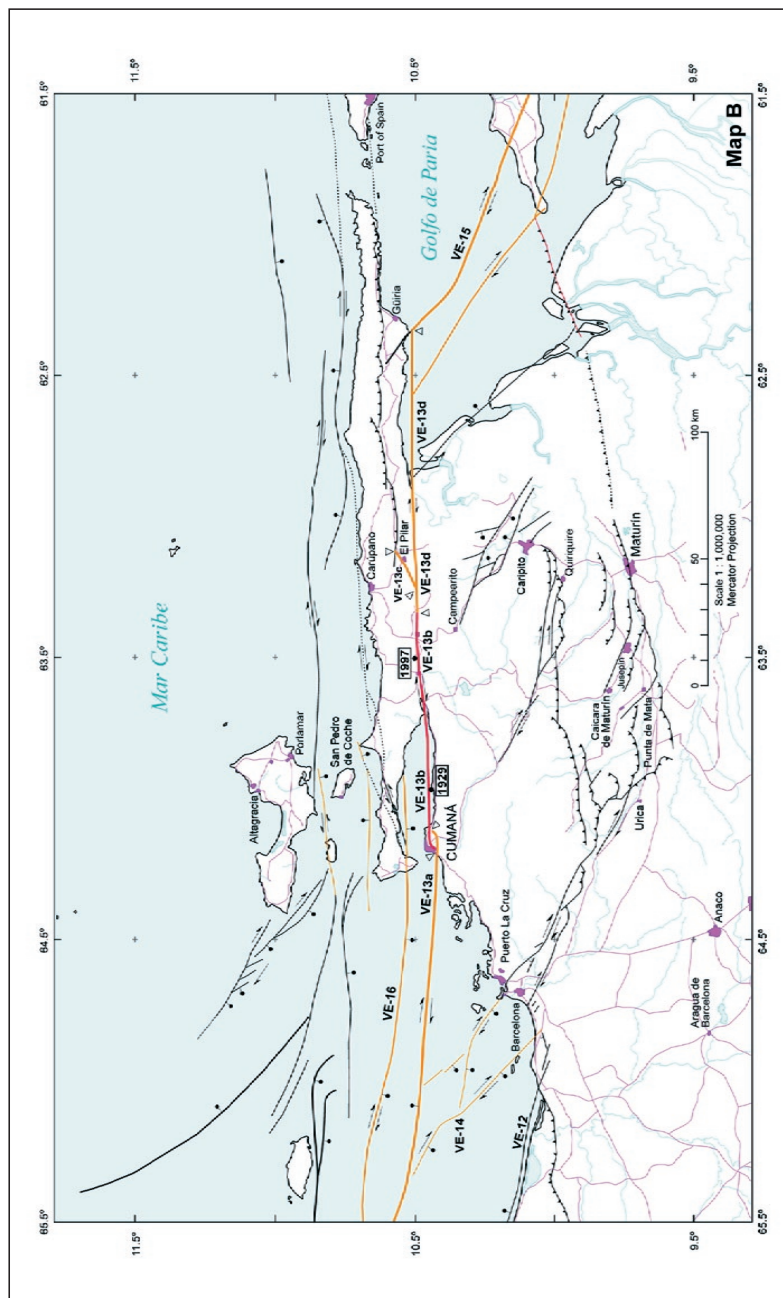
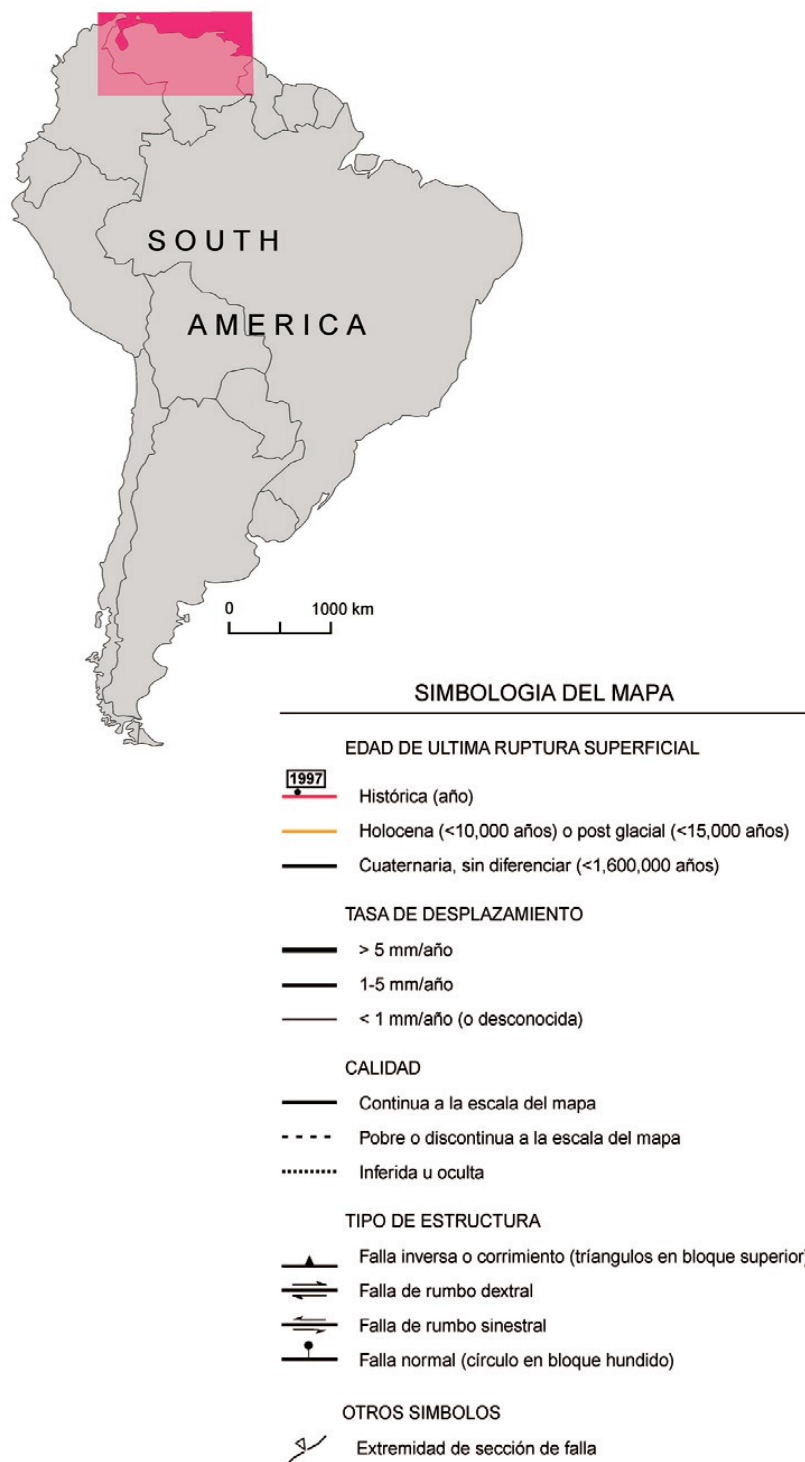
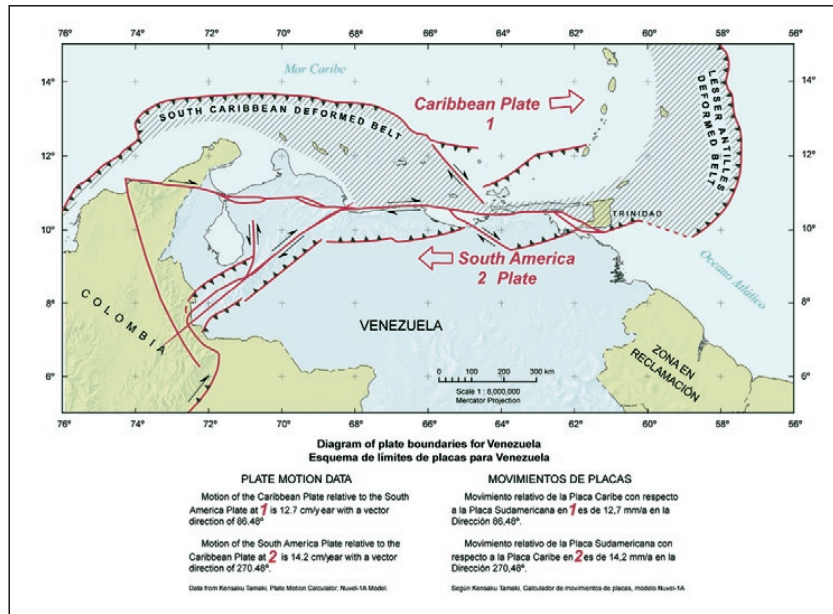


Fig. 20. Mapa de fallas cuaternarias del nor-orient de Venezuela.



## LA INVESTIGACIÓN SISMOLÓGICA EN VENEZUELA



### QUATERNARY FAULTS OF VENEZUELA LAS FALLAS CUATERNARIAS DE VENEZUELA

| Number | Name of structure                         | Sense of movement (major/minor)     | Time of most recent movement     | Slip rate (mm/yr)           |
|--------|-------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Número | Nombre de estructura                      | Sentido de movimiento (mayor/menor) | Edad del último movimiento       | Tasa de movimiento (mm/año) |
| VE-01  | <b>Oca-Ancón fault system</b>             |                                     |                                  |                             |
| VE-01a | Oca fault                                 | Right-lateral                       | <15 ka                           | 0.45-2.0                    |
| VE-01b | Ancón fault                               | Right-lateral                       | <15 ka                           | 1.6                         |
| VE-01c | Camare-Paraiso fault                      | Right-lateral/reverse               | Probably <15 ka                  | About 2                     |
| VE-01d | Unnamed section                           | Right-lateral/normal                | Probably <15 ka                  | About 2                     |
| VE-01e | Socorro fault                             | Reverse/right-lateral               | <1.6 Ma                          | <2                          |
| VE-02  | <b>Urumaco fault</b>                      |                                     |                                  |                             |
| VE-02a | West section (strand)                     | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | 0.05                        |
| VE-02b | East section (strand)                     | Right-lateral                       | <15 ka                           | 0.05                        |
| VE-03  | <b>Rio Seco fault</b>                     | Right-lateral                       | <15 ka                           | 0.35                        |
| VE-04  | <b>Valera fault system</b>                |                                     |                                  |                             |
| VE-04a | Valera fault                              | Left-lateral                        | <15 ka                           | * 1.0                       |
| VE-04b | Rio Mombay fault                          | Left-lateral/normal                 | <1.6 Ma                          | 0.7                         |
| VE-05  | <b>Tuñame fault</b>                       |                                     |                                  |                             |
| VE-05a | South section                             | Normal/dextral(?)                   | <1.6 Ma                          | <0.5                        |
| VE-05b | North section                             | Normal                              | <15 ka                           | 0.5                         |
| VE-06  | <b>Boconó fault system</b>                |                                     |                                  |                             |
| VE-06a | Section south of Mérida                   | Right-lateral                       | Historic (1610 A.D., 1894 A.D)   | 5.2±0.9                     |
| VE-06b | Santa Cruz de Mora to Los Frailes section | Right-lateral                       | <15 ka (possibly historic, 1894) | 6-9                         |
| VE-06c | Mucuchies to Anzoátegui section           | Right-lateral                       | <15 ka (possibly historic, 1812) | 9                           |
| VE-06d | Anzoátegui to Barquisimeto section        | Right-lateral                       | <15 ka                           | 5                           |
| VE-06e | Cabudare to Morón section                 | Right-lateral/reverse               | <15 ka                           | 1-3                         |
| VE-07  | <b>Andes Southern foothills flexure</b>   | Reverse                             | <1.6 Ma                          | 0.5                         |
| VE-08  | <b>La Victoria fault system</b>           |                                     |                                  |                             |
| VE-08a | Guacamaya fault                           | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | 0.6                         |
| VE-08b | La Cabrera fault                          | Right-lateral                       | <15 ka                           | 1.1                         |
| VE-08c | El Horno fault                            | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | 0.5                         |
| VE-08d | La Victoria fault                         | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | 0.55                        |
| VE-08e | Pichao fault                              | Right-lateral/normal                | <1.6 Ma                          | 0.4                         |
| VE-09  | <b>Rio Guarico fault</b>                  |                                     |                                  |                             |
| VE-09a | North section                             | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | * 0.3                       |
| VE-09b | South section                             | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | * 0.3                       |
| VE-10  | <b>Tacagua-El Avila fault system</b>      |                                     |                                  |                             |
| VE-10a | Tacagua fault                             | Right-lateral/normal                | <1.6 Ma                          | 0.17                        |
| VE-10b | El Avila fault                            | Right-lateral/normal                | <1.6 Ma                          | * 0.4                       |
| VE-11  | <b>Tacata fault</b>                       | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | * 0.4                       |
| VE-12  | <b>Pirutu fault</b>                       | Right-lateral                       | <1.6 Ma                          | 0.3-0.4                     |
| VE-13  | <b>El Pilar fault</b>                     |                                     |                                  |                             |
| VE-13a | Offshore section                          | Right-lateral                       | <15 ka                           | 5 (average)                 |
| VE-13b | Cumaná to Casanay section                 | Right-lateral                       | Historic (1029 A.D., 1997 A.D)   | 9                           |
| VE-13c | Casanay to El Pilar section               | Right-lateral                       | <15 ka                           | 9                           |
| VE-13d | Guaráunos section                         | Right-lateral                       | <15 ka                           | 9                           |
| VE-14  | <b>San Mateo fault</b>                    | Right-lateral/normal                | <15 ka                           | 0.8                         |
| VE-15  | <b>Los Bajos fault</b>                    | Right-lateral                       | <15 ka                           | 5-7                         |
| VE-16  | <b>San Sebastián fault</b>                | Right-lateral                       | <15 ka                           | 3-5(?)                      |

Fig.21. Leyenda de las figuras 18,19 y 20.

### **Sismicidad histórica**

La sismicidad histórica es una rama de la Sismología cuyos inicios en Venezuela se remontan al año de 1940, cuando Melchor Centeno Graü, arquitecto, ingeniero y doctor en ciencias Físicas y Matemáticas, egresado de la UCV, hizo uno de los primeros catálogos sobre los sismos que habían asolado al país hasta ese momento.

En el trabajo “Estudios Sismológicos”, Centeno Graü publica un “catálogo general de sismos débiles, fuertes, ruinosos y desastrosos habidos en Venezuela en 409 años desde 1530 hasta 1939”, producto de un largo y arduo trabajo tras la búsqueda de datos en libros, folletos, periódicos, en relaciones escritas halladas en los archivos de particulares y el testimonio oral, transmitido de generación en generación, lo que permitió caracterizar lo que había sido la sismicidad en Venezuela y asentar las bases de lo que sería su proyección futura.

Con este preámbulo, recorramos los testimonios sobre los terremotos más desastrosos que han ocurrido en el país.

#### **1ero. de septiembre de 1530**

10:00 (HLV)

En la naciente población de Nueva Toledo (Cumaná), al oriente de la costa venezolana, un movimiento sísmico destruyó buena parte de la fortaleza allí construida y viviendas de los habitantes del área “que son de paja y madera”. Súbitamente el mar se alzó y sobrepujo los límites ordinarios “en altura de cuatro estados” (aproximadamente 15 a 20 toesas), llegando a las serranías cercanas a una media legua de distancia (Castellanos, 1589; Herrera, 1601). Murió mucha gente ahogada. La tierra se abrió por diversas partes “e hiciéronse muchos pozos”. La montaña al lado del golfo de Cariaco quedó abierta (Humboldt, 1842).

#### **3 de febrero de 1610**

15:00 (HLV)

Según Fray Pedro Simón (1626), La Grita, en el esta-

do Táchira, y el valle de Bailadores, en el estado Mérida, fueron afectados por un fuerte terremoto el cual se sintió en muchas leguas a la redonda. No sólo derribó casas y conventos, causando unas 60 víctimas, que fueron muchas para “las pocas (personas) que tiene aquella tierra”, sino que los ríos y quebradas se secaron temporalmente, desapareciendo el agua en las aberturas de la tierra que se formaron en un lecho, al día siguiente crecieron, con aguas turbias. Hubo deslizamientos importantes que, seguramente, explican el fenómeno antes constatado.

### **11 de junio de 1641**

08:15 (HLV)

Este terremoto arruinó la primera ciudad de Cúa, afectó Caracas donde cayeron iglesias y otros edificios construidos para ese entonces; se sintió fuerte en Cumaná. En 1690 fundaron la nueva ciudad de Cúa, con el nombre de El Rosario de Cúa, un kilómetro más al norte que la anterior, ubicada en la hacienda Marín.

### **16 de enero de 1644**

05:30 (HLV)

Sismo ruinoso que causó estragos en diversas localidades de la cordillera andina. De acuerdo a Ramírez (1975), Pamplona quedó arruinada; hubo allí muchos muertos y heridos. Según Centeno (1940) el mismo causó estragos en Táriba, San Cristóbal, Mérida y hasta Trujillo. En San Antonio de Mucunó, en el Valle de las Acequias, se informó que todo quedó hundido y con grietas profundas, una de las cuales atravesó la iglesia.

### **21 de octubre de 1766**

04:30 (HLV)

Por la extensión de su área sentida y la duración de las réplicas éste es, probablemente, el terremoto de mayor magnitud que haya afectado el nororiente de Venezuela. Ocasiónó daños en diversas localidades del oriente del país,

en los Castillos de Guayana, en Guarenas y Caracas, en la Isla de Margarita y en Trinidad. Fue sentido en Maracaibo, al occidente del país, hasta la isla de Martinica al norte del Mar Caribe. En el río Orinoco desaparecieron islas.

### **26 de marzo de 1812**

04:02 (HLV)

Afectó severamente localidades muy distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas, con un número elevado de víctimas ya que sucedió un Jueves Santo, minutos después del inicio de la misa. En base a la distribución de daños, se ha postulado que pueden haber sido 3 focos diferentes, distanciados unos de otros. En el área de Mérida se dieron cifras del orden de 5 mil víctimas. En el área de Barquisimeto y San Felipe, ambas localidades severamente afectadas, el número de víctimas sería de 3.000 en San Felipe y de 4.000 a 5.000 muertos en Barquisimeto. En Caracas el número de víctimas se estimó en 10.000. Los barrios situados al norte de la ciudad fueron destruidos casi por completo; al sur y al oeste los daños fueron menores. Las fuentes de agua se secaron y las tuberías de los aljibes se dañaron. En las vegas del Guaire se constataron borbotones de agua que manaron por varios días. En el Avila hubo grandes derrumbes y se formaron grietas de grandes dimensiones. Asimismo, se sintió en otras localidades del país.

### **15 de julio de 1853**

14:15 (HLV)

Sismo destructor en Cumaná. El número de víctimas pudo llegar a 4.000, hubo un maremoto de 5 a 6 m, que inundó una extensión de 200 m por las sabanas del Salado y Caigüire y se abrieron grietas en el suelo, algunas paralelas al río Manzanares; igualmente, se constataron hundimientos en los arenales de Caigüire y Sabana del Peñón.

Cayeron templos, la casa de gobierno, la Aduana, el cuartel de infantería, el colegio, el puente que se hallaba construido “sobre estacadas”.

### **12 de abril de 1878**

20:40 (HLV)

Sismo destructor al sur de Caracas que arruinó la localidad de Cúa, de unos 3.000 habitantes en ese momento, de los cuales entre 300 y 400 perecieron bajo los escombros. Según Ernst (1878) las casas en la parte baja, llanos aluvionales (Limón, Cruz Verde, salida para San Casimiro y Chupulún), sufrieron relativamente poco a diferencia de la parte alta de la ciudad, calina rocosa, que fue devastada. La tierra se abrió en diferentes lugares aún cuando Ernst estima que pudiera ser consecuencia de la sequía. Guardia (1878), testigo presencial, describe grietas cercanas al río en dirección este-oeste y promontorios de arena. El foco fue estimado como superficial por Ernst “ya que la destrucción estuvo limitada a una milla cuadrada”, aún cuando el sismo se sintió a cien millas de distancia. En Caracas se agrietaron edificios. Se sintió en La Guaira, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, La Victoria. En Charallave ocasionó daños y también en San Diego, Yare, Santa Lucía y Santa Teresa del Tuy. “The Times” de Londres dio la cifra de 600 muertos. Hubo incendios producidos por el petróleo de las lámparas y por el aguardiente de los establecimientos.

### **28 de abril de 1894**

22:15 (HLV)

Gran terremoto de los Andes venezolanos, arruinó a Mérida (4 muertos), Santa Cruz (115 muertos), Zea (69), Tovar (50), Mesa Bolívar (51), Lagunillas (21), Chiguará (9) y otros pueblos. El total de víctimas fue de 319 y numerosos heridos. Según Tulio Febres Cordero, aparte de todas las poblaciones de los andes venezolanos la onda sísmica abarcó Coro, La Vela, Acarigua, Tinaco, Tinaquillo, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, Villa de Cura, San Juan, Ortíz,

Cúa, Charallave, Santa Lucía, San Casimiro, Ocumare del Tuy, Altagracia, Valle de la Pascua, Tucupido y Zaraza. Según Rudolf (1895), en Maracaibo se sintió fuerte en un barco anclado allí.

