

# CRUZ ROJA COLOMBIANA



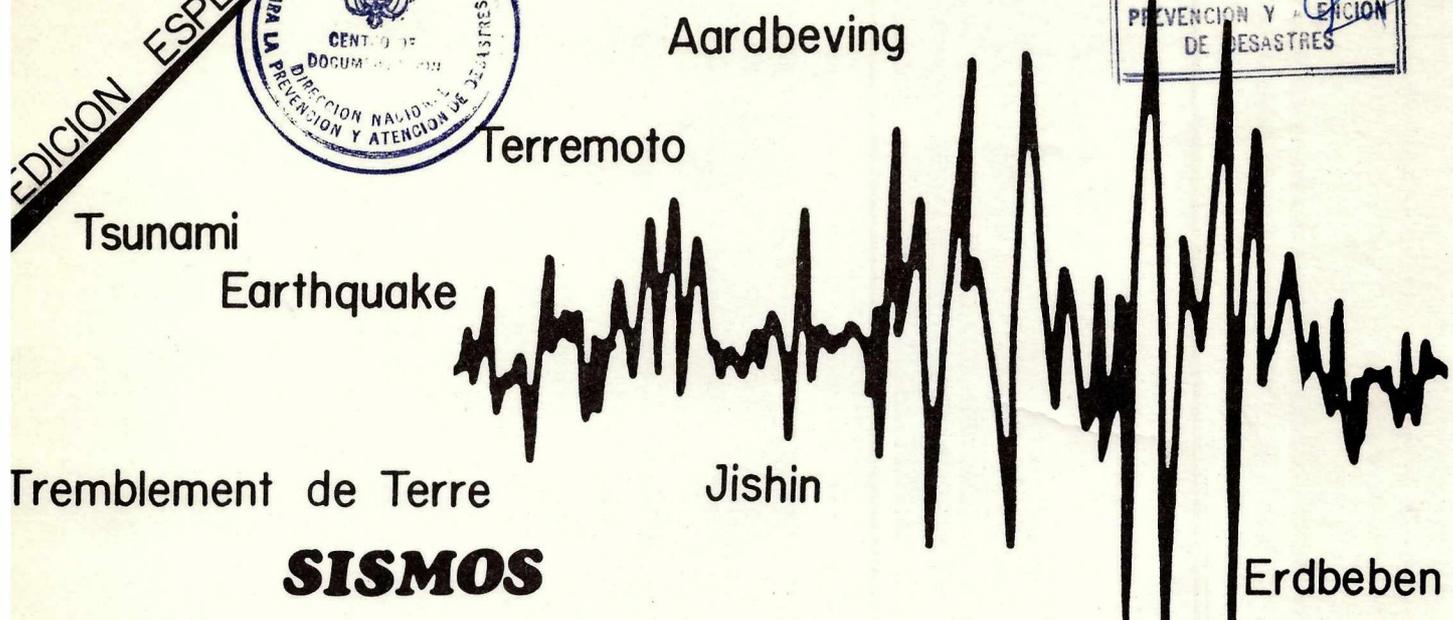
Seccional Cundinamarca Bogotá  
JEFATURA DE SOCORROS



## BOLETIN DE SOCORROS

Año: 3 Número 14 Mes( Enero ) Director. JEFE DE SOCORRO Jairo Moreno

EDICION ESPECIAL



Sismo o seismo es una palabra de origen griego que abarca otros vocablos dentro de su contexto como son: terremoto (del latín terraemotus) o temblor, usadas estas generalmente en Sur América, dado que las dos últimas difieren de acuerdo a su intensidad y magnitud, definiremos la palabra sismo en un nivel general.

El sismo es un movimiento originado por fenómenos geológicos o causas artificiales, en un punto de la corteza terrestre, que se propaga en forma de ondas concéntricas a dicho punto, haciendo oscilar la superficie de la tierra en diferentes direcciones.

En general cuando los sismos sobrepasan un determinado nivel de intensidad y ocasionan daño reciben el nombre de terremotos y cuando sólo alcanzan a ser percibidos toman la denominación de temblores, como es obvio los estudios orientados a este aspecto tienden a hacer énfasis en el análisis de los terremotos por ser éstos los movimientos sísmicos que mayor relación y repercusión presentan sobre los asentamientos humanos.

### HOMENAJE POSTUMO

En fechas recientes y con un intervalo de tiempo relativamente corto han fallecido dos de los más importantes sismólogos del mundo, en Pasadena California, Charles F Richter el día 1 de octubre y en la Paz Bolivia el padre jesuita José Rafael Goberna, el día 6 de diciembre del presente año. Las investigaciones y desarrollos tecnológicos logrados por los científicos han sido de magnitud y valor incalculable; más aún para el soporte de la tecnología de socorro, que se debe desarrollar en países con alto grado de vulnerabilidad sísmica como son los de Suramérica. Desde este medio deseamos rendir un homenaje póstumo a la memoria de los dos; realizando una edición especial sobre sismos, y mostrando aspectos importantes de las vidas y realizaciones de los dos científicos.

## CLASIFICACION DE LOS SISMOS.

En general es posible clasificar los sismos en tres clases: Tectónicos, Volcánicos y Plutónicos.

**Tectónicos** Cuando los sismos implican una deformación de la corteza terrestre en forma de pliegues o fracturas se llaman tectónicos o de carácter estructural (del griego Tekto= Construir) son éstos los de mayor interés por cuanto la energía liberada es extraordinariamente mayor que la de los otros dos tipos y en general poseen características de terremoto, su origen está asociado a la constante deformación de la corteza terrestre, estudio que puede complementarse con el análisis de las teorías "tectónica de placas" y de "rebote elástico".

**Volcánicos** Son aquellos que tienen como causa inmediata el volcanismo, siendo producidos por fuerzas provenientes de fracturas, explosiones o fallas dentro del cono del volcán que son resultado de la presión o la contracción de la lava a grandes profundidades, en general están circunscritos a la falda del volcán o regiones circunvecinas, conservan en general características de temblor, su energía total es pequeña ocasionando daños apreciables solo en las inmediaciones del volcán.

**Plutónicos** Son aquellos que tienen origen a profundidades muy grandes, se caracterizan por la gran cantidad de energía que liberan y porque se sienten en una gran extensión sin causar mayores daños en la superficie, debido a que las ondas llegan ya muy amortiguadas.