Meses después del sismo, en las selvas de Onia, entre los ríos Chama y Escalante, los observadores encontraron que la selva virgen aparecía seca o muerta, y árboles seculares arrancados de cuajo; las poblaciones cercanas a este lugar fueron las destruidas con mayor violencia. Algunos observadores indicaron que el área más afectada era cercana a la del terremoto de febrero de 1610. Hubo grandes deslizamientos y las aguas de ríos y torrentes corrieron por más de un mes revueltas con barro y vegetales. Las pérdidas fueron inmensas.

### **29 de octubre de 1900**

04:42 (HLV)

Este sismo afectó a Macuto, Naiguatá, Guatire, Guarenas, Higuerote, Carenero y otros pueblos de Barlovento donde hubo grandes daños y víctimas. Muchos edificios en Caracas se agrietaron y algunos se derrumbaron. De acuerdo al periódico “The Times” de Londres (octubre 30 a noviembre 2, 1900), el segundo piso de la legación británica desapareció. Guarenas fue destruida, con un saldo de 25 muertos; San Casimiro, Cúa y Charallave quedaron en ruinas y la línea férrea que une Carenero con Río Chico sufrió daños considerables; en la Guaira y Maiquetía hubo muchas casas deterioradas; Macuto, siete muertos, 30 heridos y grietas en el terreno; La Vega y El Valle, casas dañadas, un muerto; Baruta, 4 heridos; Antímano y Los Teques, varias casas caídas y otras deterioradas; Petare y Los Mariches, heridos y una víctima; Higuerote, varios muertos y heridos; en San José de Río Chico el río se salió de cauce y se desbordó hacia Río Chico; en Puerto Tuy, las olas del mar se elevaron varios metros; Paparo, daños severos; Carenero, 3 muertos; Tacarigua, Curiepe, Capaya, Caruao y Río Grande, muy afectados; Carayaca, heridos;

Naiguatá, Los Caracas y Camurí Grande, grietas en el suelo, derrumbes y muertos; Chuspa, La Sabana, Quebrada Seca, daños generalizados; Barcelona, grietas en el terreno; Clarines, daños.

### **17 de enero de 1929**

07:32 (HLV)

Terremoto destructor en Cumaná que dejó la ciudad llena de escombros (ver detalle de la Fig. 22). El mar se retiró como 200 m en el área de Puerto Sucre y vino después una ola como de 6 m de altura que barrió parte de las casas de la playa. Hubo 40 muertos. El movimiento se sintió fuerte en Barcelona, Margarita, Güiría, Carúpano, Río Caribe, Irapa, Yaguaraparo, Maturín, San Francisco y otros pueblos. En Cariaco, Cumanacoa, San Fernando, Arenas, Golfo de Paria y Santa Fe, hizo estragos de consideración (Centeno, 1940).

En Higuerote y Río Chico se sintió el temblor así como en Caracas. Se abrieron grietas a orillas del río Manzanares y en las sabanas de El Salado y Caigüire, que están al oeste y norte de la ciudad.

Desde El Peñón, al noreste de Cumaná, hasta la colina donde está el Castillo de San Antonio se abrió una grieta que partió los muros de la construcción; esa grieta tenía como 4 km de longitud. Apparently, dicha grieta también fue visible en el sismo del 15/7/1853. Centeno (1940) también describe otras grietas y zanjones asociados a fallas geológicas.



**Fig. 22.** Catedral de Cumaná, antes y después del terremoto de 1929.

En las “Seismological Notes” (1ero. de junio 1929) se mencionan los daños en el vapor “Commewijne” como consecuencia del maremoto, muchos botes pequeños fueron hundidos.

### **14 de marzo de 1932**

18:42 (HLV)

Ruinoso temblor en La Grita, Tovar, El Cobre, Seboruco, Pregonero, Rubio, San Pedro del Río, Queniquea, río Bobo; destruyó casas y hubo pocas víctimas. Otros pueblos de la cordillera andina sufrieron daños como Zea, Bailadores, Guaraque, Mesa Bolívar, Mesa de la Grita, Ureña, El Peñón, Independencia. En Santa Ana, Trujillo, hubo muchas viviendas averiadas. Se sintió fuerte en varios pueblos de Colombia y se sintió en Maracay, la Victoria, en varios lugares del estado Carabobo, en Calabozo y otros pueblos del llano (Centeno, 1940). En la carretera trasandina hubo derrumbes.

### **3 de agosto de 1950**

18:18 (HLV)

Terremoto de El Tocuyo (varios muertos y 70 heridos) que afectó numerosas localidades del estado Lara. Probablemente asociado a la falla de Boconó. Este sismo ocasionó daños en El Tocuyo, 250 casas destruidas y 700 dañadas, Guarico, Anzoátegui (muy dañado), Humocaro Alto, Guaitó, Chabasquén, daños en Barquisimeto, Guanare, Carora, Biscucuy, Carache. En el pueblo de Guaitó, donde hubo un muerto y 17 heridos, apareció una fisura por donde brotó agua hirviendo y sulfurosa de la tierra. Se sintió en Cabimas, Maracaibo (algún daño), Coro, San Fernando de Apure y La Victoria. Hubo deslizamientos en el valle del río Tocuyo y varias vías de comunicación quedaron tapiadas por deslizamientos de tierra.

**29 de julio de 1967**

19:59 (HLV)

Denominado terremoto cuatricentenario de Caracas, este evento ocasionó daños importantes en Caraballeda, Caracas y el litoral central y fue sentido en la región norte central del país. Destacan efectos locales al sur del Lago de Valencia (Güigüe), algunos deslizamientos en la Cordillera de la Costa. Rial (1977) concluyó que se trató de un sismo múltiple, a lo largo de una falla de rumbo NW – SE: 3 eventos, posiblemente pertenecientes al sistema de fallas de Tacagua.

Según el “Seismological Notes” (junio 1968), el número de víctimas fue de 240, hubo 1.536 heridos y las pérdidas fueron de 50 millones de dólares. Según datos proporcionados por instituciones del país hubo 274 muertos, 2.000 heridos y las pérdidas alcanzaron los 100 millones de dólares.

Las consecuencias de este sismo han sido trascendentes en la ingeniería estructural venezolana. La ruina total de 4 edificios con 10-12 niveles, construidos entre 1962-1966, la ruina parcial de otros edificios de altura semejante (algunos de los cuales fueron demolidos), el colapso de algunas edificaciones de menor altura en el área de Caraballeda (Figs. 23 y 24) y los efectos locales del terreno en el valle



**Fig. 23.** Casa afectada por el fenómeno de licuación. Caraballeda, Litoral Central, año 1967.



**Fig. 24.** La Mansión Charaima. Caraballeda 1967. La estructura fue inicialmente concebida para seis (6) pisos y le fueron construidos cuatro (4) más, los cuales se vinieron abajo a causa del terremoto.

de Caracas e inmediaciones, constituyeron evidencias y experiencias novísimas en la ingeniería sismorresistente, las cuales se han ido incorporando en las normativas de diseño antisísmico de todo el mundo.

No hubo interrupción de los servicios básicos, salvo los telegráficos y telefónicos.

### **18 de octubre de 1981**

00:31 (HLV)

Sismo en la zona fronteriza Colombo-Venezolana que ocasionó daños en San Antonio del Táchira, Ureña, Cúcuta y otros poblados. En San Cristóbal el centro clínico, de reciente construcción, presentó agrietamientos en las losas de cerámica y algunas fisuras en vigas. En el Hospital Central y otros edificios de la ciudad los daños fueron menores. Los daños en San Antonio del Táchira fueron más importantes, tanto en viviendas como en edificaciones escolares. En el hospital los daños se limitaron al agrietamiento de los frisos.

En adición a las caídas de rocas constatadas en carreteras del área y derrumbes aislados, algunos de los cuales

interrumpieron el tránsito por carretera, destaca en este sismo el deslizamiento del terraplén de San Josesito, en la vía del llano, que prácticamente tapió el denominado barrio Escondido, un área ya afectada en el año 1978 por un deslizamiento procedente de las laderas inmediatas; la intensa pluviosidad anterior al sismo dio lugar a un deslizamiento violento con pérdidas de vida que con seguridad excedieron a los 15 cadáveres rescatados. Otros deslizamientos similares sucedieron en Vega de Aza, Guaimarala y en El Pueblito. De este movimiento sísmico se obtuvieron registros acelerográficos a una distancia de unos 100 km del epicentro.

### **9 de julio de 1997**

15:24 (HLV)

Los estados más afectados en Venezuela fueron Sucre, Anzoátegui y Monagas, siendo también sentido en las islas de Trinidad y Tobago. Los daños mayores se concentraron en la población de Cariaco y en Cumaná, capital del estado Sucre. Sobrevolada la zona se pudo reconocer la existencia de deformación superficial directamente producida por la falla de El Pilar, entre Cariaco y Casanay. El resto de la ruptura superficial entre Cariaco y Muelle de Cariaco, totalizó una longitud mínima de ruptura cosísmica de unos 30 km entre Muelle de Cariaco al oeste y el caserío Las Varas al suroeste de Casanay. Los investigadores consideraron que la longitud total de la ruptura fue superior a los 30 km evaluados y más bien cercana a los 50 km de longitud, tal y como lo evidenció el estudio sismológico realizado. El desplazamiento cosísmico manifiesto en calles, brocales, aceras, paredes de casas, tuberías afectadas, canales de riesgo, entre otros, se constató en el Muelle de Cariaco, Terranova, canal de riego de Cariaco, en Las Manoas, Carrizal de la Cruz, balneario La Piragua, al noroeste de Pantoño, carretera Cariaco-Aguas Calientes-Casanay-Carúpano, carretera asfaltada Casanay-Las Varas.

Cabe señalar que, según los investigadores, parte de

la ruptura, al oeste, estaba en la plataforma del Golfo de Cariaco, unos 15 km, lo que explicaría los daños considerables presentes tanto en Chiguana como en San Antonio del Golfo, ubicado a unos 15 km al oeste del Muelle de Cariaco. En el este, la ruptura, por las características del terreno, no pudo ser seguida, sin embargo, se piensa que “transcurrió” por unos 5 km más, visto que decreció abruptamente.

Este sismo arrojó los siguientes resultados: Cumaná, afectados varios edificios en construcción; Cariaco, gran cantidad de viviendas colapsadas (Fig. 25), un porcentaje importante presentó daños severos, incapaces de resistir un movimiento de baja o mediana intensidad; Muelle de Cariaco, daños graves en viviendas, recomendándose la demolición de algunas de ellas; San Antonio del Golfo, daños considerables en viviendas, fue afectada la vialidad por separación de brocales y bloques prefabricados de concreto, hubo deformaciones y rupturas parciales de los elementos mismos de la vialidad; Nueva Colombia, colapso de viviendas de bahareque; Chiguana, Río Casanay, Casanay, Yaguaraparo, el Pilar, daños estructurales,

generalmente localizados en viviendas informales, en su mayoría de bahareque. Otros efectos: licuación de suelos, deslizamientos y derrumbes.



Fig. 25. Liceo Raimundo Centeno ubicado en Cariaco. Nótese el detalle de las columnas.

## Precursores de la investigación sismológica en Venezuela

Las personas que se citan a continuación dejaron su huella en los estudios relacionados con la sismología en Venezuela, ellos son considerados pioneros en el desarrollo de esta actividad y por eso tienen un muy merecido espacio en esta publicación:

### **Arístides Rojas**

Caracas, 5.11.1826 – Caracas, 4.3.1894.

Naturalista, médico, historiador y periodista. Hijo de José María Rojas Ramos y de Dolores Espaillat, dominicanos que, en 1822, habían llegado a Venezuela huyendo de las conmociones que agitaban a su isla nativa. A los 18 años de edad, comienza sus estudios de Filosofía en la Universidad Central de Venezuela. En 1846, entra a estudiar Medicina. Se gradúa en 1852, a los 26 años de edad y comienza a ejercer como médico rural en Escúque y Betijoque, (Edo. Trujillo). Luego de la muerte de su padre regresa a Caracas donde se encarga de la editorial “Rojas Hermanos” y, con su hermano Marco Aurelio, publica una serie de *Estudios Científicos* sobre las ciencias de la naturaleza. En 1857, sale de La Guaira hacia Estados Unidos y Francia. En París, perfecciona sus estudios en los campos de las Ciencias Naturales y Médicas. Se interesa profundamente por la obra de Alejandro de Humboldt. En 1864 regresa a Caracas. Bajo la influencia de los escritores franceses, hace

tentativas para asociar la ciencia y la literatura; como exponente de esta concepción publica *El Rayo Azul en la Naturaleza y en la Historia* el cual es editado en 1868. A la aridez de los temas científicos, Rojas proporciona un lenguaje poético donde la imagen juega una función estética y espiritual. Miembro fundador y Vicepresidente de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales presidida por Adolfo Ernst (1867), Rojas presta su colaboración al movimiento científico encabezado por Ernst, difusor de las teorías darwinianas, aunque su propia fe cristiana no le permite compartir las ideas materialistas del sabio alemán. Pero no deja de reconocer la importancia que tiene este nuevo movimiento científico para el país. En colaboración con Manuel Díaz, publica *Apuntes para el Repertorio de Plantas útiles de Venezuela* (1866), orientando el estudio de las Ciencias Naturales hacia las aplicaciones productivas; propugna en esta publicación la creación de herbarios y jardines nacionales. Escribe sobre *Sismología*, describiendo los movimientos de la cordillera central y definiendo sus variaciones en altura, a partir

de las mediciones de Humboldt. Espíritu de curiosidad universal, Arístides Rojas puede ser considerado como uno de los más

destacados divulgadores científicos que ha tenido Venezuela y como el padre de la investigación científica de la historia nacional.

---

**Melchor Centeno Graü**

Cumaná (Edo. Sucre)

1867 –Caracas, 3.10.1949

Ingeniero, político y pionero de la sismología en Venezuela. Hijo de Melchor Centeno González y de Dolores Grau Rodríguez. Hizo sus primeros estudios en su ciudad natal y luego pasó a Caracas; se graduó de Bachiller en Artes y Filosofía en la Universidad Central (1889), donde cursó

la carrera de ingeniería. Es autor de varios estudios sobre temas científicos (el relámpago del Catatumbo, las vigas de concreto armado), entre las cuales se destacan sus *Estudios sismológicos* (1940), uno de los primeros tratados escritos en Venezuela sobre el problema de los terremotos. Miembro fundador de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales en 1933.

---

**Günther Fiedler**

Contratado por el Ministerio de Obras Públicas, hoy Ministerio de Infraestructura, llegó a Venezuela, el 13 de junio de 1955, el geólogo alemán Günther Fiedler, quien venía contratado por el Observatorio Cagigal para apoyar el estudio de los eventos telúricos, en los cuales nuestra formación resultaba insuficiente.

Establecido en el país, Fiedler, oriundo de la lejana población de Troppau, funda y dirige el Instituto Sismológico y de Mareas Terrestres, localizado en los espacios del Observatorio Juan Manuel Cagigal.

Llevado por su interés realiza prácticas científicas con registros sísmicos experimentales en Caracas, Macuto, La Siria – primera

estación telemétrica de Venezuela, instalada en 1974 - Cumaná, Ciudad Bolívar, El Guri, Acarigua, Mérida, Bailadores, San Cristóbal, Isla de Aves, Santo Domingo, Pico Espejo y el Páramo del Aguila, entre otros.

Más adelante se incorporara a misiones de reconocimiento, realizando registros y estudios sismográficos *in situ*. El Salvador (1972), Managua (1976), Guatemala (1979), y en la República Popular China donde asistió en una misión organizada por el Centro Regional de Sismología para Sudamérica. Fiedler, quien adquirió la nacionalidad venezolana a principios de 1967, ha trabajado en más de 80 publicaciones, entre ellas el Boletín Sismológico de

Caracas. Asimismo, fue fundador del Instituto Sismológico de Caracas y de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Jubilado por el Ministerio de la Defensa en 1980, vive en Obergünzburg, Alemania, en compañía de su único hijo.

---

**José Grases Galofré**

Venezolano, Ingeniero civil (opción Estructuras), egresado de la UCV en 1959. Hizo sus estudios de postgrado en Alemania (MPA, Technische Hochschule, München) e Inglaterra (Cement and Concrete Association, Slough) y cursó un doctorado en Ciencias en la Universidad Central de Venezuela, donde se graduó con la tesis "Sismicidad de la Región Centroamericana Asociada a la Cadena Volcánica del Cuaternario". Entre otros, posee los siguientes reconocimientos: Premio Manuel Cipriano Pérez, otorgado por el Colegio de Ingenieros de Venezuela a la mejor tesis de grado (1959), Premio al mejor trabajo de investigación, Facultad de Ingeniería, UCV, 1976, titulado "Hacia un nuevo criterio en la cuantificación de daños en elementos estructurales de concreto armado sometidos a la acción

de fuerzas cortantes alternantes", Premio a la Excelencia Joaquín Porrero, obtenido en "Concreto 93", categoría profesional. Grases, fundador de la maestría en Ingeniería Sismorresistente de la UCV, ha estado estrechamente vinculado a las actividades docentes de la Facultad de Ingeniería de la UCV. Asimismo, se desempeñó como Coordinador de la Comisión ad-hoc para la actualización de la Norma Covenin 1756-82, Edificaciones Sismorresistentes 1756-98 (revisión 2001). Actualmente, es presidente de la Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica y Presidente de la Sociedad Venezolana de Ingeniería Sísmica. Hasta la fecha ha presentado 61 trabajos en Congresos y eventos internacionales, tiene 30 publicaciones, 46 artículos en revistas especializadas y ha dictado innumerables cursos, conferencias y talleres.

---

**Carlos Schubert  
(1938-1994)**

Venezolano, nació en Alemania el 9 de octubre de 1938. Geofísico-geoquímico graduado en la Universidad de Arizona en 1961, con maestría y doctorado en geología en la Universidad de Rice, Estados Unidos. Fue Investigador titular del Instituto Venezolano de

Investigaciones Científica (IVIC), donde ingresó en el año de 1971, y miembro del cuerpo docente del Centro de Ecología de ese instituto. Fue asesor del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela, de la National Science Foundation de Estados Unidos y del Natural Environment Research

ch Council de Gran Bretaña. Fue miembro del Comité Asesor de la Biblioteca “Marcel Roche”, de la Comisión Editora de la revista *Acta Científica Venezolana* y del Comité Editor de la *Revista Quaternary Science Reviews*. Fue miembro activo de diversas instituciones científicas y profesionales en Venezuela, Estados Unidos y Alemania. Publicó más de 145 artículos científicos, en 34 de ellos fue co-autor, y 21 de divulgación sobre diferentes aspectos de la geología del territorio venezolano.

Según señala el investigador Franck A. Audemard, “sus aportes más relevantes se focalizan en dos aspectos diferentes, pero simultáneamente muy ligados: a) las fallas geológicas activas o potencialmente activas más importantes del país, entre las cuales se pueden mencionar las fallas de Boconó, Morón y El Pilar-consideradas por él como rasgos estructurales mayores constituyentes de la

frontera principal entre las placas Sudamericana y Caribe-La Victoria y Charallave- Táchata, entre otras; y b) las cuencas en tracción (“pull-apart basins”) asociadas a estas fallas activas mayores, siendo las principales por él evaluadas las cuencas de La González, Yaracuy, lago de Valencia, Santa Lucía-Ocumare del Tuy y Cariaco. Sus aportes no se detienen ahí puesto que su estudio petrológico-geoquímico de las dependencias federales venezolanas ha sido de gran importancia indirectamente en la comprensión del margen meridional de la placa Caribe. Su versatilidad investigativa está fielmente representada en los diversos enfoques y disciplinas por él utilizados y entre los cuales podemos citar: geología clásica de superficie, geodesia, geomorfología de fallas activas transcurrentes, paleolimnología, geocronología relativa y/o por métodos radiométricos (termoluminiscencia, método C14)”.

### Capítulo III

## ¿Qué es la sismología?

El término sismología proviene de dos palabras griegas *seismos*, agitación o movimiento rápido, y *logos*, ciencia o tratado. El fenómeno de los terremotos se designaba en griego por *o seismos tes ges*, que se tradujo al latín por *terrae motus*, de donde se deriva la palabra española. Sismología significa, por lo tanto, la ciencia de la agitación, sobrentendiéndose de la tierra o ciencia de los terremotos. El término mismo de sismología se empezó a utilizar hacia mediados del siglo XIX y ha pasado a todas las lenguas. Anteriormente, se usaban otras expresiones tales como tratado o estudios de los terremotos.

El gran terremoto de Lisboa del 1 de noviembre de 1755 que causó la destrucción de esta ciudad, produjo un gran maremoto o *tsunami* y fue sentido a grandes distancias, constituye el punto de partida de la sismología moderna. J. Michell, en 1760, es el primero en asociar la agitación de los terremotos con la propagación de ondas elásticas en la tierra. Esta idea fue desarrollada por T. Young en 1807 y J. Milne en 1841. Las descripciones de los daños causados por grandes terremotos y la recopilación de catálogos de terremotos se remontan a la antigüedad. Entre los primeros catálogos de terremotos de todo el mundo están los compuestos por J. Zahn en 1696 y J.J. Moreira de Mendonça en 1758. Los catálogos modernos se inician hacia 1850 con los trabajos de R. Mallet y A. Perrey.

R. Mallet con su estudio del terremoto de Nápoles de 1857 puso las bases de la sismología moderna. Desarrolló la teoría del foco sísmico a partir del cual se propagan las ondas en todas las direcciones y relacionó la ocurrencia de los terremotos con la ruptura del material de la corteza terrestre. Geólogos como C. Lyell y E. Suess relacionaron

los terremotos con las fallas y, a principios de este siglo, F. Montessus de Ballore y A. Siebeerg asignaron la causa de los terremotos a los procesos tectónicos y contribuyeron a muchos aspectos de la sismología. A partir de esta época comienzan los primeros estudios de la propagación de ondas sísmicas en el interior de la tierra, debidos a R. D. Oldham, K. Zöppritz y E. Wiechert y los primeros modelos de su interior, basado en datos sísmicos propuestos por B. Gutenberg, en 1914, H. Jeffreys y K. Bullen, en 1930, y J. Macelwane, en 1939. Los primeros instrumentos de observación de las ondas sísmicas, basados en la oscilación de un péndulo se empiezan a utilizar hacia mediados del siglo XIX y, a finales, los primeros sismógrafos con registro continuo. Entre los primeros nombres asociados al desarrollo de la instrumentación sísmica están J. Milne y F. Omori con el péndulo inclinado, E. Wiechert con el péndulo invertido, B.B. Galitzin con el sismógrafo electromagnético y H. Benioff con el de reluctancia variable.

Desde 1940 hasta nuestros días, la sismología ha experimentado un rápido desarrollo. Este desarrollo se puede dividir en dos grandes apartados, el primero estudia los mecanismos de la generación de los terremotos y el segundo la naturaleza de la propagación de las ondas sísmicas en la tierra. En ambos casos, el desarrollo comprende los aspectos teóricos y de observación. En cuanto al mecanismo de los terremotos, los modelos han evolucionado desde los modelos simples de focos puntuales a los que representan el fenómeno complejo de la fractura del material de la corteza terrestre. En la propagación de ondas sísmicas en la tierra, tanto internas como superficiales, a los modelos sencillos de capas de velocidad constante o con variación de la velocidad con la profundidad, han sucedido los modelos heterogéneos en tres dimensiones con atenuación y anisotropía. Estas consideraciones permiten hoy establecer modelos realistas del interior de la tierra en tres dimensiones, deducidos de las observaciones sísmicas, las cuales han progresado con el desarrollo de la instrumentación que ha pasado de los sis-

mómetros mecánicos con registro analógico, a los de banda ancha con amplificación electrónica y registro digital que permiten con un mismo instrumento registrar un espectro amplio de frecuencias (tomado de Fundamentos de Sismología de Agustín Udías Vallina y Julio Mezcua Rodríguez).

### **El Sismógrafo: sensibilidad y precisión**

Los sismógrafos son instrumentos diseñados para captar y registrar el movimiento producido por un sismo, a objeto de transformarlo en un registro gráfico. Fueron ideados a finales del siglo XIX y con el paso del tiempo se han ido perfeccionando, al punto de contarse hoy en día con equipos altamente sofisticados.

El sismógrafo más viejo del que se tiene conocimiento en Venezuela es el *Sismógrafo Wiecher* (Fig. 26), el cual conjugaba los sistemas de detección y de registro en un mismo bloque. Dicho sismógrafo tenía un péndulo que pesaba 20 toneladas. Con el avance de la tecnología se fueron diseñando equipos más livianos y modernos, que solamente detectaban el sismo dejando el registro del mismo a otro aparato, que amplificaba la señal para poder observarla y analizarla. Fue así como nació el **sismómetro**, el cual, como ya hemos dicho, cumple una única función: la detección. Una ventaja adicional de los nuevos aparatos es que se podían movilizar, lo que era francamente impensable con el tonelaje del Wiechert, además su radio de acción es mayor, pudiendo detectar la microsismicidad y señales de otros eventos que se pudieran dar más allá de nuestra plataforma continental y en los países vecinos.

El pasar de un modelo a otro, aparte de significar un enorme adelanto tecnológico, permitió empezar a manejar el concepto de *estaciones en red*, aspecto importante porque permite una mayor cobertura de la actividad sísmica que se produce en el país.

Luego aparecieron otros sismómetros más modernos como el S-13 y el Ranger (Figs. 27 y 28), así como otros

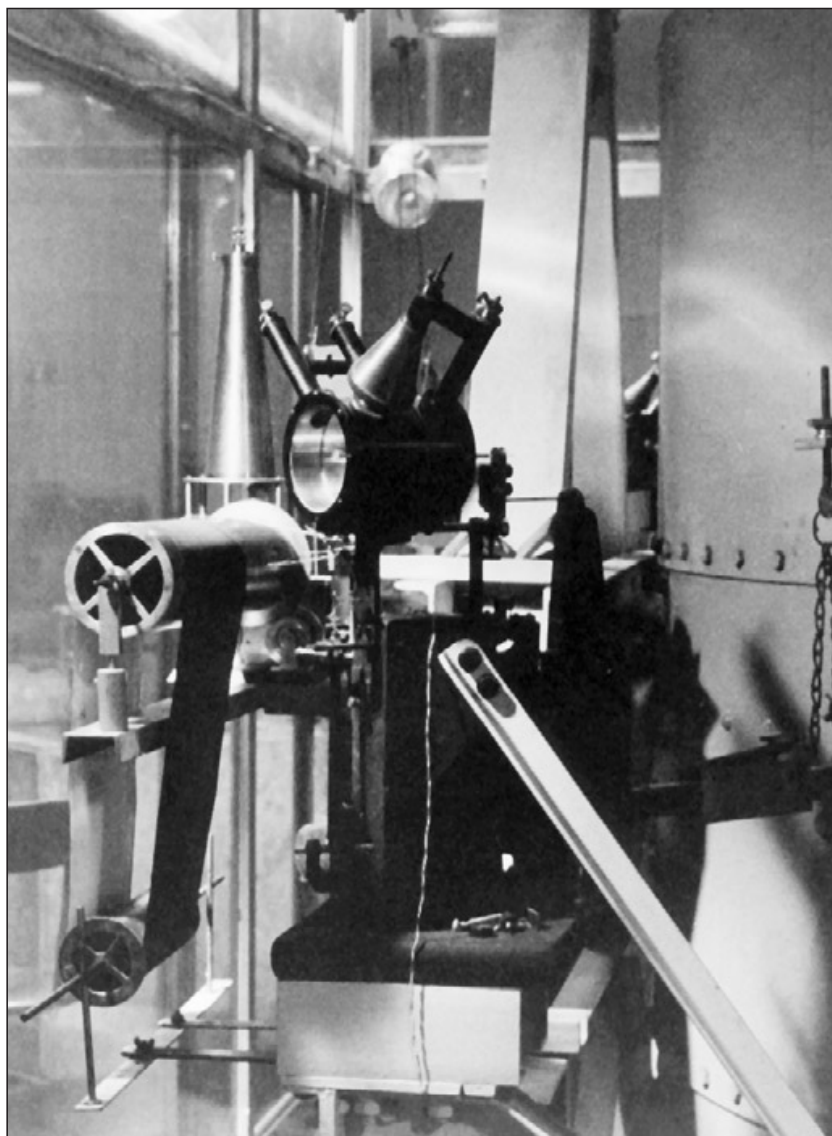


**Fig. 26.** El sismógrafo Wiechert se encuentra actualmente en el Observatorio Cagigal de Caracas, donde se inició el estudio de la actividad sísmica en Venezuela.

modelos, cada uno mejorado en relación al anterior o al de la competencia. Hoy en día, se cuenta con instrumentos de banda ancha (como el CMG-T40), que permiten mejorar la medición sismológica al estar integrados por componentes electrónicos que aseguran la captación del evento en tiempo



**Figs. 27 y 28.** A la izquierda un modelo de sismómetro corto período S-13. A la derecha el sismómetro marca Ranger. Ambos instrumentos son utilizados en la captación de la señal sísmica.



**Fig. 29.** Se observan dos sismómetros de banda ancha, modelo Guralp. El de la derecha se usa en las modernas estaciones satelitales.

real, son portátiles, soportan con mayor adaptabilidad los cambios climáticos y tienen un mayor rango de detección (Fig. 29). Equipos de esta naturaleza son actualmente utilizados en Funvisis, lo que contribuye a respaldar sus labores de investigación.

## ¿Qué es una Red de Estaciones Sismológicas?

Se le llama así al conjunto de estaciones que reportan los datos detectados por los sismómetros a una estación central para su registro y análisis. En función del área de cobertura, las redes sismológicas pueden ser:

**Redes mundiales.** Tienen estaciones ubicadas en casi todos los países del mundo. Este tipo de red tiene la capacidad de localizar sismos en cualquier lugar de la superficie terrestre. Actualmente Estados Unidos, Alemania, Francia, China y Austria poseen redes de cobertura mundial (fig. 30).

**Redes nacionales:** Son estaciones distribuidas en puntos estratégicos de cada país, con el fin de detectar cualquier tipo de actividad sísmica que se produzca.

**Redes locales:** Se instalan con el fin de conocer con gran precisión la ubicación de los sismos locales y las fallas que los originan. Los mapas productos de estas redes sirven para orientar la construcción de obras de infraestructura.



Fig. 30. Red Sismológica Mundial. Laboratorio Sismológico de Albuquerque USGS.

## Red Sismológica de Venezuela

La Red Sismológica de Venezuela está soportada actualmente por dos subredes: la telemétrica y la satelital. Ambas subredes, así como la Red Acelerográfica Nacional, están en proceso de modernización. La Red Sismológica cuenta en los actuales momentos con 26 estaciones satelitales, localizadas en: El Llanito (Caracas), Biringo y Cúpira (Miranda), El Baúl (Cojedes), Carúpano, Güiría y Guanoco (Sucre), Villa del Rosario (Zulia), Las Mercedes del Llano (Guárico), Dabajuro, Jacura y Montecano (Falcón), Quebrada Arriba, Siquisique, Curarigua, Sanarito y Terepaima (Lara), Pariaguán (Anzoátegui), Oritupán (Monagas), Socopó (Barinas), Capacho (Táchira), Caicara (Bolívar), Turiamo (Carabobo), Río Grande (Amazonas), isla La Blanquilla, isla Los Testigos, estando previsto instalar las 9 estaciones restantes en La Orchila, Amazonas, Bolívar, Apure, Mérida, Delta Amacuro y Carabobo (ver Fig. 31).

Aparte de las estaciones satelitales, se tienen 8 estaciones asociadas a la subred Telemétrica, las cuales envían la señal sísmica modulada en VHF a la estación central de El Llanito, donde se obtienen y analizan sus respectivos

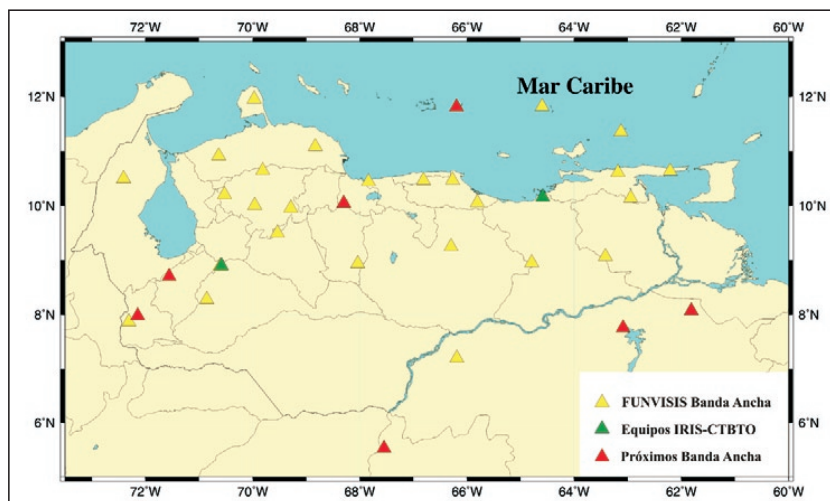


Fig. 31. Mapa de la nueva Red Sismológica Nacional Banda Ancha.

sismogramas (ver Fig. 32 y esquema del proceso de recepción de datos, Fig. 33). Esta red tiene estaciones en: Caracas (Observatorio Cagigal y El Llanito), San Juan de Los Morros (Platillón), Falcón (Morrocoy y Cerro Antonio), Aragua (Las Ollas y Guacamaya) y Cojedes (Cerro El Oso).

Funvisis también cuenta con 3 estaciones que cubren las regiones de Laguneta y El Tocuyo (estado Lara), y Santo Domingo (estado Mérida). En ellas el análisis de los sismogramas se realiza en el sitio. Esta información se envía a la estación central por vía telefónica o fax. Además, en Santo Domingo hay una estación sismológica de banda ancha, asociada a la Red Mundial IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology).

La Resvac, Red de Estaciones Sismológicas de Apertura Continental, como se conoce esta agrupación de estaciones, posee una estación central ubicada en la sede de Funvisis, en El Llanito, donde se concentra la información proveniente de todas las estaciones sismológicas para la determinación de las características del sismo: localización del hipocentro (epicentro y profundidad), magnitud, polaridad (compresión y dilatación) y fases del

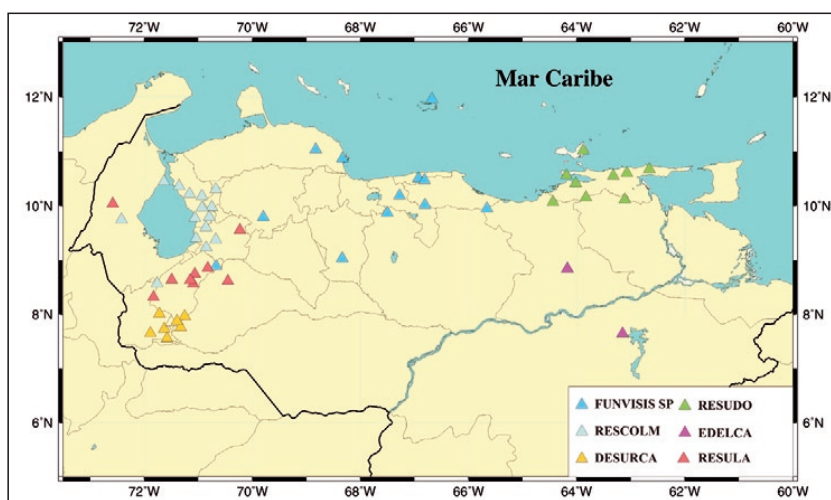


**Fig. 32.** Redes locales Corto Período de Venezuela

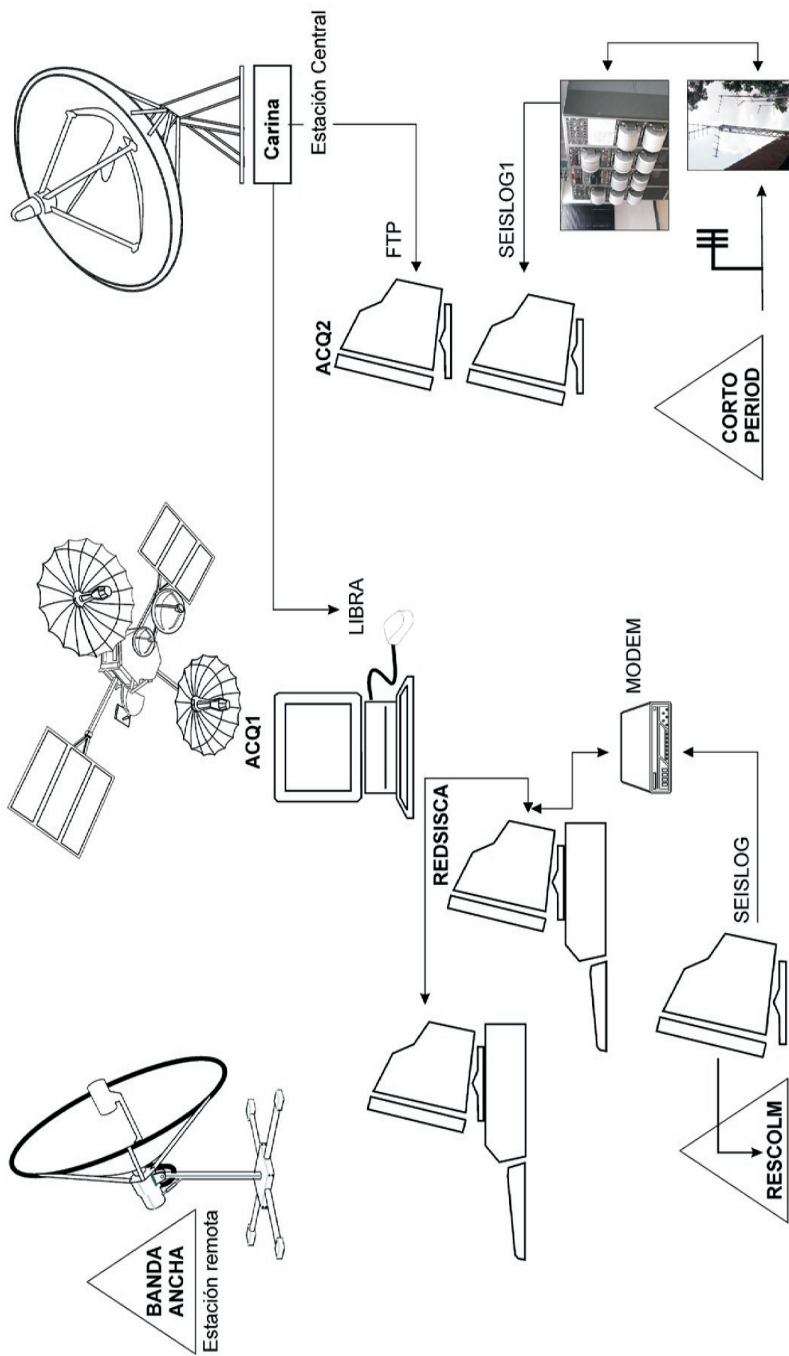


**Fig. 33.** Esquema del proceso para registrar las ondas sísmicas en Funvisis.



**Figs. 34 y 35.** A la izquierda la antena satelital de recepción en la sede central de El Llanito. A la derecha el patio de antenas de transmisión telemétrica de FUNVISIS.

sismo (impulsiva y emergente) (Figs. 34 y 35).

La Red Sismológica de Venezuela tiene otras redes locales asociadas que manejan otras instituciones, tales como: la Universidad de Los Andes, la Universidad de Oriente, Desurca, Edelca y Pdvsa.

### **Red Acelerográfica de Venezuela**

La Red Acelerográfica de Venezuela, REDAC, es la encargada de registrar los movimientos fuertes del terreno, con la intención de estudiar tanto la aceleración con que la actividad sísmica impacta los componentes estructurales de las construcciones como el comportamiento de los perfiles geotécnicos del subsuelo. Los equipos que conforman el Plan de Expansión de la REDAC brindarán la posibilidad de interrogar vía telefónica (modem) a las estaciones sobre su funcionamiento y la información sísmica almacenada, es decir, los equipos funcionarán tal cual lo hace una computadora, lo que evidencia el desarrollo alcanzado en el registro de este tipo de eventos. Cabe señalar, que en la actualidad están funcionando 97 estaciones acelerográficas localizadas alrededor de las grandes fallas: Boconó-San

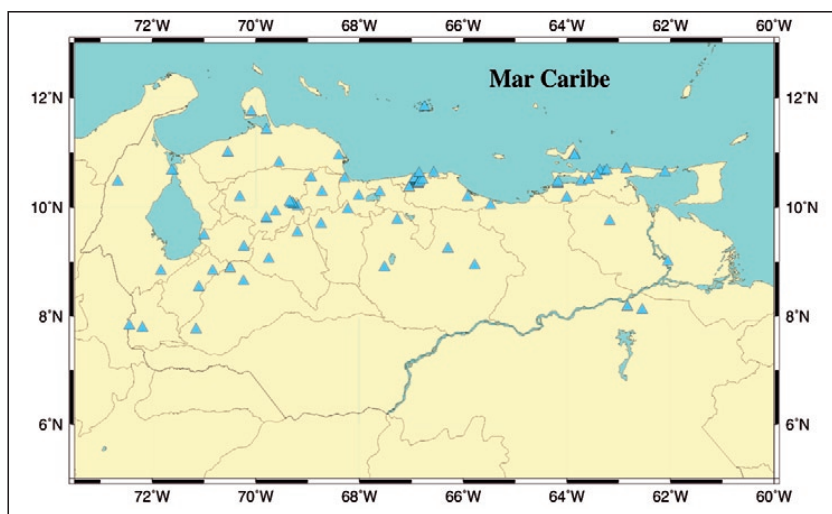


**Fig. 36.** Localización de las estaciones que integran la Red Acelerográfica de Venezuela. Funvisis, Departamento de Sismología.