## ORIGENES SISMICOS.

Entre las muchas hipótesis formuladas para explicar el origen de los sismos existen algunas que deben ser consideradas en prioridad a manera de información científica, como por ejemplo:

- a. La posible contracción de la tierra desde su origen hasta hoy, por los procesos de radiación, conductibilidad y convección del calor que ocasionarían un gradual enfriamiento y una consiguiente contracción de la tierra, produciéndose un arrugamiento y desplome por plegamiento y rotura a lo largo de zonas de debilidad.
- b. La descompensación de la condición de balance hidrostático o isostasia, de diferentes segmentos de la corteza terrestre, que se restablecería por medio de movimientos sísmicos fuertes.

- c. La teoría termal cíclica que parte del principio de que los minerales radioactivos que existen en el interior de la tierra producen más calor del que puede ser comunicado al exterior ocasionándose expansión o dilatación de las rocas que sufrirían entonces tensiones o esfuerzos extralimitados produciéndose fracturas en la superficie.
- d. Y en última instancia podría hablarse de los derrumbes de cavernas, deslizamientos y en general fallas estructurales de la corteza, así como, de la actividad volcánica para tratar de dar luz al origen mismo de los sismos, aún así no se logra dar una explicación completamente satisfactoria sino hasta disponer de unas teorías que exponemos a continuación.

## TECTONICA DE PLACAS.

Según esta teoría, la corteza terrestre está dividida en siete u ocho gigantescas placas que se mueven errática y despaciosamente sobre el globo, llevando consigo mares y continentes. Los bordes de contacto de éstas placas se rozan y aún chocan entre sí. Algunos de ellos constituyen zonas de expansión o separación de placas, pues a medida que el magma sube inyectado entre las placas para formar nueva corteza, éstas se separan, como el crecimiento marginal de una placa, en la superficie confinada de una esfera, solo puede tener lugar, por una reducción en el tamaño de las placas en otro borde de las mismas, esto solo puede acontecer o por plegamiento de la corteza entre las placas, o por inmersión de un borde de una placa debajo de la otra en la zona de colisión.

Es pues natural que las zonas de interacción o colisión de placas, sean zonas ideales de producción de tensiones de la corteza que a su vez se reflejan en zonas globales de gran actividad sísmica. Aún los bordes de placas que ni se están creando ni se están consumiendo, son zonas de distorsiones horizontales entre placas.

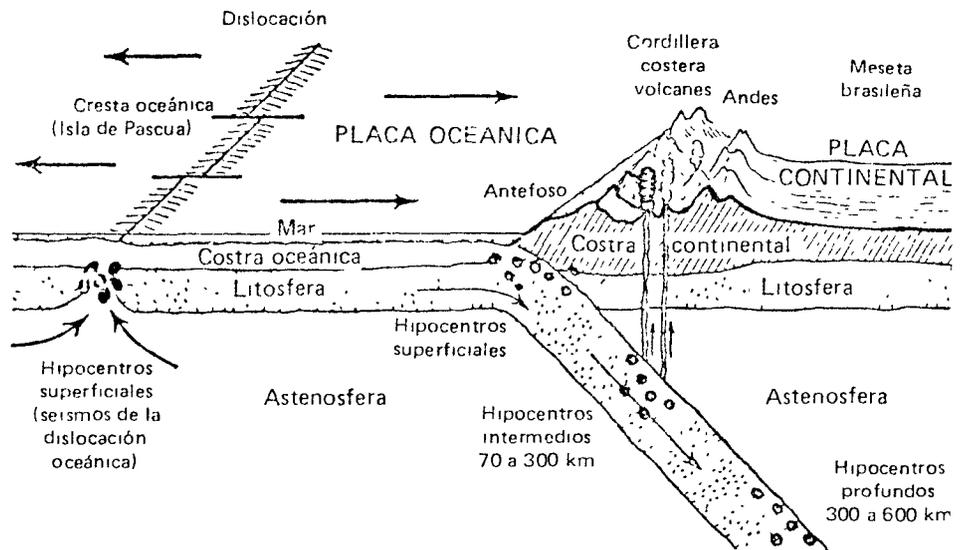
Los bordes de colisión actual de placas se caracterizan por sistemas de montañas geológicamente complejos, tales como, la cordillera de la costa del pacífico en las Américas y las que atraviesan el sur de Europa y el Asia, llamadas Alpino-Himalayas o por áreas volcánicas de islas como las que bordean el norte y el oeste del océano Pacífico. Todas estas regiones son zonas de actividad sísmica, como también lo son las zonas de separación de placas.

Los bordes de las placas pueden a su vez ser de distintos tipos. Existen bordes divergentes, es decir: zonas en donde las placas se separan como por ejemplo las dorsales A, estas se sitúan en los océanos, en ellas se crea corteza oceánica y forman grandes cordilleras que, en ocasiones emergen hasta la superficie del mar como ocurre en islandia.

Los bordes de placa como las zonas de subducción, son convergentes. En estos bordes la litosfera oceánica, debido a su mayor densidad se hunde directamente debajo de los continentes como ocurre en la Costa del Pacífico, en América del Sur, o formando un arco de islas previamente como en el Japón en ambos casos por estas áreas se localizan las mayores profundidades de los océanos (fosas oceánicas).

Existe un tercer tipo de borde de placa, las fallas transformantes en las que no se crea ni se destruye corteza, siendo sólo límites en donde las placas resbalan entre sí.

Los autores de la "tectónica de placas" imaginan cierto número de bloques, las placas litosféricas, cuyos bordes corresponden a las estrechas zonas sísmicas activas: Eurasia, África, Australia, Mar de Filipinas, Pacífico interior, Nazca, Cocos y Antártico. Las placas litosféricas resistentes de unos 100 kms, de espesor, llevan en su parte superior una corteza granítica bajo los continentes y de tipo "oceánico" (basáltico) bajo los océanos, y descansan sobre una capa capaz de deslizamientos lentos, la astenosfera, zona débil que se comporta como un cuerpo imperfectamente elástico que absorbe las ondas sísmicas.



Corte transversal del Pacífico sudoriental (J.P. Rothé, Séismes et Volcans, Que sais je?,.....1972.

Como consecuencia de un movimiento de convección de origen térmico, el magma profundo asciende por las dislocaciones de las dorsales oceánicas, obligando a las placas a separarse de esas dorsales y por consiguiente a entrar en colisión con las placas vecinas. En esos movimientos de enfrentamiento se acumulan tensiones que se liberan en forma de sismos, al mismo tiempo que nacen cadenas de montañas ese enfrentamiento entre dos placas será más o menos violento, según que cada una vaya directamente al encuentro de la otra, que sus movimientos sean más o menos oblicuos o que una de las placas permanezca inmóvil. Una placa más densa (placa oceánica) que encuentre una placa más ligera (placa continental) se hundirá bajo ella en el interior del manto superior.