Sebastián-El Pilar (ver Fig. 36) y que 43 estaciones adicionales se instalarán en otras importantes ciudades del interior, con lo que se alcanzará la meta propuesta: cubrir todo el país desde San Antonio del Táchira hasta Güiría y desde Machiques a Puerto Ordaz. Es importante resaltar que Funvisis tiene interés en instalar este tipo de estaciones en hospitales, escuelas, presas y otras edificaciones de interés comunitario y hacia allí está dirigiendo parte de sus esfuerzos.

Los acelerógrafos están constituidos por tres sensores denominados acelerómetros (dos horizontales y uno vertical), una batería, una unidad de almacenamiento de información, una tarjeta para comunicación vía modem, otra para el sistema de posicionamiento global (GPS), con su correspondiente antena, y un cargador externo.

### **¿Cómo se capta la información sísmica?**

Las estaciones remotas están conectadas a una estación telemétrica central, donde se recoge la información sísmica enviada. Constan, básicamente, de los siguientes

elementos: un sismómetro, un amplificador, un oscilador controlado por voltaje (VCO), un transmisor, una unidad de alimentación (baterías, un cargador, un panel solar, un convertidor de corriente), antenas y cables conectores entre las unidades. La estación telemétrica central está dotada de receptores de VHF, discriminadores, amplificadores-atenuadores, registradores y un reloj.

En la estación remota el sismómetro traduce el movimiento del suelo en variaciones de voltaje, y a través de un oscilador (VCO) transforma los cambios de voltaje en cambios de frecuencia, que son enviados a la estación central por medio de un transmisor.

En la estación central el proceso se revierte. Allí la señal captada por la antena del receptor es convertida en voltaje por los discriminadores, después la señal sísmica es mezclada con la señal del reloj dentro del amplificador-atenuador y pasa al registrador, donde es transformada en movimiento mecánico por una aguja termosensitiva que hace un trazo continuo en el papel de registro, obteniéndose por este proceso el sismograma respectivo.

En la red satelital el procedimiento es como sigue: el sismómetro capta el movimiento del suelo y mediante sus componentes electrónicos lo envía a un digitalizador, el cual codifica las señales en valores binarios y la manda a través de la guía de ondas y la parabólica al satélite, de donde rebota a la antena parabólica central de recepción localizada en Funvisis. En la Fundación esta señal es decodificada y enrutada a la central de adquisición donde se visualiza la información sísmica.



**Fig. 37.** Acelerógrafo usado en la Red Nacional Acelerográfica.



**Fig.38.** Tanquilla de alimentación de una estación remota.



**Fig. 39.** Estación sismológica satelital y Registradores.

mica recibida desde las estaciones en tiempo real. Las Figuras 37, 38 y 39 ilustran parte del proceso.

### **Localización y cuantificación de los sismos**

Localizar un sismo significa saber su ubicación geográfica y la profundidad a la cual se produjo. Los sismos se localizan a partir del tiempo que tardan las ondas en viajar desde el foco o hipocentro hasta el sismógrafo.

El lugar donde se produce un sismo se llama foco, su proyección sobre la superficie terrestre recibe el nombre de epicentro y la distancia entre el epicentro y la estación sismológica es la distancia epicentral.

El sismógrafo amplifica e inscribe los movimientos del suelo en una banda de papel (Fig. 40) o los envía como señal digital a un computador donde se analiza, dando como resultado la localización del sismo, su magnitud y tiempo de origen, entre otros factores.

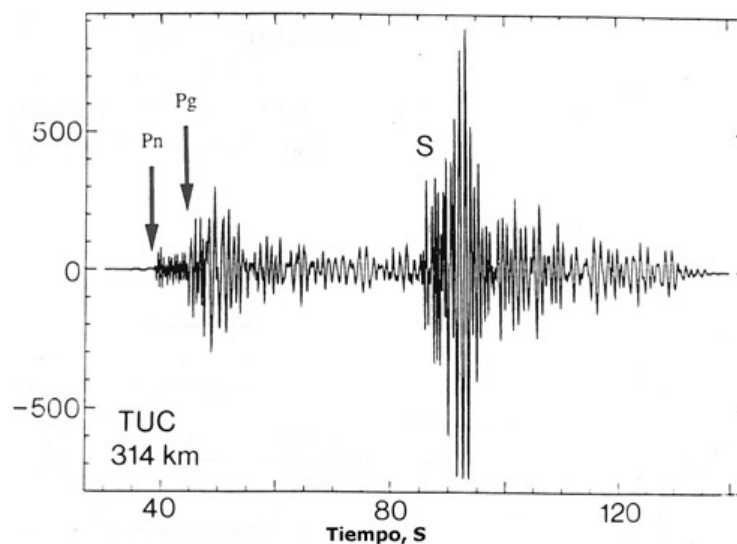


**Fig. 40.** El presente sismograma recoge un registro sísmico. Se puede observar la amplitud y tiempos de arribo de las ondas.

### Cálculo del epicentro de un sismo

La ubicación del epicentro de un sismo se realiza analizando, al menos, los sismogramas de 4 estaciones e identificando los diferentes tiempos de llegada de las ondas a cada estación sismológica. Como la velocidad de las ondas P es mayor que la de las ondas S y ambas se generan en el mismo punto (foco), el tiempo de arribo de cada onda a las estaciones sismológicas sirve para calcular el lugar de origen del sismo (Fig. 41).

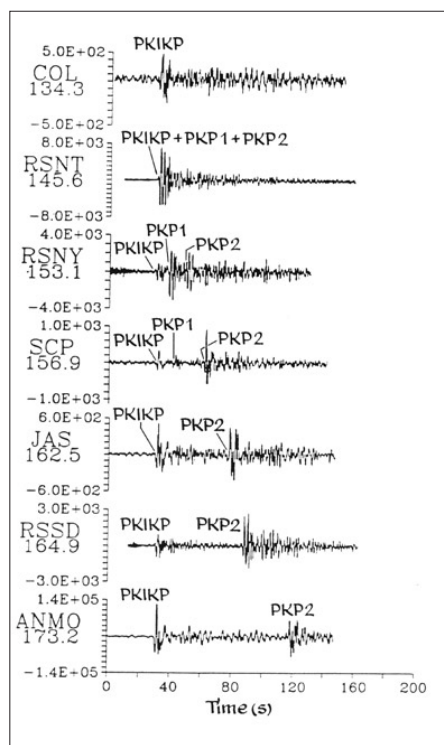


Fig.41. Diferentes registros del arribo de un sismo.

Una estación sismológica proporciona la distancia del epicentro pero no su dirección, de allí la importancia de determinar con exactitud el foco. En el pasado, la localización epicentral se realizaba de la siguiente manera: ocurría un sismo en la falla de Boconó, por ejemplo, y era registrado por las estaciones de El Tocuyo (TOV), Santo Domingo (SDV), Cerro El Oso (CEOS) y Cerro Antonio (CANV), con esta información se determinaba la distancia epicentral de cada estación, tomando como referencia la diferencia entre el tiempo de llegada de las ondas P y S luego, utilizando un mapa del área y un compás, se dibujaban cuatro arcos de circunferencia, tomando como centro las estaciones mencionadas y la zona donde los arcos se interceptaban determinaba el lugar, aproximado, de localización del epicentro (Fig. 42).

En la actualidad, Funvisis utiliza varios programas de

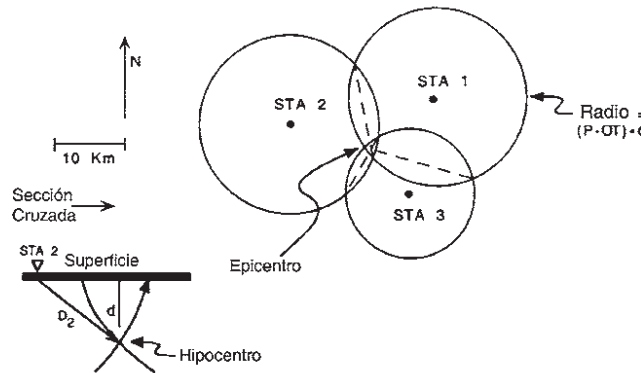


Fig. 42. Ejemplo del cálculo epicentral de un sismo.

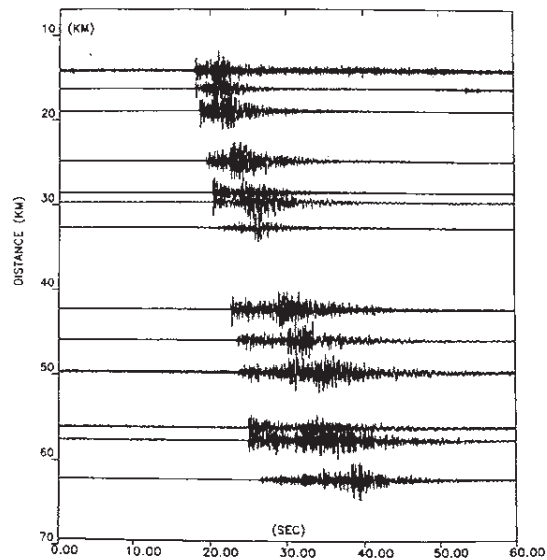


Fig.43. Sismograma digital obtenido en Funvisis.

computación para ubicar el epicentro de un sismo, requiriendo como datos fundamentales el tiempo de llegada de las ondas P y S de, por lo menos, cuatro estaciones sismológicas y el modelo de corteza terrestre de la región (profundidades y velocidades de las capas que la conforman). Como resultado se obtiene la ubicación geográfica, la

profundidad y la hora en la cual ocurrió el evento (Fig.43).

### **Magnitud**

Mide la energía liberada y se expresa en la amplitud de las ondas sísmicas. El proceso de medición de la magnitud de un sismo ha pasado por diferentes etapas. En un primer momento la escala ( $M_L$ ) utilizada fue la de Richter (quien en 1930 introdujo el concepto de magnitud), pero la misma fue diseñada para medir los terremotos de California y resultó poco práctica para las realidades de otros países. Posteriormente, se extendió el concepto de magnitud y se crearon otros métodos para su estudio, tales como el de Magnitud por Ondas Superficiales ( $M_s$ ), Magnitud por Ondas de Cuerpo ( $M_b$ ), Magnitud por Momento Sísmico ( $M_w$ ) y Magnitud por Coda o duración ( $M_c$ ). Los últimos dos sistemas son los más utilizados actualmente.

|                                            |                                       |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| $M_L$ Magnitud Local (Richter)             | $M_L = \log A - \log A_0$             |
| $M_s$ Magnitud por Ondas Superficiales     | $M_s = \log A/T + \log D + 3.3$       |
| $M_b$ Magnitud por ondas de cuerpo (G y R) | $M_b = \log A/T + Q(D, h)$            |
| $M_w$ Magnitud por Momento Sísmico         | $M_w = (2/3) \log M_0 - 10.7$         |
| $M_c$ Magnitud de Coda                     | $M_c = -3.0 + 2.6 \log (T) + 0.001 D$ |

### **Intensidad de un sismo**

La intensidad es una medida subjetiva de los daños ocasionados por un sismo sobre la población, las construcciones y la naturaleza misma. En 1902, Mercalli propuso una tabla de escala de intensidad, posteriormente modificada por Wood y Neumann en 1931. Esta escala es la más usada en América, mientras que en Europa se utiliza la MSK (por Medvedev, Sponhouer y Karnik). Ambas constan de 12 niveles.

**Charles Francis Richter  
(1900-1985)**

Sismólogo estadounidense que estableció, junto con el germano-estadounidense Beno Gutenberg, también sismólogo, una escala para medir los terremotos.

Nació en Ohio, pero se trasladó a Los Ángeles siendo niño. Estudió en la Universidad de Stanford. En 1928 empezó a trabajar en su doctorado en física teórica en el Instituto de Tecnología de California (Caltech), pero antes de terminar recibió una oferta para trabajar en el Carnegie Institute de Washington. Fue entonces cuando empezó a interesarse por la sismología. Más adelante, trabajó en el nuevo Laboratorio de Sismología de Pasadena, bajo la dirección de Beno Gutenberg. En 1932 Richter y Gutenberg desarrollaron una escala para medir la magnitud de los terremotos, llamada escala de

Richter. En 1937 volvió al Caltech, donde desarrolló toda su carrera posterior.

Richter y Gutenberg también trabajaron en la localización y catalogación de los grandes terremotos y los utilizaron para estudiar el interior profundo de la Tierra. Juntos escribieron un manual muy importante, publicado en 1954, llamado *Seismicity of the Earth (Sismicidad de la Tierra)*. Richter escribió otros textos fundamentales de sismología: en 1958 publicó el manual *Elementary Seismology (Sismología elemental)*, considerado por muchos como su principal contribución en ese campo.

Participó también en programas de concientización ciudadana y en cuestiones de seguridad relacionadas con los terremotos, adoptando siempre una postura sensata y tratando de no infundir miedo.

---

**Giuseppe Mercalli  
(1850-1914)**

Sismólogo y vulcanólogo, escogió la orden sacerdotal y fue alumno del geólogo lombardo Antonio Stoppani, graduado en Ciencias Naturales, se inició en el estudio geológico de los depósitos de los glaciares de la Lombardia. Posteriormente, fue profesor de Geología y Mineralogía en la Universidad de Catania, enseñó Vulcanología y Sismología en la Universidad de Nápoles.

En 1911 es nombrado director del Observatorio Vesuviano. Entre sus numerosos estudios de sismología y vulcanología tenemos

la monografía los volcanes activos de la tierra (1889) y sus estudios sobre los terremotos de Casamicciola (1883), de la Isla Pontine (1892) y de Messina (1908).

La escala de Mercalli fue desarrollada en el siglo XIX. Es una escala subjetiva, porque evalúa la percepción humana del sismo. Sirve para recolectar información en zonas donde no existen aparatos detectores, o instrumentos de medición. Se basa en lo que sintieron las personas que vivieron el sismo, o en los daños ocasionados. Cuando se utiliza esta escala, se habla de grados de intensidad.

## Escala modificada de Mercalli

| INT.* | EFFECTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I     | La sacudida no es percibida por los sentidos humanos, siendo detectada y registrada solamente por los sismógrafos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| II    | La sacudida es perceptible solamente por algunas personas en reposo, en particular en los pisos superiores de los edificios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| III   | La sacudida es percibida por algunas personas en el interior de los edificios y solo en circunstancias muy favorables en el exterior de los mismos. La vibración percibida es semejante a la causada por el paso de un camión ligero. Observadores muy atentos pueden notar ligeros balanceos de objetos colgados, más acentuados en los pisos altos de los edificios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IV    | El sismo es percibido por personas en el interior de los edificios y por algunas en el exterior. Algunas personas se despiertan, pero nadie se atemoriza. La vibración es comparable a la producida por el paso de un camión pesado con carga. Las ventanas, puertas y vajillas vibran. Los pisos y muros producen chasquidos. El mobiliario comienza a moverse. Los líquidos contenidos en recipientes abiertos se agitan ligeramente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| V     | El sismo es percibido en el interior de los edificios por la mayoría de las personas y por muchas en el exterior. Muchas personas que duermen se despiertan y algunas huyen. Los animales se ponen nerviosos. Las construcciones se agitan con una vibración general. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Los cuadros golpean sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. En algunos casos los relojes de péndulo se paran. Los objetos ligeros se desplazan o vuelcan. Las puertas o ventanas abiertas baten con violencia. Se vierten en pequeña cantidad los líquidos contenidos en recipientes abiertos y llenos. La vibración se siente en la construcción como la producida por un objeto pesado arrastrándose. |

(\*) Intensidad

| INT.        | EFECTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VI</b>   | Lo siente la mayoría de las personas, tanto dentro como fuera de los edificios. Muchas personas salen a la calle atemorizadas. Algunas personas llegan a perder el equilibrio. Los animales domésticos huyen de los establos. En algunas ocasiones, la vajilla y la cristalería se rompen, los libros caen de sus estantes, los cuadros se mueven y los objetos inestables vuelcan. Los muebles pesados pueden llegar a moverse. Las campanas pequeñas de torres y campanarios pueden sonar.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>VII</b>  | La mayoría de las personas se aterroriza y corre a la calle. Muchas tienen dificultad para mantenerse en pie. Las vibraciones son sentidas por personas que conducen automóviles. Suenan las campanas grandes. En algunos casos, se producen deslizamientos en las carreteras que transcurren sobre laderas con pendientes acusadas; se producen daños en las juntas de las canalizaciones y aparecen fisuras en muros de piedra. Se aprecia oleaje en las lagunas y el agua se enturbia por remoción del fango. Cambia el nivel de agua de los pozos y el caudal de los manantiales. En algunos casos, vuelven a manar manantiales que estaban secos y se secan otros que manaban. En ciertos caos se producen derrames en taludes de arena o de grava. |
| <b>VIII</b> | Miedo y pánico general, incluso en las personas que conducen automóviles. En algunos casos se desgajan las ramas de los árboles. Los muebles, incluso los pesados, se desplazan o vuelcan. Las lámparas colgadas sufren daños parciales. Pequeños deslizamientos en las laderas de los barrancos y en las trincheras y terraplenes con pendientes pronunciadas. Grietas en el suelo de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua de los lagos. Aparecen nuevos manantiales. Vuelven a tener agua pozos secos y se secan pozos existentes. En muchos casos cambia el caudal y el nivel de agua de los manantiales y pozos.                                                                                                                         |
| <b>IX</b>   | Pánico general. Daños considerables en el mobiliario. Los animales corren confusamente y emiten sus soni-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**INT.****EFECTOS**

---

dos peculiares. Caen monumentos y columnas. Daños considerables en depósitos de líquidos. Se rompen parcialmente las canalizaciones subterráneas. En algunos casos, los carriles del ferrocarril se curvan y las carreteras quedan fuera de servicio. Se observa con frecuencia que se producen extrusiones de agua, arena y fango en los terrenos saturados. Se abren grietas en el terreno de hasta 10 centímetros de ancho y de más de 10 centímetros en las laderas y en las márgenes de los ríos. Aparecen además, numerosas grietas pequeñas en el suelo. Desprendimientos de rocas y aludes. Muchos deslizamientos de tierras. Grandes olas en lagos y embalses. Se renuevan pozos secos y se secan otros existentes.

**X**

Daños peligrosos en presas; daños serios en puentes. Los carriles de las vías férreas se desvían y a veces se ondulan. Las canalizaciones subterráneas son retorcidas o rotas. El pavimento de las calles y el asfalto forman grandes ondulaciones. Grietas en el suelo de algunos decímetros de ancho que pueden llegar a un metro. Se producen anchas grietas paralelamente a los cursos de los ríos. Deslizamientos de tierras sueltas en las laderas con fuertes pendientes. En los ribazos de los ríos y en las laderas escarpadas se producen considerables deslizamientos. Desplazamientos de arenas y fangos en las zonas litorales. Cambio del nivel de agua en los pozos. El agua de canales y ríos es lanzado fuera de su cauce normal. Se forman nuevos lagos.

**XI**

Daños importantes en construcciones, incluso en las bien realizadas, en puentes, presas y líneas de ferrocarril. Las carreteras importantes quedan fuera de servicio. Las canalizaciones subterráneas quedan destruidas. El terreno queda considerablemente deformado tanto por desplazamientos de terrenos y caídas de rocas. Para determinar la intensidad de las sacudidas sísmicas se precisan investigaciones especiales.

| <b>INT.</b> | <b>EFFECTOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>XII</b>  | Prácticamente se destruyen o quedan gravemente dañadas todas las estructuras, incluso las subterráneas. La topografía cambia. Grandes grietas en el terreno con importantes desplazamientos horizontales y verticales. Caída de rocas y hundimientos en los escarpes de los valles, producidas en vastas extensiones. Se cierran valles y se transforman en lagos. Aparecen cascadas y se desvían los ríos. |

## Capítulo IV

### Ingeniería Sismorresistente

Se puede decir que la ingeniería sismorresistente floreció en Venezuela después del terremoto de Caracas en 1967, donde, por fallas estructurales, edificios de reciente construcción para la época se derrumbaron. Hoy se puede hablar de un desarrollo sostenido de la actividad, siendo cada día más importante el aporte que recibe el sector de la construcción de esta disciplina, sobre la cual descansa la responsabilidad de establecer los parámetros que se deben seguir para el levantamiento de una construcción, sea cuál sea la naturaleza y uso de la misma, así como la proporción correcta de los materiales a utilizar.