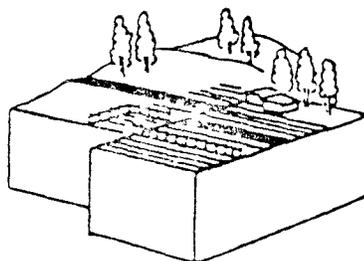
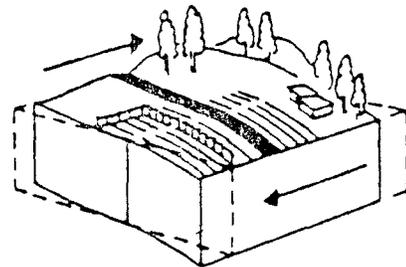
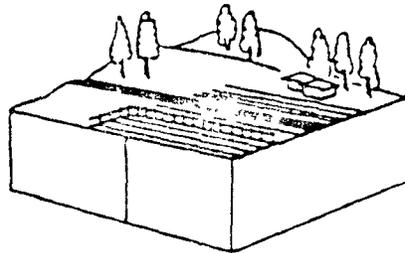
## TEORIA DE REBOTE ELASTICO.

"Habiendo esbozado en la teoría de la tectónica de placas el origen mas general de sismos, veremos ahora una explicación muy aceptable del mecanismo de un sismo en general (esta teoría fué propuesta por H. F. Reid, como resultado de un minucioso estudio del terremoto de San Francisco de 1906.

Según la teoría los esfuerzos orogénicos causan deformaciones de la corteza terrestre, y acumulan energía potencial en forma de esfuerzos y tensiones (strain, stress). Eventualmente, puede acontecer que la magnitud de la deformación con la tensión consiguiente es tal, que excede la resistencia de las rocas de la corteza terrestre y se produce una fractura; es decir, hay un desplazamiento o deslizamiento de un lado de la corteza con respecto al otro a lo largo del plano de una falla. En la fractura, las rocas adyacentes al lado de la falla saltan a una posición de reposo, iniciándose vibraciones, que se propagan por el medio elástico de la estructura terrestre y son el sismo en sí.

### ESQUEMA DE LA TEORIA DE REBOTE.

De acuerdo a la Teoría del Rebote Elástico, una falla está incapacitada de movimiento hasta que la presión se haya hecho en las rocas o en cualquier lado. Esta presión es activada por el cambio gradual de la corteza de la tierra. Las Rocas se transforman distorsionadas, más, sin embargo, sostienen sus posiciones originales. Cuando finalmente la tensión vence la resistencia de las rocas, la tierra cruje y regresa dentro de una posición no tirante. El golpe de las rocas que va de una a otra, crea las olas de choque que conocemos como terremotos.



## ESCALAS SISMICAS.

Durante el tiempo que el hombre ha estado expuesto a alteraciones del medio ambiente ha tenido también oportunidad de observar las características de cada fenómeno, además, de medir la intensidad o magnitud desarrollada por el mismo. Para esto y en especial en el campo de los sismos se han diseñado en el transcurso del tiempo innumerables escalas que han dado alguna luz sobre los efectos causados, basándose unas veces en la violencia del sismo y otras en la cantidad de energía desplazada. Con base en esto se pueden clasificar las escalas sísmicas en escalas de intensidad y escalas de magnitud.

### Escala de intensidad.

Podremos definir la intensidad sísmica como la fuerza o violencia del movimiento de la tierra en una región, en término de los efectos que provoca el sismo en la comunidad, en las obras artificiales y en la naturaleza de un lugar determinado.

Su evaluación tiene como base las sensaciones experimentadas por las personas durante un sismo, los efectos producidos por el movimiento en las construcciones, también en las rocas, objetos naturales y artificiales. Por ello las escalas de intensidad sísmica son totalmente subjetivas.

La determinación de la intensidad en un solo punto del área afectada por un terremoto no aporta mucho al estudio del mismo, en cambio lo que se intenta hacer después de un sismo es determinar el grado de intensidad del mismo en diferentes lugares del área afectada, y construir luego las curvas de igual intensidad sísmica o curvas isosistas que dan una idea inmediata de la zona afectada. En general los contornos resultantes muestran un máximo en la zona epicentral con regiones de menor intensidad rodeando esta área, las curvas isosistas son más o menos concéntricas al epicentro.

Las irregularidades observadas en las curvas isosistas, están relacionadas generalmente con zonas de condiciones geológicas diferentes, mostrándose a partir de las curvas las relaciones de elasticidad de las diferentes formaciones geológicas. Varias escalas se han ideado, las más importantes dividen la intensidad de 1 a 3, de 1 a 10, y de 1 a 12 llamándose la de triple escala, la de Rossi Forel, y la de Mercalli Cancani.

## Escala de magnitud.

Podremos definir la magnitud como la medida de la cantidad de energía liberada por el movimiento sísmico, la escala de magnitud se basa en una medida instrumental objetiva relacionada con esta energía.

La necesidad de disponer de este tipo de escala hizo que Charles F. Richter trabajara analizando centenares de terremotos para llegar a las siguientes conclusiones:

- a. Si dos sismos ocurren en el mismo sitio el más fuerte deja un trazo mayor en el papel de registro de una estación sismológica, se aprecia por tanto la fuerza y energía de los sismos comparando la amplitud de las ondas registradas.
- b. Si se dispone de varias estaciones diseminadas en una vasta región, con instrumentos idénticos que respondan de la misma manera a las distintas clases de ondas generadas por los sismos, se podrá hacer una comparación entre los trazos registrados de cada uno de ellos.
- c. Con el fin de que todas las estaciones tengan un punto de referencia para comparar la energía o fuerza de los sismos en su foco, es necesario establecer un "sismo patrón" al que atribuyamos un valor cero (análogo a la escala de temperatura), Richter pensó que lo más práctico sería escoger como patrón cero, un sismo muy débil, con el objeto de que cualquier otro sismo tuviera un valor positivo, podría darse el caso de temblores tan pequeños que tengan magnitudes negativas, pero no es común en los trabajos de Sismología.

El temblor de "magnitud cero" tendría su epicentro a 100 kms. de distancia de la estación registradora y dejaría sobre el papel del sismógrafo un trazo de una micra, es decir 1/1000 mm.

La magnitud no mide directamente la energía, pero es evidente que un trazo mayor en un mismo sismógrafo, fué escrito por un temblor mayor, a igual distancia. Con la magnitud se puede deducir la energía liberada por el sismo.