El avance tecnológico también se ha hecho presente en el terreno de la ingeniería sismorresistente, la cual desechó el Coeficiente de Mayoración de Cargas como el único elemento a considerar a la hora de diseñar una estructura por otro concepto donde, además de estar presente este Coeficiente, se toma en cuenta la forma de la (s) estructura (s) con sus diferentes líneas de resistencia y otros elementos que la ayudan a que se comporte mejor.

#### **Disposición geométrica de un edificio y efectos sobre la sismorresistencia**

Son varios los elementos a considerar a la hora de evaluar la composición geométrica de una edificación: La simplicidad, la simetría de volúmenes, la resistencia determinada por la forma, la disposición de los elementos estructurales y la sismorresistencia, elementos que le confieren un comportamiento homogéneo a la edificación ante la posible ocurrencia de un sismo; de allí que durante la etapa de diseño se debe procurar que la forma geométrica de la construcción se enmarque dentro de estos parámetros (Fig. 44).

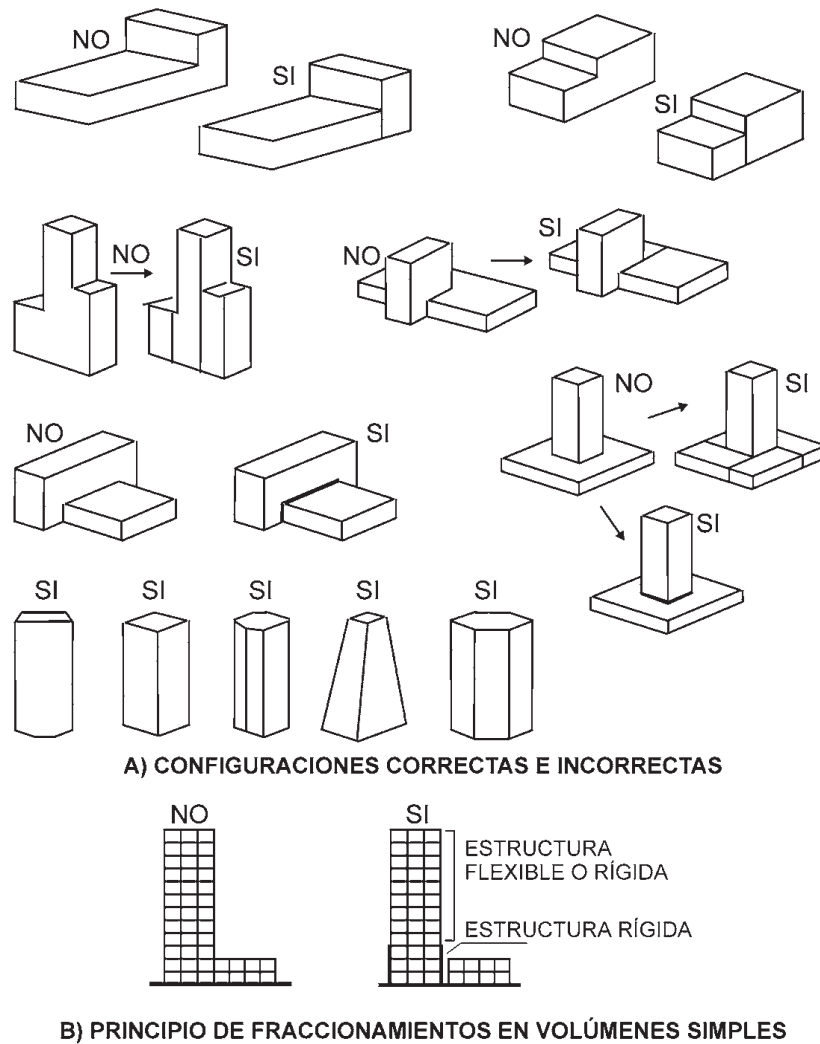


Fig. 44. Configuraciones de estructuras correctas e incorrectas.

**Simplicidad.** Es necesario proyectar diseños sencillos que faciliten la distribución equilibrada de los elementos estructurales, evitando en lo posible formas irregulares.

**Simetría.** El diseño en planta establece una ubicación de las diferentes partes del edificio, de tal forma que sus volúmenes deben ubicarse de forma equilibrada respecto de los dos ejes que la cruzan.

**Forma** La forma volumétrica más recomendable en construcción es la **Regular**, en la cual el volumen general del edificio se muestra compacto, sin irregularidades en su conformación geométrica, sin salientes o protuberancias; en fin, muestra una forma regular que lo habilita para resistir los efectos dañinos que un sismo le pudiera causar si su forma fuera diferente. La figura 45 da una idea del diseño que debe prevalecer a la hora de construir edificios.

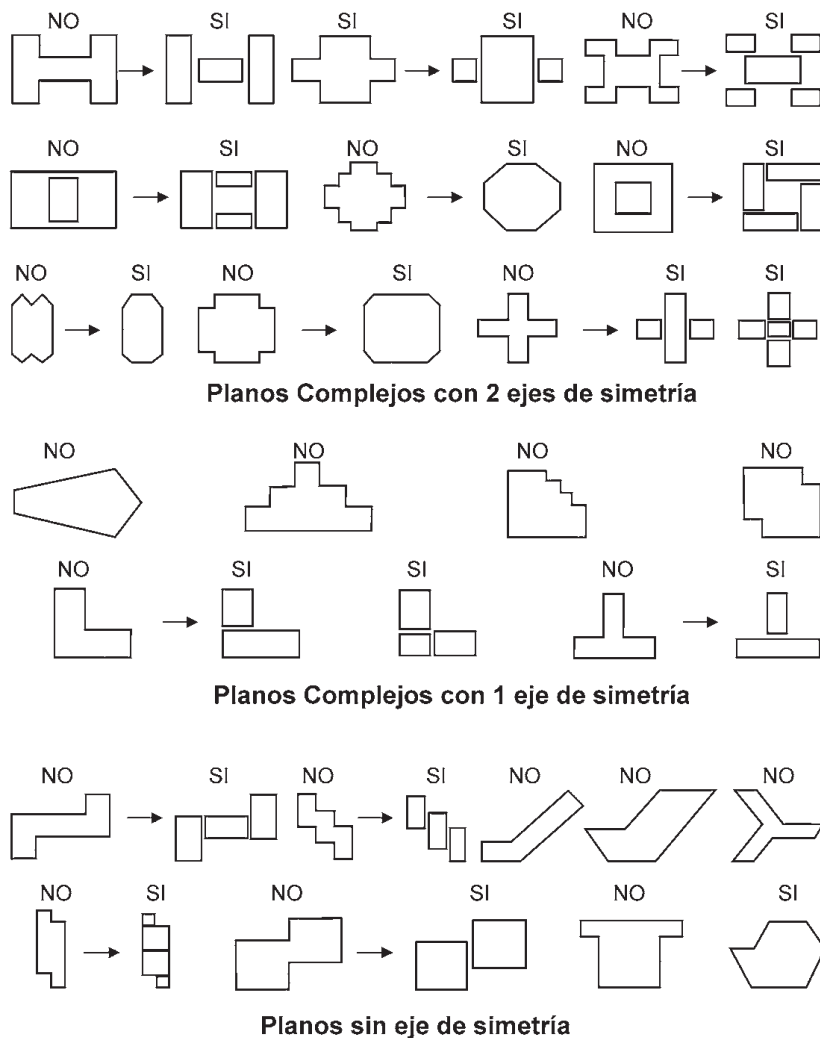


Fig. 45. Vistas de plantas regulares e irregulares.

Las formas **Irregulares** no son recomendables en la configuración geométrica general de los edificios. Es decir, edificaciones compuestas por volúmenes diferentes pero ligados unos a otros, que al ser afectados por el sismo se deforman y reaccionan de manera independiente no contribuyen al comportamiento homogéneo que es deseable y necesario para que las edificaciones respondan bien ante las fuerzas irregulares que un sismo comunica a la edificación.

### **Disposición de los elementos estructurales**

Se debe evitar disponer todos los elementos estructurales en una misma dirección, pues si bien es cierto que la edificación resultante sería resistente a fuerzas sísmicas que se presenten en la misma dirección en que están localizados las líneas resistentes (muros y/o pórticos), resultaría sumamente débil a fuerzas que viniesen en dirección perpendicular.

### **Sismorresistencia**

Es una propiedad o atributo del que se dota a una edificación, mediante la aplicación de técnicas de diseño acordes con su configuración geométrica, y la incorporación en su constitución física de componentes estructurales que la capacitan para resistir las fuerzas que se presentan durante un movimiento sísmico, lo que se traduce en protección de la vida de los ocupantes y de la integridad del edificio mismo.

La sismorresistencia de una edificación dependerá, en gran medida, tanto del tipo de materiales y componentes que la constituyan, como de la correcta relación entre ellos, es decir, no basta con dotar a la edificación de unos componentes resistentes, es necesario relacionarlos correctamente entre si para que toda la edificación se comporte de manera homogénea ante la presencia de fuerzas provenientes del sismo.

A continuación, se analizarán algunos aspectos fundamentales para garantizar la sismorresistencia, a partir de

las condiciones de relación entre los componentes de la edificación.

- ✓ La uniformidad: Debe ser una característica de una edificación sismorresistente y se logra cuidando que no se presente diversidad en los materiales que constituyen los componentes que desempeñan trabajos similares.

Por ejemplo, si los muros de carga son de ladrillo, no deben combinarse con otros vaciados en concreto o de otro material; si la estructura de soporte es en concreto reforzado, no deben aparecer algunos elementos de soporte en madera, metal o ladrillo; si la cubierta está constituida principalmente en madera se debe evitar combinarla con elementos metálicos para realizar el papel de vigas.

- ✓ La continuidad de la construcción sismorresistente se da en dos sentidos:
  - a. Todos los ejes de los muros o pórticos que conforman los diferentes espacios deben estar, hasta donde sea posible, alineados.
  - b. Debe conservarse la continuidad entre juntas y la unión horizontal de los elementos de mampostería a las vigas, así como la verticalidad de los muros y/o pórticos.

### **Norma Sismorresistente de Venezuela**

Hablar de normas sismorresistentes involucra pensar en primer lugar y entre otros aspectos en mapas de zonificación sísmica y viceversa. A tal efecto, en la Norma Provisional de 1967 se incorporó como novedad el mapa de zonificación sísmica elaborado por Fiedler en 1959, a partir de la interpretación de los registros provenientes del Observatorio Cagigal. “Tal zonificación contrastaba con las Normas MOP de 1947 y 1955, pues incorporaba aspectos sismotectónicos de nuestro territorio mal conocidos y hasta ignorados por los ingenieros hasta ese momento”. Dicha norma se ha ido enriqueciendo en la medida en que han sucedido otros eventos, a instancia de las autoridades

con dominio sobre la materia o porque se ha avanzado en el conocimiento del tema. “Lo que se ha ido aprendiendo sobre sismos venezolanos, se ha sintetizado en mapas de zonificación sísmica con arreglo a tres metodologías y objetivos diferentes: delimitaciones de zonas sísmicas basadas en los efectos conocidos de sismos pasados; mapas en los cuales, además de los efectos de sismos pasados, se incorpora información tectónica y de registros sismográficos; y zonificaciones fundamentadas en modelos sismotectónicos evaluados en términos probabilísticos. Además de incorporar nuevos aspectos, técnicos y constructivos que se han ido conociendo sobre el comportamiento de las estructuras ante los sismos y que mejoran su desempeño, con la finalidad de disminuir daños en las edificaciones”.

En relación a la contribución de Funvisis en los estudios de amenaza sísmica, la misma ha sido generada para su aplicación directa en el diseño ingenieril de infraestructuras con cualidades sismorresistentes. El producto más reciente de tales estudios es la publicación de la nueva norma Covenin (1756-98), con carácter de aplicación obligatoria, *Edificaciones sismorresistentes*, cuya vigencia es de enero de 1999 y la cual revisa y actualiza la norma anterior Covenin 1756-82, al incorporar todos los resultados generados por Funvisis desde inicios de la década de los 80. Dicha norma que ha dado lugar al mapa de zonificación sísmica (Fig. 46), volvió a ser revisada a principios del año 2001, a los fines de incorporar todas las observaciones realizadas en el proceso establecido para tal fin. Cabe señalar que las investigaciones que en esta materia adelanta Funvisis están destinadas a caracterizar las condiciones geotécnicas y geológicas de toda Venezuela, con miras a hacer estudios de microzonificación en los centros poblados más afectados.

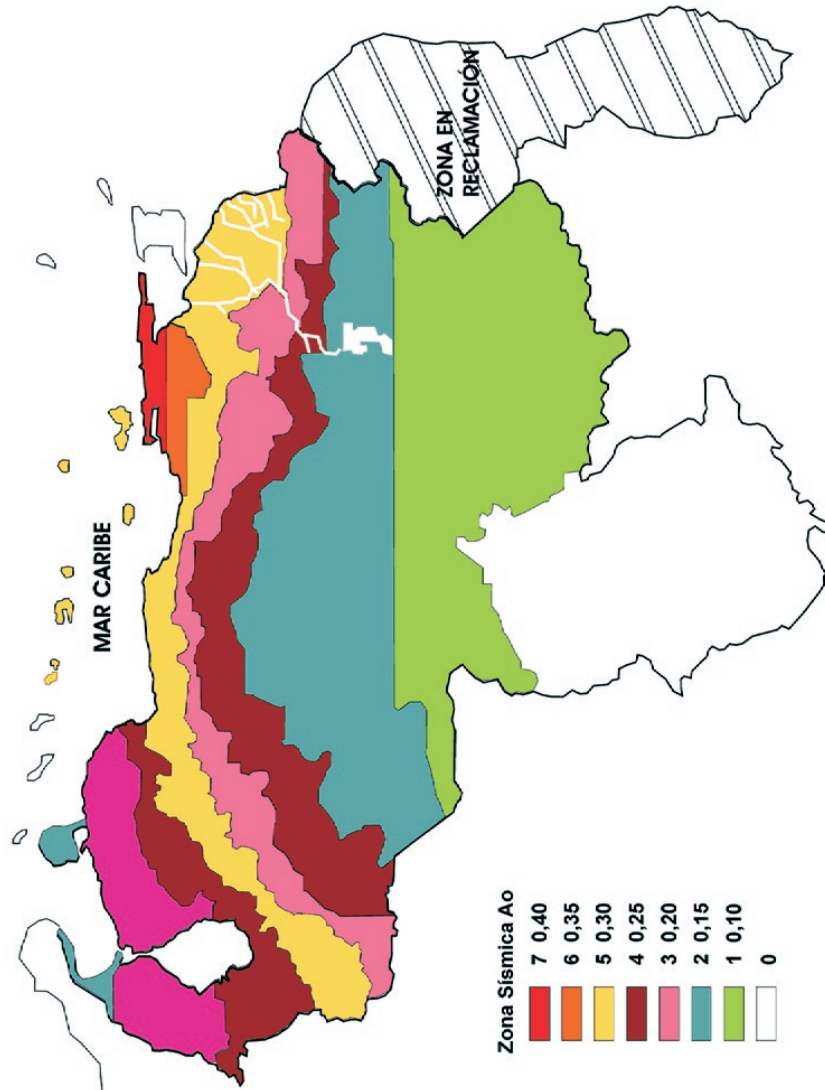


Fig. 46. Mapa de zonificación sísmica. FUNVISIS. Norma Covenin 1756-98.

### La norma y su filosofía

En el año 1998, el Consejo Superior de Fondosnorma, aprobó la Norma COVENIN 1756 -98 (Rev. 2001) titulada Edificaciones Sismorresistentes que sustituye la Norma COVENIN 1756 -80-82. Edificaciones Antisísmicas, ambas elaboradas por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis, a solicitud de la Comisión Permanente de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio de Desarrollo Urbano, Mindur. Dicha norma tiene como filosofía que todas las edificaciones que se diseñen de acuerdo a sus lineamientos deben cumplir con las siguientes pautas:

a. Bajo movimientos sísmicos menores o frecuentes pueden sufrir daños no estructurales despreciables, que no afecten su operación o funcionamiento.

b. Bajo movimientos sísmicos moderados u ocasionales podrán sufrir daños moderados en su componentes no-estructurales y daños muy limitados en los componentes estructurales.

c. Bajo movimientos sísmicos establecidos en la Norma, utilizados para el análisis dinámico de las estructuras, debe existir una muy

baja probabilidad de alcanzar el estado de agotamiento resistente y los daños estructurales y no-estructurales sean, en su mayoría, reparables.

d. Bajo movimientos sísmicos especialmente severos, en exceso de los especificados en esta Norma, se reduzca la probabilidad de derrumbe aunque la reparación de la edificación pueda ser inviable económicamente.

Debido a que la sismicidad es variable en el país, éste ha sido subdividido con fines de ingeniería en ocho zonas sísmicas (ver figura siguiente), distinguiéndose la zona siete como el área de mayor amenaza sísmica y la zona cero como una zona asísmica.

Para la aplicación de las normas sismorresistentes, toda edificación debe quedar clasificada de acuerdo a:

- a) El uso para el cual está destinada.
- b) El nivel de diseño.
- c) El tipo de estructura.
- d) La regularidad de las estructuras.

Adicionalmente, se clasifican con fines de diseño los perfiles geotécnicos de acuerdo a la velocidad promedio de la onda sísmica.

## Capítulo V

### Prevención

Ocurrido un sismo de magnitud superior a 4 resulta normal ver partir al grupo de investigadores de Funvisis hacia la zona de los acontecimientos. Así sucedió con el sismo de Los Arangues, al Sur de Carora (1995), Cariaco (1997), en el Mar Caribe, hacia las costas de oriente (2000) y finalmente el 30 de octubre de 2001, en la ocasión del sismo ocurrido en el Mar Caribe, frente a las costas de La Guaira.

En cada una de esas misiones la intención es bien precisa: levantar un estudio sismotectónico preciso del área afectada, identificar y evaluar los daños, recabar información de la población para elaborar un mapa de intensidades sísmicas y conocer los efectos geológicos y fenómenos asociados al comportamiento dinámico de las estructuras y suelos afectados por el evento. Se reinicia, así, en un proceso de nunca acabar, el trabajo de prevención de Funvisis, el cual sigue dos vertientes: el estudio permanente de la información recolectada a raíz de cada sismo para la actualización del código venezolano de construcción sismorresistente y la preparación comunitaria, destinada a dotar a las individualidades y comunidades de los conocimientos y actitudes fundamentales para reducir su vulnerabilidad frente a la amenaza sísmica.

La labor educativa de Funvisis se fundamenta en un lineamiento de política que privilegia “la preparación y prevención de la nación venezolana frente a los desastres derivados de la actividad sísmica”. Dicho lineamiento se concretó en el Programa Aula Sísmica “Madeleilis Guzmán”, formalizado a raíz del sismo de Cariaco 1997.

#### **¿Qué es el Aula Sísmica?**

El aula sísmica constituye parte de un servicio de información y atención a las comunidades que presta Funvisis.

La idea de su creación fue impulsada por Flor Ferrer de Singer, profesora universitaria y especialista en sismología, quien en mayo de 1997 comenzó a desarrollar el proyecto. Desde el punto de vista físico es un espacio-laboratorio localizado en la Fundación, donde se dictan talleres y charlas destinadas a sensibilizar al público asistente sobre la necesidad de desarrollar una conciencia sísmica, que sirva para la autoprotección y la de las personas que se mueven en su entorno. Este espacio cuenta con el talento humano (profesionales del área científica, técnica y docente de la institución), y los recursos materiales necesarios para cumplir con las siguientes actividades:

- ✓ Recuperar la memoria sísmica del país.
- ✓ Fomentar una cultura sísmica.
- ✓ Reconocer el entorno para identificar posibles riesgos.
- ✓ Minimizar la vulnerabilidad (material y social).
- ✓ Considerar elementos estructurales y geológicos que reduzcan la vulnerabilidad.
- ✓ Promover planes de contingencia a todo nivel.
- ✓ Desarrollar actitudes preventivas.
- ✓ Establecer medidas de autoprotección.
- ✓ Diseñar estrategias para el desalojo.

El Aula Sísmica tiene, además, los siguientes objetivos:

- ✓ Facilitar la conversión de la información técnica producida por Funvisis y otras instituciones científicas en insumos educativos, para la formación preventiva de comunidades vulnerables ante esta amenaza natural.
- ✓ Contribuir a la difusión de medidas de autoprotección y prevención, mediante la capacitación de los responsables de grupos en comunidades vulnerables.
- ✓ Contribuir a la preparación de observadores e informantes de daños producidos por los sismos, a fin de establecer la intensidad de sus efectos.
- ✓ Contribuir a la capacitación de los técnicos responsables del cumplimiento de medidas de inspección y control de obras.
- ✓ Contribuir a la difusión de técnicas constructivas artesanales que disminuyan la vulnerabilidad de los

asentamientos humanos de edificación no controlada.

A través del aula sísmica (Fig.47), Funvisis llega a los diferentes núcleos de la sociedad venezolana: escuelas, asociaciones de vecinos, instituciones empresariales, organismos del Estado, universidades, y otras, donde se ha sentido la necesidad de obtener información sobre la realidad sísmica nacional, como un primer paso para desarrollar una cultura sísmica que nos proteja contra este tipo de eventualidades.