La escala de magnitudes no tiene teóricamente ningún límite ni hacia las magnitudes más bajas ni hacia las más altas, algunas fórmulas nos podrán dar una idea de la gran fuerza y energía desarrollada en un gran sismo.

Un sismo de magnitud 5.2 equivale a una explosión de 20.000 toneladas de TNT, que es la energía desarrollada por una bomba atómica. En cambio uno de magnitud igual a 8 equivale a una explosión simultánea de 12.000 bombas atómicas tipo A de 20 kilotones de TNT cada una.

## PROPAGACION DEL MOVIMIENTO.

Cuando se produce una perturbación en un cuerpo sólido, se forman ondas elásticas que se propagan en todas direcciones, siendo de dos clases principalmente:

### A. Ondas de volumen o interiores.

Posterior a la perturbación se origina un primer par de ondas que se propagan esféricamente en todas direcciones.

- Las ondas longitudinales (ondas de dilatación) llamadas también ondas primarias u ondas P (por ser las primeras en llegar a la estación) en las que las partículas se desplazan en dirección radial con respecto a la fuente, es decir, en la dirección de propagación, análogamente a una pompa de jabón cuando se ensancha. Alcanzan velocidades de 7 a 13 kms./seg., según la densidad y constantes elásticas del medio.
- Las ondas transversales (ondas de distorsión) llamadas también ondas secundarias u ondas S en las que el desplazamiento de las partículas se produce en un plano perpendicular a la dirección de propagación. Alcanzan velocidades menores del orden de 4 kms./seg.  
Estos dos tipos de ondas producen grandes amplitudes y altas frecuencias características que varían con la distancia, disminuyendo la amplitud y aumentando los períodos.

### B. Ondas de superficie.

La segunda categoría de ondas sísmicas esta constituida por las ondas de superficie que son las que transmiten mayor cantidad de energía en los terremotos de foco profundo.

- Las ondas Rayleigh (u ondas R) que son ondas polarizadas en el plano de propagación: cada partícula describe una onda elíptica retrógrada, la amplitud del movimiento alcanza su valor más alto en la superficie y decrece exponencialmente en función de la profundidad. Son comparables estas ondas al movimiento de ciertos gusanos que suben y bajan el espinazo al andar.
- Las "ondas love", que son ondas transversales guiadas sin componente vertical comparables a las sinusoides horizontales que hace una culebra al moverse por la superficie, estas ondas se forman a una cierta distancia del epicentro y tienen una velocidad menor que las del primer par, sus amplitudes son grandes, pero sus períodos lentos.

## Reflexión y Refracción.

La interpretación de las ondas mencionadas es parte del análisis de los sismogramas, las ondas reflejadas rebotan y se devuelven como la luz sobre un espejo, las ondas refractadas atraviesan el medio y se desvían como la luz al atravesar el agua o un vidrio y siguen sus recorridos, pero en otras direcciones.

La manera como cambian la velocidad, rebotan o se refractan en las capas interiores de la tierra, aporta suficiente información sobre la estructura interna del planeta, los sismogramas revelan entonces, lo que existe en el interior de la tierra que no es posible observar.

## REGISTRO DE SISMOS.

Los sismógrafos captan y registran las vibraciones producidas por el movimiento sísmico en las partículas de la corteza terrestre al producirse el sismo, las ondas se propagan en todas las direcciones y las partículas del suelo se mueven, éste movimiento es el que se desea registrar.

En general los registros de sismos se realizan en aparatos llamados sismógrafos cuyo principio de funcionamiento esta basado en la ley de la inercia, para lo cual siempre se dispondrá de una masa convenientemente dispuesta con un sistema inscriptor adecuado. El sistema de péndulo se llama "sismómetro" y con el sistema inscriptor se denomina "sismógrafo".

Los sismógrafos pueden ser horizontales o verticales, según estén diseñados para registrar movimientos laterales o sacudidas verticales. Todo sismo produce ondas rápidas (alta frecuencia) y lentas (baja frecuencia).

Los sismógrafos de péndulo corto registran ondas rápidas, y los de péndulo largo ondas lentas, en las principales estaciones sismográficas hay seis sismógrafos en promedio, tres de período corto y tres de período largo, cada grupo de tres tiene un sismógrafo vertical y dos horizontales orientados estos últimos de norte a sur y de este a oeste para captar todos los movimientos posibles.

El sismómetro horizontal se constituye básicamente como un péndulo mientras que el vertical consiste en un resorte que sostiene la masa, en ambos casos tanto la masa del péndulo como la masa sostenida por el resorte pueden llevar planillas inscriptoras constituyéndose en sismógrafos para movimientos horizontales y verticales, respectivamente.

### **Parametros del foco.**

Los datos obtenidos de una sola estación permiten situar aproximadamente la región epicentral, la distancia epicentral se determina a partir de diferencias de tiempo entre las ondas primarias y secundarias, cuyas velocidades son diferentes.

### **Profundidad del foco.**

En el caso de sismos intermedios cuya profundidad este comprendida entre 70 y 300 kms, sismos profundos entre 300 y 725 kms, la lectura directa de los datos registrados puede permitir estimar la profundidad del foco. El método utiliza la diferencia entre los tiempos de llegada de la onda P y una onda reflejada en la proximidad del epicentro, esa diferencia de tiempo aumenta rápidamente con la profundidad del foco pudiendo determinarse esta, con una presición de decenas de kilometros.

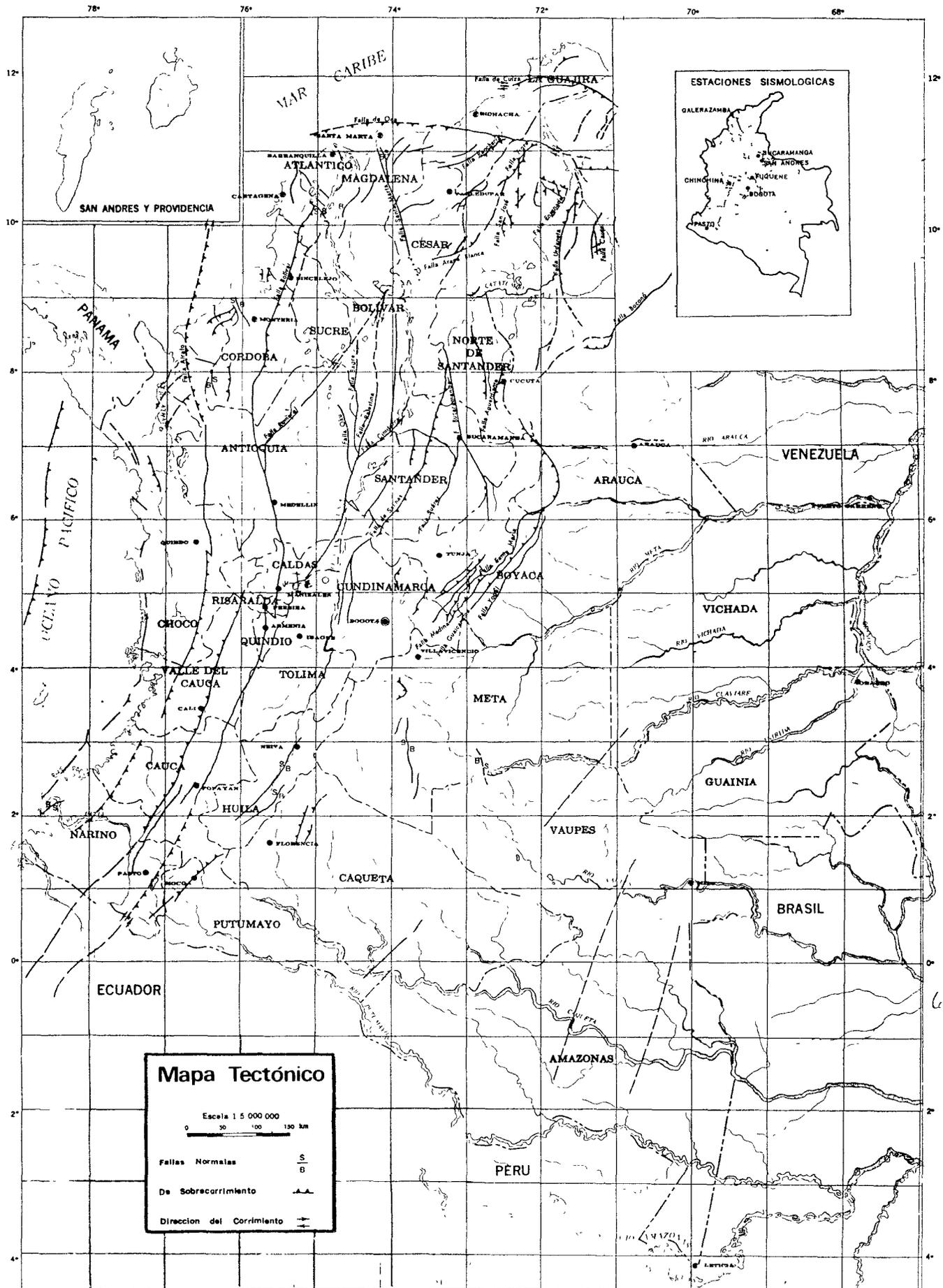
## **CARTOGRAFIA SISMICA.**

### **Zonificación sísmica.**

En áreas sujetas a sismos, cualquier toma de decisiones referente a la planificación regional o urbana, así como, al diseño antisísmico, debe basarse en el conocimiento de las características de los probables sismos que pueden ocurrir en el futuro, este conocimiento se obtiene mediante la zonificación sísmica cuyo resultado son los mapas que muestran cantidades relacionadas con la frecuencia e intensidad esperadas de la sacudida que pueden provocar los futuros sismos en las cercanías del lugar de que se trate, el significado del término zonificación sísmica ha experimentado algunos cambios de modo que ahora existen diferencias en el contenido de los mapas de zonificación, ciertos mapas de zonas sísmicas sintetizan de manera simple las observaciones de los efectos de sismos pasados y parten del supuesto que en el futuro se repetirá el mismo modelo de actividad sísmica, otros mapas de zonificación van más allá y extrapolan las regiones y efectos pasados para predecir las nuevas fuentes potenciales de sismos y los efectos correspondientes.

Se pueden definir los diferentes tipos de mapas de zonificación de acuerdo con los datos y con las suposiciones empleadas en su preparación.

- a. Mapas de intensidad máxima.
- b. Mapas de zonificación (Técnicos) que definen zonas mediante unos números de identificación.
- c. Mapas de aceleración máxima (velocidad desplazamiento) con distintos períodos de retorno.



**Mapa Tectónico**

Escala 1:5 000 000

0 50 100 150 km

Fallas Normales  $\frac{S}{B}$

De Sobrecorrimiento  $\text{---} \text{---} \text{---}$

Dirección del Corrimiento  $\text{---} \text{---} \text{---}$

d. Mapas de riesgo sísmico.

Se debe observar que la zonificación sísmica no solo supone la confección de un mapa ya que para muchas tomas de decisión se requerirá más información de la que puede figurar en uno de estos mapas, así por ejemplo; se puede también incluir en la zonificación ciertos documentos preliminares, tales como:

- a. Mapas de epicentros.
- b. Mapas de regiones fuente de sismos.
- c. Mapas isosistas.
- d. Mapas neotectónicos.
- e. Registro de movimientos sísmicos fuertes.

Para una aplicación práctica e inmediata del mapa de zonificación sísmica deberá ir acompañado del mayor número posible de variables, tenidas en cuenta anteriormente.