En este acercamiento comunicacional se han definido dos niveles: el dirigido a la población más susceptible de ser afectada por los eventos sísmicos - tales como niños y jóvenes integrados en el sistema educativo formal-, profesionales de la docencia en cualquier nivel educativo, estudiantes de las carreras de formación docente, comunidades vecinales organizadas, adultos comprometidos en las mejoras de sus urbanizaciones o barrios, y albañiles y trabajadores artesanales de la construcción. El segundo nivel está diseñado para profesionales interesados en objetivos semejantes o próximos a los del Aula, que faciliten la preparación de las poblaciones más vulnerables. En este ámbito, es de interés de Funvisis convertirse en punto de encuentro y de difusión de experiencias sobre este tipo de amenaza y sus implicaciones.

Finalmente, vale la pena destacar las estrategias pedagógicas para educación básica y diversificada que se están adelantando: Plan “Hagamos nuestro plantel más seguro”, Plan “Brigada Sismo Preventiva” y Plan “Funvisis visita la escuela”.

**Plan “Hagamos nuestro plantel más seguro”.** Cursos elementales con visita a Funvisis integrando las siguientes actividades:

- ✓ *Información elemental sobre el origen de los sismos.* La profundidad en el tratamiento de los temas está determinada por la edad de los estudiantes.
- ✓ *Estrategias básicas para la prevención de daños en caso de sismos.* Pautas de conductas antes, durante y después de un evento sísmico.

- ✓ Asignación del compromiso de revisión y evaluación del plantel de procedencia con relación a las situaciones amenazantes que pudiesen existir en él, usando una lista de cotejo especialmente preparada para esa finalidad.
- ✓ Evaluación de lo aprendido mediante juegos de mesa preparados por las personas encargadas de realizar la actividad.
- ✓ Simulacro de autoprotección bajo los pupitres.
- ✓ Visita a la estación telemétrica y al laboratorio de electrónica de Funvisis.

**Plan “Brigada Sismo Preventiva”:**

- ✓ Selección de los integrantes de las Brigadas Sismo Preventivas por parte de las autoridades del plantel, de acuerdo a los criterios establecidos.
- ✓ Capacitación de las Brigadas a través de charlas especialmente diseñadas.
- ✓ Evaluación de riesgos en el plantel y proposición de los correctivos necesarios por parte de los jóvenes brigadistas.
- ✓ Verificación del trabajo de los brigadistas.
- ✓ Firma del acta de compromiso entre Funvisis y el centro educativo para garantizar la permanencia de la Brigada Sismo Preventiva.

**Plan “Funvisis visita la escuela”.**

Esta estrategia ha sido diseñada para atender aquellos planteles que presentan dificultades para trasladar a sus estudiantes y docentes a la sede de la Fundación, por lo que el personal de la misma se traslada al lugar con material didáctico preparado para tal fin. Las actividades son las siguientes:

- ✓ Charla sobre mitigación y prevención sísmica.
- ✓ Actividades evaluativas.
- ✓ Simulacros de autoprotección y evacuación.
- ✓ Identificación de lugares peligrosos dentro de las escuelas.



**Fig.47.** El aula sísmica tiene una actividad incesante de la cual se han beneficiado miles de estudiantes, docentes y agentes multiplicadores.

**Flor Teresa Ferrer de Singer  
(1944-2002)**

Nació en Caracas, el 13-10-1944. Egresó del Instituto Pedagógico de Caracas en 1964, en la especialidad de Ciencias Sociales. Hizo un Doctorado en Geografía Física (1966-1968) en la Universidad de Estrasburgo, Francia, y un Postgrado en Psicología Social (1995-1996) en la Universidad Central de Venezuela. Fue investigadora-instructora del Programa Enriquecimiento Instrumental y L.P.A.D (Diagnóstico del Potencial de Aprendizaje), Hadassah-WISO-Canada- Research Institute, Jerusalem, 1986.

El ejercicio profesional siempre lo orientó hacia la docencia en la educación superior y su trabajo investigativo tuvo diferentes vertientes: aplicación de la geomorfología al estudio de los ambientes de asentamiento indígenas prehispánicos localizados en Chile; problemas de la enseñanza de la Geografía, en sus vertientes didácticas y psicológicas, como producto de esta línea de investigación, que le permitió trabajar en el proyecto enriquecimiento instrumental, realizó un diagnóstico sobre habilidades espaciales de escolares caraqueños; una tercera línea de investigación, nacida al calor de

su experiencia como docente y habitante de comunidades afectadas por derrumbes, la dedicó al estudio de la percepción y representación del entorno espacial y las amenazas naturales. En esta última fase, hubo una vinculación muy fuerte entre la investigación educativa y la docencia, la cual se centró en los aspectos de formación e información preventiva de la población ante amenazas naturales y dio lugar a la creación del Aula Sísmica de FUNVISIS.

Fue columnista del semanario La Razón y articulista de El Universal y El Nacional, desde donde dejó sentir su preocupación como ciudadana y estimuló la acción vecinal en movimientos organizados preocupados por la prevención de riesgos geológicos y la reducción de la vulnerabilidad, inducida por acciones urbanísticas inadecuadas. Fue Profesor Agregado del Departamento de Geografía e Historia del IPC-UPEL (1970-2000) y Asesor ad-honorem para la formulación de la investigación de base y preparación de facilitadores requeridos para el desarrollo del proyecto “Aula Sísmica Madeleilis Guzmán”, entre otros cargos docentes. Fue autora de importantes trabajos relacionados con sus líneas de investigación.

## Los tres momentos de la prevención

Los facilitadores del trabajo que se hace en el Aula Sísmica Medeleilis Guzmán insisten, sobremanera, en la necesidad de tomar una serie de medidas orientadas a prevenir nuestra integridad personal. Allí, aparte de dejarse oír el pavoroso estruendo del terremoto de Caracas de 1967, el cual fue grabado, cosas de la vida, sobre la pista de un aguinaldo cantado por un grupo de niños, se hacen los simulacros que estamos seguros a más de uno puede salvarle la vida, aquí o en cualquier otra región del mundo. El taller es completo: nociones elementales sobre lo que es un sismo, las placas tectónicas y su movimiento, el sistema de fallas venezolanas, ingeniería sismorresistente y prevención sísmica: qué se debe hacer antes, durante y después en la escuela, el trabajo y en el hogar. Como el hogar es el asiento, por naturaleza, de la educación y como de lo que se trata es de asumir una actitud preventiva en todo tiempo y lugar, cuyos primeros fundamentos se deben dar al calor de la familia pasamos a detallar algunas de las acciones a seguir en ese ámbito antes, durante y después de un sismo o terremoto.



### ANTES

✓ Elabore un plan de contingencia familiar, con el objeto de precisar las tareas a realizar por cada miembro del grupo familiar. **Practíquelo.**



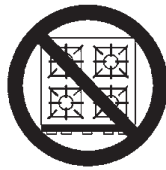
✓ Identifique los lugares más seguros y las áreas más susceptibles de daño. Mantenga las salidas libres. Asegure y/o reubique objetos pesados que puedan caer: lámparas, bibliotecas, tableros, materos, calentadores, ventiladores.



✓ Identifique y asigne un lugar a las llaves.



✓ Ubique el lugar más seguro y accesible de la casa y en ese espacio disponga de un botiquín de primeros auxilios, agua, comida, destapador, radio, linterna, baterías, extintor, un pito, libreta con teléfonos y direcciones de centros hospitalarios y autoridades. Recuerde que es peligroso almacenar líquidos inflamables y corrosivos.



✓ Tenga a mano las herramientas para cerrar el agua y el gas.



✓ Conozca los recursos humanos y materiales con que cuenta su comunidad (médicos, ingenieros, provisiones). Precise rutas alternas de escape.



✓ Cerciórese de saber siempre dónde se encuentran los integrantes de su grupo familiar.



✓ Trate de mantener la calma.

✓ Ubíquese debajo de mesas, escritorios, camas, o resguárdese en un lugar resistente de la edificación. Aléjese de ventanas, espejos y puertas de vidrio. Protéjase de cualquier objeto que le pueda golpear, o cortar, al caer.



✓ Si el edificio es de varios pisos colóquese contra una pared interior y protéjase la cabeza con los brazos.



✓ Si está en la calle, aléjese de edificaciones, paredes, postes, árboles, cables eléctricos y otros elementos que puedan caer, también del mar porque pueden ocurrir grandes marejadas.

✓ Si está en su vehículo deténgalo permaneciendo en él.



---

## DESPUÉS

---

✓ Ponga en marcha su plan de contingencia.

✓ Cierre el paso del gas, el agua y la electricidad.



✓ No encienda fósforos, velas ni yesqueros, porque si hubo rotura de la tubería de gas se puede producir una explosión.



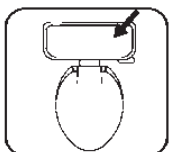
✓ De producirse un incendio apáguelo siempre y cuando no pongan en peligro su vida o la de otras personas.



✓ Al desalojar lleve consigo su maletín de primeros auxilios. Sólo use las escaleras, recuerde que puede quedar atrapado si usa el ascensor.



✓ Procure no caminar descalzo. Preste atención a los escombros que pisa y tenga cuidado al moverlos porque pueden estar soportando estructuras que se pueden caer.



✓ Encienda la radio de baterías para conocer las recomendaciones de las autoridades competentes.

✓ Use el agua de reserva de calentadores, tanques limpios y tanques de pocetas, procurando no descargar estos últimos hasta tanto no esté seguro de que la tubería de aguas negras no está rota.

✓ Aléjese de construcciones que se puedan derrumbar.

✓ Sea solidario: reconforte a las personas que lo necesiten y si tiene los conocimientos básicos de primeros auxilios ocúpese de prestar atención a las personas heridas.

### Una recomendación final:

Desarrolle una conciencia sísmica para protegerse en donde quiera que esté (teatros, estadios, cines, restaurantes, centros comerciales, iglesias, grandes tiendas, salones, etcétera). Estudie el área minuciosamente para determinar dónde se protegerá en caso de ocurrir un terremoto y las probables vías de desalojo.

## El valor de Madeleilis

El 9 de julio de 1997, a las 3:23 p.m., la noticia de un sismo en el pueblo de Cariaco, estado Sucre, recorrió toda Venezuela, creando expectación en aquellos que han tenido la posibilidad de vivir este tipo de experiencias. Las noticias posteriores dieron cuenta de la muerte de una maestra que en la Escuela Básica Valentín Valiente, ofrendó su vida por salvar la de dos de sus alumnas. Madeleilis, como se llamaba la educadora, no debió perder su vida de esa manera, pero un impulso solidario la llevó a devolverse, cuando ya estaba a

salvo con el grueso de sus alumnos, para auxiliar a María Angélica y Gregoriana, quienes se habían quedado en el recinto. Madeleilis del Valle Guzmán Castillo murió tapiada al desprenderse el techo de la escuela, pero su gesto no resultó en vano... María Angélica y Gregoriana resultaron ilesas, por cuanto la maestra las cubrió con su generoso cuerpo. En homenaje a esta valerosa mujer, nacida en Cariaco el 15 de enero de 1959, se erigió el Aula Sísmica, la cual en cada una de sus actividades la recuerda, la honra y la distingue.

## Cronología de una vida

- Nace el 15/1/59, en Cariaco, estado Sucre. Sus padres fueron Oscar Guzmán y Apolonia Castillo.
- Su niñez y adolescencia transcurre en el estado Zulia. Cursa sus estudios de primaria y el ciclo básico de bachillerato en Tía Juana, en el colegio Miguel Ángel Granados y en el liceo Apálico Sánchez.
- En 1977 obtiene el título de bachiller docente, en el colegio Nuestra Señora del Rosario.
- En 1978 se inicia como maestra guía en la Escuela Técnica Agropecuaria Cumanagotos, situada en Las Manos.
- En el año 1982 inicia sus actividades en la Escuela Básica Valentín Valiente.
- Inicia estudios de educación superior en la Universidad Pedagógica Experimental Simón Rodríguez, sólo cursa cuatro semestres.
- Forma un hogar con Alfredo Sánchez, de cuya unión nacieron tres hijos: Alfredo, Suheyl y Angel José.
- Su talante humanitario la llevó a realizar cursos de primeros auxilios y a desempeñarse como enfermera.
- Sus restos descansan en el Cementerio General de Cariaco.

## Glosario

**Acelerógrafo:** Instrumento que registra, en un lugar determinado, la historia de las aceleraciones debidas a un movimiento fuerte del terreno.

**Acelerograma:** Registro de la variación temporal de las aceleraciones en un punto y en una dirección. Se obtiene de un acelerógrafo.

**Amenaza sísmica:** Amenaza natural que se cuantifica por el valor esperado de futuras acciones sísmicas y se expresa en términos de sus probabilidades de excedencia.

**Amplitud de una onda:** Altura máxima de la cresta o del valle de una onda.

**Astenosfera:** Se le llama así a la segunda zona del manto, localizada debajo de la litósfera, caracterizada por velocidades sísmicas bajas y atenuación de las ondas. Esta formada por rocas moldeables “pastosas”.

**Cordillera Centro Océánica:** Alineación de tierra elevada del fondo del océano, que se extiende por cientos de kilómetros. Se asemeja a una cadena de montañas con un valle de rift central.

**Corrientes de convección en el manto:** Supuesto movimiento del material en el manto terrestre, lateral o verticalmente, formando células de movimiento circular, debido principalmente a variaciones en la temperatura.

**Corteza terrestre:** Capa más delgada y superficial de la Tierra. En los continentes tiene un grosor promedio de 35 kilómetros. Vivimos sobre ella pero normalmente no la vemos porque está cubierta por el suelo y el mar. La mayoría de sus rocas está compuesta por silicio y aluminio, lo que las hace poco densas.

**Desastre:** La interacción entre un fenómeno geofísico extremo y una condición vulnerable, traducido en pérdidas económicas y humanas en una escala totalmente por fuera de las capacidades y recursos de la administración local.

**Densidad:** Masa por unidad de volumen de una sustancia, normalmente expresada en gramos por centímetro cúbico.

**Deriva continental:** Es el proceso de movimiento relativo de las placas tectónicas o bloques de litósfera debido a la expansión oceánica.

**Discontinuidad de Mohorovičić:** Límite entre la corteza y el manto terrestre.

**Distancia epicentral:** Es la distancia entre el epicentro de un sismo y un punto de observación.

**Epicentro:** El punto de la superficie de la Tierra que se conecta en línea recta con el foco o hipocentro de un sismo.

**Escala modificada de Mercalli:** Diseñada por Giuseppe Mercalli en 1930 para medir los efectos causados por los terremotos.

**Esfuerzo:** Medida de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo expresado en unidades de fuerza por unidad de área.

**Expansión oceánica:** Proceso por el que placas adyacentes, a lo largo de la cordillera centro-oceánica se apartan la una de la otra para permitir la salida de nueva corteza oceánica.

**Falla:** Discontinuidad a lo largo de la cual ha ocurrido movimiento en sentido paralelo a la superficie de fractura.

**Falla activa:** Falla geológica que en base a información histórica, sismológica o evidencias geológicas, está asociada a una probabilidad de generar un sismo. Generalmente se consideran activas aquellas fallas en las cuales se han constatado desplazamientos en los últimos 40 mil años.

**Falla geológica:** Una fractura o zona de fractura en rocas a lo largo de la cual los dos lados se han desplazado, el uno con relación al otro, paralelamente a la fractura. El desplazamiento total puede variar desde centímetros a kilómetros.

**Falla inversa:** Falla de desplazamiento en la que el bloque de techo se mueve hacia arriba en relación con el bloque de piso.

**Falla normal:** Falla de desplazamiento de echado en la cual el bloque de techo ha descendido en relación con el bloque de piso.

**Falla sismogénica:** Falla en donde, en forma recurrente, se generan sismos (ver falla activa).

**Falla de rumbo:** Falla que consiste en movimiento horizontal, de modo que los bloques en lados opuestos del plano de falla se deslizan uno al lado del otro.

**Falla transformante:** Son llamadas así porque el movimiento horizontal se transforma en los extremos, bien en movimiento de subducción o de extensión. Pares de placas resbalan una con relación a otras a lo largo de fallas transformantes.

**Foco o hipocentro:** Idealización puntual del lugar en el interior de la tierra donde se da la ruptura que da lugar a un terremoto.

**Fosa tectónica:** Depresión de la corteza terrestre limitada lateralmente por fallas.

**Funvisis:** Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. Institución oficial encargada de realizar y promover, en forma permanente investigaciones y estudios especializados en Sismología, Ciencias Geológicas e Ingeniería Sísmica, con el objeto de reducir la vulnerabilidad.

**Geodesia:** Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de gran parte de él, y construir los mapas correspondientes.

**Geodesia sísmica:** Realiza mediciones muy precisas de distancias y diferencias de elevación de puntos conocidos sobre la superficie terrestre, con el objetivo de determinar el sentido y la velocidad de los movimientos de la corteza que generan terremotos. Su rango de acción temporal va de algunos días hasta 100 años o más.

**Geología:** Ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen, y de la colocación que tienen en su actual estado.

**Geología sísmica:** Ciencia que se ocupa de detectar estructuras generadoras de terremotos en el pasado y presente geológico. Su rango de acción temporal es mayor a las decenas de miles de

años hasta cientos de millones de años.

**Geomorfología:** Estudio de las características propias de la corteza terrestre.

**Geomorfología sísmica:** Se ocupa de detectar anomalías en las formas de la superficie terrestre, atribuibles a la acción de terremotos ocurridos en el pasado y trata de cuantificar esta acción. Su rango de acción temporal se ubica entre cien y un millón de años.

**Hertz:** Unidad de frecuencia equivalente a un ciclo por segundo o  $2\pi$  radianes por segundo.

**Hipótesis:** Una proposición que se hace en forma tentativa y que es sometida posteriormente a comprobación por la obtención de indicios o experimentos.

**HLV:** Hora Local de Venezuela

**Ígneo:** Una roca o mineral que se solidifica a partir de un material fundido o parcialmente fundido.

**Intensidad:** Medida subjetiva de la clase de daño causado por un terremoto, así como de la reacción de la gente al mismo.

**Isosista:** Líneas de contorno que delimitan áreas en las cuales se admite igual intensidad sísmica.

**Lava:** Roca fundida o Magma que ha alcanzado la superficie.

**Licuación:** Proceso mediante el cual, durante un terremoto, algu-

nos suelos y particularmente algunas arenas dejan de comportarse como sólidos y lo hacen como un líquido, perdiendo su capacidad de soporte.

**Litosfera:** Capa de rocas, relativamente rígida, formada por la corteza y el manto superior. Tiene un espesor aproximado de 100 kilómetros.

**Magma:** Material de roca fundida localizada en el manto o la litósfera, cuando se solidifica forma las rocas ígneas.

**Magnitud:** Medida de la fuerza de un terremoto o la energía cinética que genera.

**Magnitud local (M):** Es el logaritmo en base 10 de la amplitud máxima de la onda sísmica (P, S o cualquier onda superficial) registrada en un sismógrafo patrón a una distancia de 100 km. del epicentro.

**Magnitud por ondas corpóreas (mb):** Para determinarla se mide la amplitud máxima de las ondas corpóreas (P y S).

**Magnitud por ondas superficiales (Ms):** Para la determinación de la magnitud se toma la amplitud máxima de las ondas Rayleigh de 20 segundos de período.

**Manto terrestre:** La capa intermedia de la Tierra, entre la corteza y el núcleo. Abarca desde la base de la corteza hasta 2900 kilómetros de profundidad. Representa

el 83% del volumen de la Tierra y está compuesto por rocas silicatadas densas divididas en cierto número de capas concéntricas.

**Materiales piroclásticos:** Material fragmentario, como la ceniza, arrojado en forma explosiva por un volcán.

**Mercalli modificada, Escala de intensidad de.** Escala con valores de I a XII, empleada para describir la intensidad de un terremoto, sobre la base de los daños que causa.

**Microsismo:** Ondas sísmicas débiles y prácticamente continuas o ruido de la Tierra que sólo puede ser detectado por sismógrafos.

**Neotectónica:** Es la rama de la geología que se encarga de estudiar la deformación de la corteza terrestre en tiempos geológicos recientes, desde el Terciario Tardío hasta el presente, es decir, los últimos 2 millones de años.

**Núcleo terrestre:** Parte central de la Tierra: Se divide en núcleo externo y núcleo interno. Su parte externa es líquida puesto que no transmite las ondas S. El núcleo interno es sólido, con una densidad cinco veces superior a la de la corteza y se supone que está formado por una aleación de hierro y silicatos.

**Oceánica dorsal:** Sistema montañoso submarino que se encuentra en todos los océanos; está constituido por roca

volcánica (principalmente basalto) y muestra características producidas por tensión.

**Ondas love:** Ondas sísmicas superficiales con movimiento solo horizontal de cizalla normal a la dirección de propagación.