## GEOGRAFIA SISMICA.

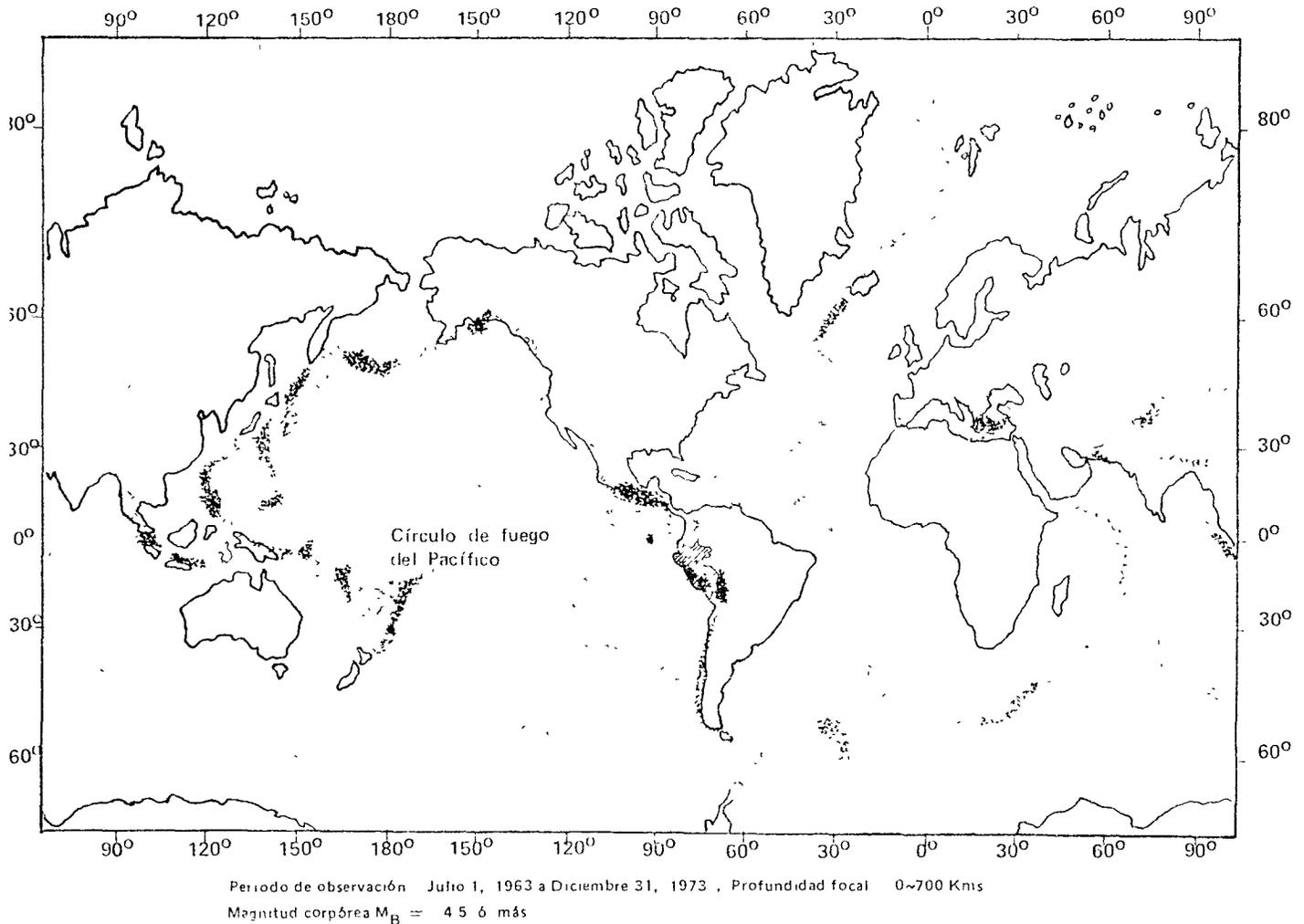
Si se examina el mapa de epicentros de los 700 sismos más importantes por su ubicación desde 1971 aparecen claramente las principales zonas sísmicas del globo.

El círculo sísmico circumpacífico (círculo de fuego) en donde se libera el 80% de la energía sísmica total esta delimitado por el arco de las islas Aleutianas, Kamchatka, la guirnalda de las islas Kuriles, y las costas orientales de las islas japonesas; la zona sísmica se divide luego en dos ramas: una que pasa por Formosa y el arco de las Filipinas y otra que por el contrario sigue más al este la cresta submarina marcada por las islas Bonin, Marianas Guam y Carolinas occidentales; las dos ramas se unen en Nueva Guinea y el círculo prosigue por las islas Salomón, las Nuevas Hébridas, las Fiji, Tonga, Kermadec y Nueva Zelandia. En toda ésta zona focos intermedios (entre 70-300 kms.), Focos profundos (entre 301-725 kms.) aparecen junto a focos superficiales (de menos de 70 kms.).

En el pacífico suroriental, la zona sísmica presenta por el contrario otro caracter que está asociada a una dislocación oceánica que, a partir de las Islas Balleny en el antártico se une al golfo de California, pasando por la cresta de la isla de Pascuas y de las islas Galápagos.

Otra zona se origina en las Antillas meridionales, sube a lo largo del litoral pacífico de América meridional y bajo los Andes, donde nuevamente aparecen sismos intermedios y profundos junto a sismos superficiales que engloba el rizo de las antillas por México, California y Alaska. El círculo se cierra en las islas Aleutianas.

Mapa de sismicidad en el mundo, determinada de la observación de 10 ó más estaciones



La zona sísmica transasiática abarca todo el sistema orogénico alpino, desde España y Africa septentrional hasta las cadenas de Asia central por Birmania e Indonesia, se une en el mar de banda al círculo circumpacífico.

Las dislocaciones mediocénicas (indoatlántica e indoantártica), largas líneas de quebraduras que dividen en dos partes el océano Atlántico y el océano Indico, son epicentro de sismos frecuentes únicamente superficiales y de magnitud generalmente moderada.

El nivel de sismicidad más alto se observa en el Japón donde ocurren una gran cantidad de sismos de mediana magnitud (entre 7.0 y 7.7 en la escala de Richter), la zona andina en suramérica en cambio muestra el mayor índice de liberación de energía debido a la ocurrencia ocasional de algunos sismos de gran magnitud (8.0 a 8.6).

Existen también zonas donde la actividad sísmica es nula o casi nula. A estas regiones se les da el nombre de escudos asísmicos. Los principales son: el Canadá Oriental y Central, Brasil; africanas orientales la India Central y Australia.

## PREDICCIÓN DE SISMOS

La predicción de sismos se puede considerar bajo cuatro aspectos básicos que son: el lugar, la intensidad, el momento, los efectos sobre la superficie. En sí el proceso de predicción comienza con la delimitación de las zonas de riesgo sísmico, la determinación simultánea del tiempo, lugar e intensidad de un sismo.

Una predicción fiable de la hora y la posición de un sismo se basa en los fundamentos físicos de los procesos precursoros, y de los mecanismos focales, lo que a su vez depende de los conceptos relativos a la fracturación de las rocas bajo la acción de esfuerzos tectónicos, para el pronóstico del momento las observaciones especiales requeridas deben circunscribirse a zonas de alto riesgo sísmico, de gran densidad de población o que contengan instalaciones importantes.

Por otra parte las observaciones magnetoteléuricas revelan variaciones focales debidas, o bien, a fluctuaciones del campo magnético natural de la tierra, o bien, a fuentes artificiales de corriente continua o alterna antes de producirse grandes sacudidas sísmicas.