**Ondas P:** La primera onda, o la más rápida, viajando desde el lugar del evento sísmico a través de las rocas y que consiste en un tren de compresiones y dilataciones del material. Pueden viajar a través de los sólidos, líquidos y gases.

**Ondas Rayleigh:** Ondas sísmicas superficiales de amplitud decreciente con la profundidad; el movimiento de las partículas es elíptico retrogrado y ocurre en un plano vertical que contiene la dirección de propagación.

**Ondas S:** Ondas sísmicas secundarias, viajan más lento que las ondas P, consisten en vibraciones elásticas transversales a la dirección de recorrido. No pueden propagarse en líquidos.

**Onda sísmica:** Onda elástica, normalmente generada por un terremoto o una explosión.

**Pangea:** Nombre propuesto por Alfred Wegener para un supercontinente, compuesto de todas las masas de tierra que existían al final de la era Paleozoica.

**Período de una onda:** Intervalo de tiempo entre dos crestas sucesivas en un tren de ondas sinusoida-

les. El período es el inverso de las frecuencias en un evento cíclico.

**Placa tectónica:** Porción individual de litosfera que se mueve sobre la astenosfera.

**Plano de falla:** Plano de mayor coincidencia con la ruptura en superficie de una falla.

**Premonitores:** Terremotos pequeños que preceden al mayor de una serie, concentrada en un volumen de corteza restringido.

**Profundidad focal:** Profundidad del foco por debajo de la superficie de la Tierra.

**Refracción de una onda:** La desviación de una onda transmitida, de su dirección original de recorrido en una interfase, con un material de diferente velocidad de ondas.

**Rift:** Fosa tectónica alargada y no muy ancha.

**Región asísmica:** Aquella en que prácticamente no ocurren terremotos.

**Roca ígnea:** Cualquier roca formada por enfriamiento y cristalización de magma o lava, o por la acumulación y consolidación de materiales piroclásticos.

**Sismo secundario.** Terremoto que sigue a la sacudida principal resultante de ajustes a lo largo de una falla. Los sismos secundarios

son comunes después de un gran terremoto, pero en su mayoría son más leves que la sacudida principal.

**Riesgo sísmico:** Es el resultado de la evaluación probabilística de que en un determinado sitio y durante un tiempo de exposición determinado, las consecuencias económicas o sociales de los sismos, expresadas en unidades monetarias o en víctimas, excedan valores pre-fijados.

**Richter, escala de.** Escala de extremo abierto que mide la cantidad de energía liberada durante un terremoto.

**Rumbo:** Dirección de una línea formada por la intersección de un plano horizontal con un plano inclinado, como una capa de roca.

**Sismo:** Movimiento brusco de la corteza terrestre, capaz de cambiar por completo el paisaje de una región.

**Sismicidad:** Término que describe la actividad sísmica en una cierta área geográfica.

**Sismógrafo:** Instrumento por el cual se obtiene un registro continuo y permanente del movimiento de la Tierra, en función del tiempo.

**Sismograma:** Representación gráfica de un sismo.

**Sismología:** Rama de la geofísica

que estudia los terremotos, fuentes sísmicas y propagación de ondas a través de la Tierra.

**Sismo local o cercano:** Es todo evento sísmico situado dentro de un radio menor de 10 grados de distancia desde el punto de observación.

**Sismómetro:** Parte sensora de un sismógrafo, cuyas corrientes físicas son conocidas y por tanto su curva de calibración, permitiendo obtener un movimiento exacto de la Tierra.

**Sismoscopio:** Es un equipo o dispositivo que indica la ocurrencia de un sismo, pero no describe un registro en tiempo del mismo, solo señala la dirección del impulso principal.

**Subducción:** Es el proceso mediante el cual el material de una placa oceánica reingresa al interior de la Tierra.

**Tectónica:** Rama de las Ciencias de la Tierra que se dedica al estudio de la dinámica de la corteza terrestre, e incluye dentro de su área de interés la formación de montañas y grandes depresiones en la corteza, el levantamiento, hundimiento, desplazamiento horizontal y deformación de la corteza, y el origen y cuantificación de estos fenómenos.

**Tectónica de placas:** Teoría del movimiento e interacción de placas. Un intento de explicar

terremotos, volcanes y formación de montañas como consecuencia de movimientos superficiales horizontales.

**Telesismo:** Es todo evento sísmico distante más de 10 grados de latitud o longitud del punto de observación (sismo lejano).

**Teoría:** Una hipótesis que está apoyada por indicios experimentales o de observación.

**Teoría del rebote elástico:** La teoría de la generación de los terremotos que propone que las fallas permanecen fijas mientras se acumulan los esfuerzos lentamente en las rocas vecinas y luego se desplazan súbitamente, desprendiendo la energía acumulada.

**Terremoto:** Vibraciones de la Tierra causadas por el paso de ondas sísmicas irradiadas desde una fuente de energía elástica.

**Traza de una falla:** Es la inter-

cepción del plano de falla con la topografía.

**Tsunami:** Destructora ola de mar (marejada) generalmente producida por un terremoto, pero que también puede tener su causa en deslizamientos de tierra o erupciones bajo el mar.

**Volcán:** Montaña cónica formada alrededor de un conducto, como resultado de la erupción de lava y materiales piroplásticos.

**Zona de Benioff.** Zona estrecha definida por los focos de terremotos, de un espesor de unas decenas de Km que desciende desde la superficie bajo la corteza terrestre.

**Zona de subducción:** Zona larga y angosta en un límite de placas convergentes, donde una placa oceánica desciende insertándose debajo de otra placa; por ejemplo, la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana.



## **Anexos**



## Comentario sobre la zonificación sísmica de Venezuela

Tal y como se aprecia en el mapa de zonificación sísmica (fig. 46), Venezuela está dividida en 8 zonas a los efectos de la caracterización de su sismicidad; es decir, a cada una le corresponde un valor de amenaza sísmica.

- Peligro sísmico bajo: zonas 0- 1- 2
- Peligro sísmico intermedio: zonas 3 - 4
- Peligro sísmico elevado: zonas 5- 6- 7

Estos valores se usan con fines de ingeniería para el diseño de edificaciones de concreto armado, acero o acero-concreto. En tal sentido, vale la pena destacar que a los efectos de aplicar la Norma Covenin sobre Edificaciones Sismorresistentes, las edificaciones han sido clasificadas en tres grupos, según su uso e importancia:

**Grupo A:** Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas humanas o económicas:

- Hospitales.
- Edificios gubernamentales o municipales de importancia, monumentos y templos de valor excepcional.
- Edificios que contienen objetos de valor excepcional, como ciertos museos y bibliotecas.
- Estaciones de bomberos, de policías o cuarteles.
- Centrales eléctricas, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones. Plantas de bombeo.
- Depósitos de materias tóxicas o explosivas y centros que utilicen materiales radioactivos.
- Torres de control, hangares, centros de tráfico aéreo.
- Edificaciones educacionales.
- Edificaciones que puedan poner en peligro alguna de las de este grupo.

**Grupo B1:**

Edificaciones de uso público o privado, densamente ocupadas, permanente o temporalmente, tales como:

- Edificios con capacidad de ocupación de más de 3.000 personas o área techada de más de 20.000 m<sup>2</sup>.
- Centros de salud no incluidos en el Grupo A.

**Grupo B2:**

Edificaciones de uso público o privado, de baja ocupación:

- Viviendas.
- Edificios de apartamentos, de oficinas u hoteles.
- Bancos, restaurantes, cines y teatros.
- Almacenes y depósitos.

Conociendo el uso futuro de la edificación y la amenaza sísmica de la zona sobre la cual se va a construir (ver tabla de Zonificación Sísmica de Venezuela que aparece a continuación, la cual incluye los municipios de los 23 estados, más las islas del Caribe y el Distrito Federal) se deben tomar en cuenta, además, los siguientes aspectos:

1) Es necesario conocer el medio donde se construirán las fundaciones, por lo que se deben realizar estudios de suelos y estudios geofísicos. Estos últimos permiten caracterizar el medio desde el punto de vista de su comportamiento dinámico (roca sana / fracturada, roca blanda o meteorizada, suelos muy duros o muy densos, suelos firmes / medio densos, suelos blandos / sueltos, suelos blandos o sueltos intercalados con suelos más rígidos), a objeto de proponer la alternativa de fundación más adecuada.

2) Caracterizados los materiales que constituyen el medio se procede a determinar, a través de procedimientos analíticos, el espectro de diseño, el cual permite estimar la fuerza sísmica que debe resistir la edificación proyectada, según el valor predeterminado de la amenaza sísmica.

3) Con la información obtenida a partir de la Norma de Edificaciones Sismorresistente, más los parámetros que proveen las demás Normas de Diseño y Construcción, se

procede a elaborar y presentar el proyecto ante las instancias competentes para la construcción prevista.

4) Finalmente, se inicia la construcción, la cual debe cumplir con las especificaciones acordadas en el proyecto. En esta fase es necesaria la supervisión e inspección de un ingeniero representante de la ingeniería municipal.

El comentario anterior tiene que ver, única y exclusivamente, con la construcción de futuras edificaciones, según las tres categorías propuestas, por cuanto las construcciones similares ya levantadas sobre zonas de riesgo sísmico sólo serán evaluadas si es necesario, en cuyo caso dicha evaluación debe estar bajo la responsabilidad de personal altamente calificado.

## ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA

---

|                   |   |                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AMAZONAS</b>   | 1 | Atures                                                                                                                                                                                                                                         |
|                   | 0 | Autana, Manapiare, Atabapo, Alto Orinoco, Guainia, Río Negro.                                                                                                                                                                                  |
| <b>ANZOÁTEGUI</b> | 6 | Guanta, Juan Antonio Sotillo, Turístico Diego Bautista Urbaneja.                                                                                                                                                                               |
|                   | 5 | Píritu, Libertad, Fernando de Peñalver, San Juan de Capistrano, Simón Bolívar y área del Municipio Pedro María Freites al Norte de la Carretera La Encrucijada-La Ceiba-El Tejero.                                                             |
|                   | 4 | San José de Guanipa, Simón Rodríguez, Aragua, Santa Ana, Anaco, Juan Manuel Cajigal, Francisco del Carmen Carvajal, Manuel Ezequiel Bruzual, área del Municipio Pedro María Freites, al Sur de la Carretera La Encrucijada-La Ceiba-El Tejero. |
|                   | 3 | Sir Arthur Mc Gregor, Francisco de Miranda, Independencia.                                                                                                                                                                                     |
|                   | 2 | José Gregorio Monagas.                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>APURE</b>      | 4 | Área del Municipio Páez, al Oeste del meridiano 71° W.                                                                                                                                                                                         |
|                   | 3 | Páez, excluida el área al Oeste del meridiano 71° W.                                                                                                                                                                                           |
|                   | 2 | Rómulo Gallegos, Muñoz, Achaguas, Biruaca, San Fernando, y área del Municipio Pedro Camejo ubicada al Norte del paralelo 7° N                                                                                                                  |
|                   | 1 | Área del Municipio Pedro Camejo ubicada al Sur del paralelo 7° N.                                                                                                                                                                              |
| <b>ARAGUA</b>     | 5 | Tovar, Santiago Mariño, Mario Briceño Iragorry, Girardot, Francisco Linares Alcántara.                                                                                                                                                         |
|                   | 4 | Santos Michelena, Bolívar, Sucre, Rivas, Zamora, San Sebastián, San Casimiro, Libertador, José Angel Lamas, José Rafael Revenga.                                                                                                               |
|                   | 3 | Camatagua, Urdaneta.                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>BARINAS</b>    | 4 | Alberto Arvelo Torrealba, Municipio Cruz Paredes, Bolívar, y áreas al Noroeste de los Ezequiel Zamora, Antonio José de Sucre, Peraza, Barinas y Obispos, limitadas por una línea                                                               |

## ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA

---

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | paralela a la carretera Santa Bárbara-Boconoíto, unos 10 km. al sureste de ésta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                          | 3 Resto del estado, excluidas las áreas en Zona 4 y Arismendi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                          | 2 Arismendi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>BOLÍVAR</b>           | <p>3 Caroní, Padre Pedro Chien, y área del Municipio Piar al Norte del paralelo 8° N.</p> <p>2 Heres, Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Leoni, Sifontes, Roscio y El Callao, ubicadas al Norte del paralelo 7° N, y Área del Municipio Piar al Norte de paralelo 7° N y al Sur del paralelo 8° N.</p> <p>1 Gran Sabana, y Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Leoni, Sifontes, José Tadeo Monagas, Piar y El Callao ubicadas al Sur del paralelo 7° N.</p> <p>0 Resto del estado.</p> |
| <b>CARABOBO</b>          | <p>5 Guacara, San Diego, Naguanagua, Montalbán, Miranda, Los Guayos, Juan José Mora, Puerto Cabello, Bejuma, San Joaquín, Diego Ibarra, Lago de Valencia, y Áreas de los Municipios Valencia y Libertador al Norte del paralelo 10° N.</p> <p>4 Carlos Arvelo, Valencia y Libertador al Sur del paralelo 10° N.</p>                                                                                                                                                                                     |
| <b>COJEDES</b>           | <p>4 Anzoátegui, San Carlos, Lima Blanco, Falcón.</p> <p>3 Girardot, Ricaurte, Rómulo Gallegos, Tinaco, Pao de San Juan Bautista.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>DELTA<br/>AMACURO</b> | <p>Pedernales, Tucupita, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas en el Delta al Norte del Río Orinoco.</p> <p>4 Casacoima, y áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del Río Orinoco.</p> <p>3 Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del paralelo 8° N.</p>                                                                                                                                                                                                                           |

## ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA

---

|                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DTTO.<br/>CAPITAL</b> | 5 | Todo el distrito.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>FALCÓN</b>            | 4 | Monseñor Iturriza, Silva.                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                          | 3 | Resto del estado.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                          | 2 | Municipios: Falcón, Carirubana, Los Taques.                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>GUÁRICO</b>           | 3 | Municipios: Ortíz, Juan Germán Roscio, Julián Mellado, Chaguaramas, José Tadeo Monagas, San José de Guaribe, José Félix Ribas, Pedro Zaraza, y área del Municipio Leonardo Infante al Norte del paralelo 9° N.                                                                     |
|                          | 2 | Camaguán, San Gerónimo de Guayabal, Francisco de Miranda, El Socorro, Santa María de Ipire, Las Mercedes, y Área del Municipio Leonardo Infante al Sur del paralelo 9° N.                                                                                                          |
| <b>LARA</b>              | 5 | Morán, Andrés Eloy Blanco, Jiménez, Iribarren, Palavecino, Simón Planas, Crespo.                                                                                                                                                                                                   |
|                          | 4 | Torres y Urdaneta.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>MÉRIDA</b>            | 5 | Tovar, Antonio Pinto Salinas, Guaraque, Sucre, Andrés Bello, Caracciolo Parra Olmedo, Justo Briceño, Miranda, Rangel, Libertador, Campo Elías, Arzobispo Chacón, Aricagua, Zea, Rivas Dávila, Julio Cesar Salas, Pueblo Llano, Cardenal Quintero, Santos Marquina y Padre Noguera. |
|                          | 4 | Alberto Adriani, Obispo Ramos de Lora, Tulio Febres Cordero y Julio César Salas.                                                                                                                                                                                                   |
| <b>MIRANDA</b>           | 5 | Andrés Bello, Buroz, Brión, Zamora, Plaza, Sucre, Chacao, Guaicaipuro, El Hatillo, Baruta, Los Salias, Carrizal, y áreas de los Municipios Páez y Pedro Gual al Norte de la Autopista de Oriente.                                                                                  |
|                          | 4 | Urdaneta, Paz Castillo, Lander, Acevedo, Cristóbal Rojas, Simón Bolívar, Independencia, y áreas de los Municipios Páez y Pedro Gual al Sur de la Autopista de Oriente.                                                                                                             |

**ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA**

|                      |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MONAGAS</b>       | 6 | Acosta, Piar, Caripe, Bolívar, Punceres.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      | 5 | Cedeño, Ezequiel Zamora, Santa Bárbara, y área del Municipio Maturín al Norte del paralelo 9° N.                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                      | 4 | Aguasay, Libertador, Uracoa, Sotillo, y área del Municipio Maturín al Sur del paralelo 9° N.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>NUEVA ESPARTA</b> | 5 | Todo el estado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>PORTUGUESA</b>    | 4 | San Jenaro de Boconoíto, Sucre, Guanare, Monseñor José Vicente de Unda, Ospino, Esteller, Araure, Páez, Agua Blanca, San Rafael de Onoto.                                                                                                                                                                                                             |
|                      | 3 | Guanarito, Papelón, Santa Rosalía, Turén.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>SUCRE</b>         | 7 | Áreas situadas al Norte del paralelo que pasa por la costa Norte del Golfo de Santa Fe (aproximadamente a 10° 20' N).                                                                                                                                                                                                                                 |
|                      | 6 | Resto del Estado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>TÁCHIRA</b>       | 5 | Simón Rodríguez, Antonio Rómulo Costa, Seboruco, José María Vargas, Michelena, Andrés Bello, Guasimos, Independencia, Lobatera, Pedro María Ureña, Libertad, Bolívar, Rafael Urdaneta, Junín, Torbes, San Cristóbal, Cadenas, Sucre, Francisco de Miranda, Córdoba, Fernández Feo, Libertador, Ayacucho, Jáuregui, Uribante y Samuel Darío Maldonado. |
|                      | 4 | García de Hevia, Panamericano.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>TRUJILLO</b>      | 5 | Valera, Urdaneta, Boconó, Carache, Trujillo, Pampán, Candelaria, Pampanito, San Rafael de Carvajal, Juan Vicente, Campo Elías.                                                                                                                                                                                                                        |
|                      | 4 | La Ceiba, Monte Carmelo, Bolívar, Sucre, Miranda, Andrés Bello, José Felipe Márquez Cañizales, Motatán, Rafael Rangel, Escuque.                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>YARACUY</b>       | 4 | Bolívar, Manuel Monge.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                      | 5 | Veroes, San Felipe, Bruzual, Peña, Nirgua, Independencia, Cocorote, Sucre, Arístides Bastidas, La Trinidad, Urachiche, José Antonio Páez.                                                                                                                                                                                                             |

## ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA

---

|                             |   |                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VARGAS</b>               | 5 | Todo el estado.                                                                                                                                                                                           |
| <b>ZULIA</b>                | 4 | Jesús María Semprún, Catatumbo, Colón, Francisco Javier Pulgar, Sucre.                                                                                                                                    |
|                             | 3 | Mara, Jesús Enrique Lossada, Maracaibo, San Francisco, La Cañada de Urdaneta, Rosario de Perijá, Machiques de Perijá, Baralt, Valmore Rodríguez, Lagunillas, Cabimas, Santa Rita, Miranda, Simón Bolívar. |
|                             | 2 | Municipios: Páez, Almirante Padilla                                                                                                                                                                       |
| <b>ISLAS<br/>DEL CARIBE</b> | 5 | Todas las islas de la región del Caribe                                                                                                                                                                   |

## Canciones populares

### La tierra siempre tiembla \*

La tierra siempre  
tiembla  
tiembla sin parar  
a veces tiembla menos  
a veces tiembla más.

Pero si tiembla mucho  
te tienes que cuidar  
porque si no lo haces  
algo te pasará

¿Qué debo hacer?  
Me debo proteger  
buscar bajo la mesa  
meterme en el dintel

¿Qué debo hacer?  
Tranquilo, no gritar  
que si yo grito mucho  
otros temerán

¿Qué debo hacer?  
Yo debo esperar  
mis padres pronto  
me vendrán a buscar

¿Qué debo hacer?  
Lejos de los vidrios  
me tengo que poner  
ellos caerán y me  
pueden romper

¿Qué debo hacer?  
Tengo que ayudar  
a mayores y menores  
que no puedan caminar

---

(\*) Estribillo de la canción ecuatoriana cuando “Terremotea”

## En caso de terremoto

**Género:** Corrido

**Letra:** Dinaida Hernández, Departamento de Geografía  
e Historia del Instituto Pedagógico de Caracas

### I

Hola amiguitos queridos  
les he venido a cantar  
algo muy interesante y  
que debes recordar.  
Es sobre los terremotos  
lo que te quiero cantar  
pon atención amiguito  
esto debes recordar.  
Durante un temblor de tierra  
no te debes asustar  
porque si estas precavido  
nada te podrá pasar.  
Si te encuentras en tu casa  
o en tu colegio verás  
que si vas bajo una mesa  
más seguro estarás.

### II

Aléjate de ventanas  
y de puertas de cristal  
pa' que no corras el riesgo  
que te llegues a cortar.  
Y si estás al aire libre  
tú te debes alejar  
de edificios, grandes árboles,  
electricidad y demás.  
Si estás en la carretera  
viajando con tu papá  
dile a él que se dirija

donde puentes no hayan más,

donde no haya elevados,  
donde pueda estacionar  
en un área muy segura,  
y en tu carro, te estarás.