Los indicios precursoros geoquímicos de los sismos juegan un rol importante en la predicción, ya que reflejan los cambios que se están operando en el estado de esfuerzo de la corteza terrestre, durante el período que precede a sismos muy intensos. Un cambio en el estado de esfuerzo de la corteza terrestre traerá consigo un cambio de presión, el cual se transmite a los líquidos y gases encerrados en la corteza, y consecuentemente modifica su estado físico y mecánico, la solubilidad de los compuestos químicos aumenta según la concentración de gases que estén disueltos en el agua del suelo.

En algunos casos se han observado cambios en el campo magnético de la tierra y en la luminosidad de la atmósfera cerca a los epicentros de sismos de fuerte intensidad, pudiéndose medir la alteración magnética con un magnetómetro.

Ante los resultados obtenidos, la comisión de predicción de sismos (Commission on Earthquake Prediction), que forma parte de la Asociación Internacional de Sismología y de física del interior de la tierra, formuló recomendaciones con el fin de facilitar intercambio de información, sin embargo, algunos sismólogos no comparten el optimismo de sus colegas planteándose si es actualmente importante predecir los sismos con la premisa de poder salvar centenares de personas, pero pudiendo morir otras tantas en accidentes causados por el estado de pánico derivado de la propia predicción, por lo que se refiere a los daños materiales es difícil evaluar las ventajas que se pueden tener y el beneficio obtenido sería casi automáticamente anulado por el estado económico subsiguiente a la evacuación de las ciudades.

## MAREMOTO O TSUNAMI

Cuando la fuente de un sismo esta situada total o parcialmente bajo el océano, el mar u otra gran extensión de agua existe el peligro de que se produzcan ondas gravitacionales de período largo destructoras en la costa y que se conocen con el nombre japonés de (Tsunamis) (olas en la bahía) considerandose su origen en el movimiento tipo piston del fondo marino. En el curso de terremotos intensos es posible que se produzcan desplazamientos rápidos ascendentes o descendentes de extensas zonas del fondo del mar provocando los correspondientes desplazamientos de la columna de agua que reposa sobre esa zona.

Los Tsunamis se propagan hacia fuera en todas direcciones desde el punto de origen y se desplazan a una velocidad proporcional a la raíz cuadrada de la profundidad de las aguas pudiendo alcanzar los mil kilómetros por hora en aguas profundas.

La velocidad  $V$  de la propagación del tsunami en agua profunda se expresa por la formula de Lagrange  $V = \sqrt{gH}$  donde  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $H$  la profundidad de la masa de agua,

La distancia entre las crestas de ondas sucesivas puede llegar hasta los 500 kms. a medida que las olas se aproximan a las zonas costeras, esa velocidad disminuye, aunque se mantiene sin variación el intervalo de tiempo entre el paso de las olas sucesivas que es de ordinario de 20 - 30 min, un solo tsunami puede llegar a tener una docena de grandes olas. Para un observador que estuviera situado en la costa, el tsunami se le apareceria no como una secuencia visible de ondas sino como una rápida sucesión de crecientes y menguantes (es decir, aumentos y caidas del nivel oceánico ) debido a la gran longitud de la onda.

Cerca de la costa, las manifestaciones del tsunami son varias y dependen de la energía de la onda y de las peculiaridades del relieve costero pueden variar desde una subida y bajada tranquila y uniforme del nivel del agua hasta la aparición de una inmensa muralla de agua de varios metros e incluso docenas de metros de altura. En este último caso, el tsunami tiene un gran poder destructor y barre cuanto se opone a su paso, y no deja huellas de las construcciones, ni de las instalaciones portuarias preexistentes

Los efectos destructivos de los tsunamis en tierra firme se deben a los siguientes factores:

- 1- Efectos hidrostáticos, que provocan el levantamiento y arrastre de algunas estructuras ligeras (tejados, edificios, y puentes de madera)
- 2- Efectos hidrodinámicos del agua, que causan la destrucción y el desplazamiento de edificios, el arrastre de la tierra vegetal, etc.
- 3- Los efectos de impacto de los objetos contenidos en las aguas, tanto los que flotan como los que son arrastrados por el fondo.

## CHARLES F RICHTER. (1900-1985)

Charles F. Richter nació en 1900, pasó gran parte de su vida en la Sierra Madre Nevada en una casa de campo sin dejar nunca de estudiar los fenómenos sísmicos, fué un personaje lleno de vitalidad y espíritu jocoso, desde joven era apasionado por la ciencia ficción y sufría de dolencias cardíacas. Murió el 10. de octubre de 1985 a la edad de 85 años en Pasadena, California.

Muchos años de análisis debió tomar a Charles Richter el desarrollar su escala sísmica. Gracias a él enfrentar futuros sismos toma un rumbo más técnico y de mayor comprensión.

### Aspectos de la Teoría:

La escala original de magnitud está basada en la máxima amplitud registrada en un sismógrafo de torsión de Wood-Anderson, con determinadas constantes instrumentales.

Richter adoptó una escala logarítmica de magnitud que mide las perturbaciones de menos de uno en adelante. La magnitud está expresada en la escala de Richter y se calcula a partir de los registros de instrumentos por medio de la siguiente fórmula:

$$M - \text{Log } A_m = 1.73 \log A - 0.75$$

Donde M es la magnitud,  $A_m$  es la amplitud máxima de las oscilaciones registradas por el sismógrafo standar y A la medida de la distancia entre el sismógrafo y el epicentro del sismo.

La escala se basa fundamentalmente en la mayor amplitud horizontal trazada por un sismógrafo standar situado a 100 kms. del epicentro.

La variación de la línea horizontal más amplia con la distancia y la profundidad focal está empíricamente relacionadas con la energía por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Log } I = 11.4 + 1,5 M$$

Donde M es la magnitud basada en la mayor amplitud de la línea horizontal y E la energía total en Ergios, empleando esta relación cada unidad de la escala de Richter indica que la energía liberada es 31.6 veces mayor en esa unidad que en la precedente.

## JOSE RAFAEL GOBERNA. (1903-1985)

José Rafael Goberna nació el 13 de Febrero de 1.903 en Vigo, provincia de Pontevedra España, realizó sus estudios secundarios en Valencia, tierra natal en el colegio del Sagrado Corazón; posteriormente teología en la Pontificia Universidad de Comillas en Santander España; Filosofía y letras en el colegio máximo de Oña; Ciencias en el instituto de la Habana; Ciencias Físicomatemáticas y Ciencias Naturales en la Universidad Nacional de la Habana; Postgrado en Geofísica en la Universidad de Missouri; Estudios Aerológicos para radio sonda en la Universidad de Chicago E.E.U.U.; Postgrados en Geofísica meteorológica y sismología en la Universidad de San Luis E.E.U.U..

Desarrolló a lo largo de su vida importantes trabajos de investigación y perteneció a varias instituciones entre otras: Asociación americana para el avance de la ciencia; Instituto panamericano de geografía e historia; Asociación americana de profesores de física; sociedad geográfica americana, Instituto geológico americano; Unión geofísica americana; Instituto americano de física; sociedad meteorológica americana; sociedad sismológica de América.

En términos generales podemos mencionar su realización máxima, plasmada en el Instituto Geofísico de los Andes, adscrito a la Universidad Javeriana; del cual fue subdirector desde el año 1.962 y Director desde 1.981 reemplazando al Padre Jesús Emilio Ramírez.

El padre Goberna había viajado a la Paz Bolivia, el primero de diciembre de 1.985 para acudir a la reunión del Centro Regional de Sismología, junto con otros directores de sismología del cono sur. El viernes 6 de diciembre de 1.985 víctima de la culminación del evento, debió ser internado en la clínica Virgen de la Asunción con síntomas de una trombosis cerebral; posteriormente se produjo su fallecimiento en este sitio.

### VOCABULARIO

AARDBEVING. Vocablo Holandes que significa terremoto.

DISTANCIA EPICENTRAL. Es la distancia que hay entre la estación sismológica donde se registra un sismo y el epicentro del mismo.

EARTHQUAKE. Vocablo Americano que denomina terremoto.

ERDBEBEN. Vocablo Alemán que significa terremoto.

EPICENTRO. Punto o área de la superficie terrestre ubicado encima del foco.

EVACUACION. Acción de un grupo de personas para salir de un sitio donde exista un peligro latente que los coloque en una situación de riesgo.

FOCO SISMICO. Idem Hipocentro.

GEOFISICA. Parte de la geología que estudia la física terrestre.

HIPOCENTRO. Punto en el interior de la corteza terrestre donde se origina un movimiento sísmico. En el hipocentro radica la causa del sismo y desde ahí éste se propaga en forma

INTENSIDAD SISMICA. Fuerza o violencia del movimiento de la tierra en una región.

ISOSISTA. Término relativo a las curvas representativas de igual intensidad trazadas perifericamente al epicentro de un sismo.

JISHIN. Vocablo Japonés que significa terremoto.

MAREMOTO. Vocablo latino asociado con el terremoto y consistente en el efecto del mar, sobre la costa luego de un sismo.

MAGNITUD. Medida de la cantidad de energía liberada por un sismo.

OSCILACION. Movimiento periódico realizado por una partícula.

PREDICCION. Acción de expresar antes lo que puede pasar con base en la previsión.

SEISMO. Raíz griega de sismo.

SISMO. Movimiento físico en un punto de la corteza terrestre.

SISMICIDAD. Grado de insidencia de los sismos en una región.

SISMOGRAFO. Instrumento que registra los sismos de forma grafica.

SISMOGRAMA. Grafica producida por un sismógrafo.

TSUNAMI. Vocablo Japonés que significa "olas en la bahía".

TREMBLEMENT DE TERRE. Vocablo Francés que significa terremoto.

TEMBLOR. Sismo de baja magnitud que es sentido con poca intensidad por las personas.

TERREMOTO. Sismo de mediana o gran magnitud sentido con gran intensidad y de características destructivas.

AMERICAN RED CROSS, Seguridad y Sobrevivencia en un terremoto. Geological, U.S. Dept. del interior.

CASTELLANOS A. SEBASTIAN, Nociones de Geología. Edit. Norma.

RAMIREZ JESUS EMILIO, Historia de terremotos en Colombia. Edit. Agustín Codazzi.

DEFENSA CIVIL COLOMBIANA, Prevención y atención de los desastres. Movimientos Sismicos. Imprenta Fuerzas Militares.

TERREMOTOS, Evaluación y mitigación de su peligrosidad. Unesco, Edit. Blume.

## Bibliografía.

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA, Temblores de tierra. Publicación 363, Mexico 1977.

AMERICAN RED CROSS, Medidas de seguridad para sobrevivir en su terremoto. Segunda Edición, 1982.

OSHIRO FERNANDO, Seguridad y Supervivencia en un Terremoto. Manual de prevención, Compañía de Seguros Generales El Sol, Perú.

PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES, Aspectos Sismológicos. Naciones Unidas. Volumen 3.

EL TIEMPO, Volcanes 1 de Diciembre de 1985 pag 1B. Textos e ilustraciones a cargo de Jaime Quintero Russi.

ASESORIA. Instituto Geofísico de los Andes. P J.Rafael Goberna.

INVESTIGACION. Cruz Roja Colombiana. Director de Socorros. Jairo E Moreno.

MECANOGRAFIA. Secretaria Seccional Cundinamarca Rosa María Velasquez.

IMPRESION. Cruz Roja Colombiana Departamento de Publicaciones.

## **NORMAS BASICAS ANTES, DURANTE, DESPUES. DE UN SISMO**

1. Disponga en su casa de alimentos enlatados y agua en recipientes plásticos.
2. Mantenga elementos prácticos para sobrevivir (herramientas, fósforos, pastillas para purificar agua, etc. y elementos personales a su alcance en el caso de tener que evacuar.)
3. Elabore conjuntamente con sus familiares planes de evacuación de su casa.
4. Determine los puntos más débiles de su casa.
5. Asegúrese de saber donde cortar la energía eléctrica en su casa.
6. Disponga de un botiquín bien dotado.
7. Mantenga linterna y radio con pilas en buen estado.
8. Al presentarse un terremoto o temblor salga de su casa con sus familiares y espere un tiempo prudencial para entrar.
9. En lo posible diríjase a campo abierto.
10. Con sus vecinos y amigos establezca un grupo con un líder conocido.
11. De no poder dirigirse a campo abierto sitúese bajo una estructura fuerte (mesa, marco de puerta, escritorio, etc.).
12. Proteja su cabeza con sillas, almohadas u otros objetos.
13. No vuelva a entrar en su casa si esta presenta grietas o condiciones peligrosas, asesorese.
14. Si se encuentra en un edificio no utilice ascensor.
15. Aléjese de edificios y postes o torres con líneas eléctricas.
16. No descuide a sus niños manténgalos siempre de la mano.
17. Nunca permanezca en una zona costera después de un sismo local, puede haber un maremoto.
18. Nunca debe ir a la playa a contemplar un maremoto.
19. Todos los puntos de la costa pacífica pueden verse afectados por un maremoto.
20. Permita a los organismos de socorro trabajar adecuadamente y colabore en el cumplimiento de las normas.