### III

Ahora quiero decirte  
lo que debes realizar  
después que pase el temblor  
y no te haya pasado na'.  
Dile a tu padre querido  
que debe desconectar  
instalación, tuberías  
de gas y electricidad.  
Otras cosas amiguitos  
que debemos recordar:  
No te quites los zapatos  
porque te puedes cortar.  
Si se derraman sustancias,  
es preciso recordar  
después que pase el temblor  
pronto las debes limpiar.

### IV

Utilizar el teléfono  
si hay mucha necesidad.  
Es mejor usar tu radio,  
pa' que puedas escuchar  
las instrucciones precisas  
las que debes acatar  
para que estés protegido  
con los tuyos donde estás.  
Por eso, querido amigo  
antes de que haya temblor  
debes tener a tu alcance



## Mitos y leyendas sobre sismos y otros fenómenos naturales

El venezolano, ese ser increíble, es un contador de fábulas. Así sustentó los fenómenos naturales para los que no tenía explicación. En el caso de los sismos se buscó algunas explicaciones alejadas de la verificación científica. Uno de esos mitos relaciona el aumento de calor con la ocurrencia de un sismo. Nada más alejado de la realidad si se piensa en el terremoto de Anchorage, Alaska, ocurrido en 1964; allí, en una de las regiones más gélidas del planeta, a miles de kilómetros de distancia de América del Sur, sucedió un terremoto de magnitud 8.6. Tres años más tarde, en plena época de verano, en la muy cosmopolita Caracas, ocurrió un sismo de magnitud 6.5. Visto estos dos ejemplos, cabría decir que la ocurrencia de un sismo nada tiene que ver con las situaciones extremas de las temporadas de sequía e invierno. El calor es, entonces, un fenómeno climático que no tiene absolutamente nada que ver con los sismos que afectan la corteza terrestre.

Otro mito es que “los sismos producen grietas que se tragan a la gente”. Hasta la fecha no se tiene noticias sobre ningún ser viviente que haya sido “tragado” por un sismo, claro que hay fracturas en la corteza terrestre, así sucedió en Cariaco, donde el desplazamiento cosísmico -nombre técnico que recibe el fenómeno- no pasó de 45 cms. Vale la pena comentar que en algunos pueblos de los Andes los lugareños colocaban un tronco o madero fuerte en el solar de las casas a donde corrían a montarse para evitar que la tierra se los tragara.

También hay quien ha creído ver bólicos momentos antes de un sismo y quienes se han dado a la tarea de hacer predicciones astrológicas sin fundamento.

Asimismo, se dice, se comenta, que en el seno del ce-

rro Avila dormita un volcán, que en cualquier momento puede desperezarse y que como resultado de tan singular movimiento puede acabar con Caracas. Vanas y simples especulaciones que tienen resonancia en los oídos de gente variada, quienes van así repitiendo tal desaguizado y haciendo de la especie un gran mito, que corre de boca en boca. La verdad es que este tipo de comentarios no tiene ningún sentido y, menos aún, un asidero científico... sólo que a los venezolanos nos encanta la especulación aunque la misma nos llene de miedo y pavor.

En apoyo a lo emitido, cabe decir que “en Venezuela no existen volcanes activos”, de lo que se deduce que no es nada seria la consideración de que el Macizo del Avila es un volcán. “Una predicción de la ocurrencia de un desastre volcánico es factible, en principio, si se parte de la posibilidad de reconocer los precursores de éste y al respecto son oportunas las siguientes reflexiones:

- ✓ ¿Cuántos procesos anteriores de actividad del Avila se conocen?
- ✓ ¿Son las características geológicas del Avila, las de un volcán?
- ✓ ¿En qué lugar del estado Vargas, del Distrito Capital o del estado Miranda han parado los flujos piroclásticos de erupciones avileñas bien identificados y descritos, toda vez que hasta se ha hablado de piedra pómez en su seno?

En síntesis, no reconocer investigaciones realizadas por universidades e institutos de investigación, sustentadas en datos y hechos geológicos y científicamente conocidos es menos que irresponsable” (Rodríguez, 2000).

Por otro lado, “mucho se ha hablado de los manantiales termales del Avila y su actuación en la catástrofe como poderoso agente provocador de serias quemaduras en las personas que fueron evacuadas del estado Vargas en diciembre de 1999 e incluso en las que salieron a sus expensas buscando donde guarecerse.

Al respecto es necesario mencionar que en la región

Central de Venezuela están distribuidas tres fajas muy bien definidas de manifestaciones geotérmicas (sulfurosas, termales o frías), según señala Urbani (1991): faja costera, faja de los valles intermedios y faja piemontina, conociéndose su aparición de manera intermitente desde el siglo XIX en la zona de Maiquetía, pero sin peligro para la comunidad, siendo la temperatura máxima reportada de 30°C y conocidas las surgencias como Manantiales de Quenepe”.

El Avila ha sido, pues, objeto de estudio de muchos hombres de ciencia: Humboldt y Bompland en 1800, Boussigault en 1822, Juan Manuel Cagigal en 1833, Lisboa en 1852, Linden en 1842, Moritz en 1843, Goering en 1972, Spence en la misma época así como Aveledo en 1884, Jahn y Rohl en el siglo XX. Para ellos los misterios fueron develados, tan es así que Jean Baptiste Boussingault, en carta enviada a su madre en 1823 le decía:

*Hemos tranquilizado un tanto a las damas (de Caracas), que nos aseguraban que sobre estas montañas existía un volcán; en lugar de un volcán hemos hallado que la cima de la Silla está cubierta de un lindo bosque de laureles y granados...*

Leonard Dalton, geólogo petrolero y miembro de la Geological Society y de la Royal Geographical Society desde 1905, estuvo en Venezuela y fruto de sus observaciones publicó un libro en 1912 con reimpresiones en 1916 y 1918, en el que expone:

*En Venezuela no se conoce la existencia de ningún volcán activo ni de extinción reciente....*

Más recientemente Francisco Herrera Luque, médico, historiador y novelista ya fallecido, relata en *El misterio de Caraballeda*, correspondiente al capítulo 75 de la *Historia Fabulada*, tomo N°. 1, la desaparición de la población de la localidad en los siguientes términos:

*(...) Otra tiene que ser la explicación de su abandono por tanto tiempo.*

NARRADOR 2: *¿Cuál puede ser?*

NARRADOR 1: *Yo le oí decir a mi abuelo, que los caraqueños recomendaban no vivir al pie del Avila...*

NARRADOR 2: *(interrumpiendo): ¿Por qué? ¿Y que era un volcán de azufre?*

NARRADOR 1: *Eso mismo.*

NARRADOR 2: *El Avila, sin embargo no tiene estructura volcánica ...*

## **Sismos y presidentes de Venezuela**

La historia sísmica nacional recoge testimonios y anécdotas que involucran a mandatarios venezolanos quienes, en diferentes épocas, se han convertido en testigos, presenciales o no, de este tipo de eventos. Antonio Guzmán Blanco, Cipriano Castro y Juan Vicente Gómez son tres de los personajes escogidos para establecer sus relaciones con los sismos de 1875, 1900 y 1929.

### **El poderoso sismo de 1875 y Antonio Guzmán Blanco**

Fecha: 18 de mayo de 1875. Hora: 11:15 de la mañana. San José de Cúcuta, población fronteriza colombiana que colinda con San Antonio del Táchira, es destruida por un poderoso sismo, comparable con el ocurrido en Caracas en 1812.

Dicho sismo afectó poblaciones venezolanas como San Antonio, San Cristóbal, Táriba, La Grita Ureña, Lobatera, Michelena, Capacho, Colón y Borotá, entre otras localidades. Se sintió, asimismo, en Caracas, Mérida y Maracaibo y afectó el comercio entre el Táchira y Maracaibo, el cual se hacía en aquel entonces vía Cúcuta.

No se tienen evidencias de que el General Antonio Guzmán Blanco, presidente de Venezuela durante “El Septenio” (1870-1877), haya sido testigo de este evento sísmico; sin embargo, según lo destaca el profesor Pedro Cunil-Graü (1993), estuvo informado de los destrozos causados en los poblados andinos. Del trabajo del conocido investigador se tomó la siguiente carta enviada por José Antonio Baldó a Guzmán Blanco, en donde se le refieren datos de la sacudida sísmica y algunas consideraciones de orden político-comercial.

Señor General

Antonio Guzmán Blanco

Caracas.

San Cristóbal, Junio 12 de 1875

*Respetado General y amigo:*

*Colectivamente con los Generales Márquez y Medina escribí a Ud. al tercer día del infausto suceso del 18 del pasado que destruyó doce de los principales pueblos del Táchira, originándole este accidente una pérdida de diez millones de pesos por lo menos y haciéndolo retrogradar en la próspera marcha de dos a tres lustros.*

*Los valles de Cúcuta y muy especialmente las ciudades de San José y del Rosario, así como San Antonio del Táchira fueron destruidas por completo; no corrieron esta misma suerte San Cristóbal y Táriba, donde han quedado en pie el 25% de sus casas.*

*El Gobierno nacional de Colombia, impuesto inmediatamente por medio del telégrafo de la destrucción de Cúcuta, envió una comisión compuesta de catorce miembros, entre los cuales se cuentan médicos, cirujanos, geólogos, químicos, etc., para auxiliar a los desgraciados y estudiar las condiciones del terreno y de las varias fuentes termales que se consideran causa del accidente. También han llegado recursos de Bogotá y del Socorro, de dinero, víveres y vestuarios; y el mismo Dr. Aquiles Parra, Presidente de Santander, vino a las ruinas con fuerza armada a contener el desorden de los ladrones y a dictar medidas en el sentido de una nueva organización.*

*Mucho interés he observado en aquellos señores para conservar a todo trance nuestro tránsito por su territorio, y lo prueba el establecimiento inmediato de la Aduana de Cúcuta en las Bodegas de San Buenaventura, y la habilitación del camino carretero, que no está completamente concluido, para el servicio público. Y por ahí será el tránsito mientras nosotros no tengamos nuestra vía propia; y será únicamente al amparo de ese tránsito que Cúcuta volverá a ser, pero sin esta circunstancia quedará para siempre sepultado.*

*Supongo que Ud. habrá meditado sobre la ventajosa situación en que nos ha colocado el terremoto, si atendemos a los intereses del porvenir, y que con su claro talento habrá resuelto definitivamente la cuestión. San Faustino, decretando, si posible fuere, la eliminación del tránsito por Colombia y sabiendo cuanto antes el camino de*

*esta ciudad a Santa Cruz que indudablemente es la mejor vía. Si el río Zulia tuviera las condiciones del Escalante de seguro que no se habrían perdido los 18 mil quintales de café con el incendio de las Bodegas de Los Cachos que por la sequía del río estaban llenas de ese fruto hacía tres meses.*

*Tengo para mí que aparte de las altas y enérgicas medidas que Ud. dicte para volver a la vida estos pueblos que bien merecen un decidido apoyo de su Gobierno paternal y justo, este territorio demanda una organización especial y a su frente un hombre de acción, de interés y patriotismo. Hoy, más que nunca, el Táchira reclama al General Zavarse porque comprende que su suerte no puede serle indiferente y que hará más que otro por reponerlo de su quebranto.*

*Acaso sería conveniente, entre las medidas que han de dictarse para reponer estos pueblos y volverlos cuando antes a su anterior movimiento, la de favorecer su comercio con la rebaja de un tanto por ciento en los derechos de importación.*

*Me repito de Ud. respetuoso amigo.*

*José Antonio Baldó.*

El sismo del 12 de junio de 1875, afectó las instalaciones de La Mulera, Fundo donde vivía la familia de quien sería apodado, posteriormente, como El Benemérito Juan Vicente Gómez quien, con tan sólo 18 años, fue sorprendido por el terremoto en la ciudad de Cúcuta, experiencia de la cual el mismo dejó constancia 60 años después, según lo testimonia el historiador Manuel Caballero en “Gómez, el tirano liberal”. En torno a algunos hechos del episodio sufrido por Gómez, relata Cordero Velázquez (1992):

*“...Al sobrevenir el terremoto que cubre de ruinas la ciudad de Cúcuta, salva [se refiere a Gómez] parte de las mercancías sepultadas en los escombros del negocio; pero retornará al hogar, llamado por su padre, pues también en San Antonio y en La Mulera los embates del mismo causan estragos de consideración...”*

### **El sismo de 1900\*: un balcón y un susto sorprende a Cipriano Castro**

El “siempre vencedor, jamás vencido” (Maldonado-Bourgoin, 1994), Cipriano Castro, quien ocupaba la Casa Amarilla en la ocasión del sismo del 29 de Octubre de 1900 se lanza del quinto balcón de la fachada norte de la entonces residencia presidencial en camisa de dormir, cayendo a los pies de Don Víctor Dugand, paraguas en mano a guisa de paracaídas que detuviera su caída, según refiere el propio autor basado en tradición oral familiar, afectándose un tobillo. Para unos fractura, para otros un esguince.

Independientemente de la situación ortopédica del tobillo presidencial, el sismo hace que el caudillo de la revolución de los 60, quien dirigió tropa andina hasta llegar a Caracas, pierda la compostura motivado a la desconfianza por los sismos desde aquel evento lejano que sacude los Andes en 1894 y que es conocido como *El Gran Terremoto de Los Andes*. Otras opiniones señalan como responsable del pánico del presidente al sismo de Cúcuta de 1875 que además de muchos poblados de los andes venezolanos, encontró al mandatario nacional en su pueblo natal, Capacho (A. Singer, *comunicación personal*, 1995) y hete aquí que paró en el suelo, naciendo el verso popular que a continuación se menciona:

*“Fue tan fuerte el crujido que oí  
que de Zoila, por Dios, me olvidé”.*

Tal acontecimiento, que provocó serios destrozos en Caracas, motivó, que Castro solicitara ser llevado a un lugar más tranquilo, donde reponer su afectado pie. Entonces se le indica como sitio seguro Miraflores, atendiendo a la existencia en dicho inmueble de una habitación “antiterremotos” (Rodríguez, 1996).

---

(\*) Evento singular en la historia de la sismología venezolana. Aparece reseñado en el Catálogo de Edimburgo como el primer sismo instrumental captado por la red mundial e igualmente es publicado por el Comité de Sismología de la Sociedad Británica para el Avance de la Ciencia en un listado de sismos de gran magnitud que abarca el periodo 1899-1903 (Rodríguez, 1996) Se considera como el último de los sismos históricos de Venezuela, por la escasez de instrumentación sísmica en esos tiempos.

Su construcción, según refiere El Cojo Ilustrado, “...es esencialmente una armazón de hierro dispuesta de tal modo que en absoluto puede ser quebrantada por movimientos sísmicos...”. (Soto & Herrera, 1978).

La noticia corrió por la nación y en algunos expedientes para el estudio de este sismo curiosamente se destaca más la preocupación por el estado de la averiada pierna de Cipriano Castro, que los estragos causados por el mismo. (Rodríguez, 1996).

### **Juan Vicente Gómez: tras la pista del terremoto de 1929**

El sismo del 17/01/1929, ocurrido en Cumaná, uno de los más violentos y destructores que se haya producido en el estado Sucre (Rodríguez & Chacín, 1995), generó el primer informe técnico de un sismo en Venezuela realizado por Paige y recogido en el boletín sismológico de la sociedad americana (Paige, 1930). El evento se caracterizó por presentar actividad previa antes del movimiento principal, ocurrido a la 7:30 de la mañana.

Un artículo de El Universal, publicado un día después, señala:

*“Parece ser que contribuyó a impedir que el número de víctimas no fuera mayor, la circunstancia de... haberse sentido una sacudida inicial de solo mediana intensidad aunque dió tiempo a casi toda la población a echarse fuera de las casas.”*

Si bien Juan Vicente Gómez no fue testigo de este potente evento telúrico que afectó la región oriental de Venezuela, tuvo una muy fuerte participación, por cuanto siguió paso a paso lo que ocurría en la Cumaná, aislada de accesos carreteros y vías de penetración y en la que eran necesarios 3 días de viaje en “vapor” para llegar a tierra cumanesa.

Fue el primero en recibir la noticia del sismo enviada por el General Garbi, presidente del estado en un telegrama (Rodríguez & Chacín, 1995) que dice:

*De Cumaná (vía S.S. COMMEWIJNE), 17 de enero; 10:10 am.*

*Cumplo doloroso deber comunicarle a las 7 am de hoy ocurrió esta ciudad horroroso terremoto quedando la totalidad de las casas destruidas y calculando que los muertos y heridos son de bastante consideración... detalles minuciosos después.*

*Amigo y subalterno,  
José Garbí.*

Muchos son los telegramas y correspondencia recibidas por Gómez. Pedimentos de dinero, permisos para ir a Cumaná, informes de las Juntas de Socorro y adhesión de los presidentes de estado. Se registran hasta un total de 147 entradas mínimas de información (Rodríguez & Chacín, 1996).

## Bibliografía

- AUDEMARD, Franck. 1996. *Contribución del Dr. Carlos Schubert Paetow (1938-1994) al conocimiento de la Neotectónica del Caribe: visión crítica de un colega neotectonista*. Bol., Soc. Venezolana de Geól., Vol 21, N° 2, 23-37
- BOLT, Bruce. 1981. *Terremotos*. Editorial Reverté S.A. España. pp.263
- CABALLERO, M. Gómez. 1993. *"El tirano liberal"*. Monte Ávila Editores Latinoamericana. 383 p.
- CENTENO GRAÜ, Melchor. 1969. *Estudios Sismológicos*. 2ª Ed. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Vol.8, Caracas, 365 p.
- CORDERO VELÁSQUEZ, L. 1992. *Gómez y las fuerzas vivas ... y anecdotario*. 4ª Ed. Doña M. (Ed.), Caracas, 213 p.
- CUNILL - GRAÜ, Pedro. 1993. *Guzmán Blanco y el Táchira*. Biblioteca de Autores y Temas Tachirenses, 114. (Caracas), 464 p.
- EL UNIVERSAL. 1997. *Un aula sísmica para salvar vidas*, julio 15
- FUNDACIÓN POLAR. 1988. *Diccionario de Historia de Venezuela*. Editorial Ex Libris, Caracas, pp. 646.
- FUNVISIS. 1982. *El sismo del Táchira del 18 de octubre de 1981*, Serie Técnica 01-82., pp 104.
- FUNVISIS. 1997. *Evaluación Preliminar del sismo de Cariaco del 9 de julio de 1997, estado Sucre, Venezuela (Visión Preliminar)*. Caracas, Octubre 1997, pp 123.
- GRASES G., José. 1990. *Terremotos destructores del Caribe 1502-1990*. UNESCO- RELACIS, Caracas, pp. 132.
- GRASES G. J; Altez R; Lugo M. 1999. *Catálogo de sismos sentidos o destructores. Venezuela 1530-1998*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Fac. de Ingeniería/ Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 654
- KULHANEK, O. 1990. *Anatomy of Seismograms*. Elsevier Science B.V., II Edición,

1997. Amsterdam, Netherlands. pp-169. Development in Solid Earth Geophysics.
- MALDONADO-BURGOIN, C. 1994. *La Casa Amarilla: enclave histórico de Venezuela*. Ediciones de la Presidencia de la República / Ministerio de Relaciones Exteriores., Caracas. 401 p.
- MOORE, ELDRIDGE M. 1996. *Volcanes y Terremotos*. Editorial Debate. España, pp-64
- PAIGE, S. 1930. "The earthquake at Cumaná, Venezuela, January 17, 1929". Bull. Seism. Soc. Am., 20(1):1-10.
- RAMÍREZ, J. E. 1975. "*Historia de los terremotos en Colombia*". Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Investigaciones y Divulgación Geográfica. 2ª. Ed. Bogotá-Colombia, 215 p.
- RICHTER, Charles Francis. 2000. Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000 © 1993-1999.
- RODRÍGUEZ, J. A. 1996. "*Aprender del pasado, cuatro huellas en la memoria sísmica del país*". Boletín Soc. Venezolana de Historia de las Geociencias. Diciembre, 59:37-45 p.
- RODRÍGUEZ, J. A. 2000. Mitos en torno al macizo del Avila y la ciudad de Caracas. La información en tiempos de desastres, IV Simposio de Historia de las Geociencias en Venezuela, UCV,
- RODRÍGUEZ, J. A. & Chacín, C. 1995. *Relación documentada del sismo de Cumaná del año 1929*. Bol. Soc. Venezolana Hist. Geociencias. Soc. Venez. Hist. Geociencias, Marzo, 1995, 53:1-6.
- SOTO, C. & HERRERA, M. 1987. *Guía al Archivo Histórico de Miraflores*. Ediciones de la Presidencia de la República. Lit. Tecnocolor, Caracas, 479 p.
- UDÍAS V., Agustín y MEZCUA R., Julio. 1997. *Fundamentos de Sismología*. Universidad Centroamericana José Simón Cañas, Segunda Edición, UCA Editores, El Salvador. pp. 199.
- [www.usgs.org/earthquake](http://www.usgs.org/earthquake)



