

**PUBLICACIONES OCASIONALES DEL OSSO N° 1**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Observatorio Sismológico  
del Sur Occidente – OSSO  
A. A. 25360  
Cali, Colombia**

Julio 1991

## CONTENIDO

- I.     Introducción
  
- II.    Traducción parcial de:  
      E. Rudolph, S. Szirtes  
      "DAS KOLUMBIANISCHE ERDBEBEN AM 31 JANUAR 1906"  
      Gerlands Beiträge zur Geophysik  
      Leipzig, 1911
  
- III.   Notas del Traductor

## INTRODUCCIÓN

El motivo principal para ésta publicación ha sido la necesidad de divulgar información que contribuye a precisar "escenarios" de la amenaza y el riesgo sísmico en el Suroccidente Colombiano y particularmente en la Costa Pacífica, con el fin de fundamentar y orientar los programas de prevención de terremotos que ahí se han estado adelantando en los últimos años.

El artículo de *Rudolph & Szirtes* es una de las evaluaciones científicas más detalladas de los efectos del terremoto ocurrido el 31 de enero de 1906, el más grande que ha afectado el territorio colombiano en el presente siglo y el tercero en tamaño a nivel mundial desde que se inició el registro instrumental en la sismología, hacia finales del siglo pasado.

En consideración al propósito sólo se han traducido aquellas partes del extenso artículo de *Rudolph & Szirtes* que describen el tipo y la distribución de los efectos - la llamada " evaluación macrosísmica" - del terremoto y de sus eventos previos y posteriores asociados. Las otras partes tratan principalmente la sismicidad global del año 1906, el marco sismotectónico en Colombia y Ecuador y las observaciones instrumentales del terremoto. También se omitió la bibliografía y algunas tablas que no son relevantes al propósito actual.

Se ha tratado de traducir fielmente, tanto en el estilo como en la terminología, así que en algunas partes es muy notoria la discrepancia con acepciones y denominaciones actuales; así por ejemplo, el fenómeno hoy generalmente llamado "tsunami" - la secuencia de grandes olas oceánicas generadas por un terremoto submarino, aquí se denomina "ola de marejada".

La parte III de ésta publicación son anotaciones que se han considerado convenientes para facilitar el entendimiento del texto.

## PARTE II

### Extensión e Intensidad del Terremoto Colombiano

Antes de entrar en el análisis del material de observación y de hacer el intento de elaborar un mapa de isosistas ajustado a las condiciones reales, será conveniente mirar las escalas de intensidad existentes y su validez para la elaboración de isosistas. Se han propuesto no menos de 12 escalas de intensidad, de las cuales sin embargo sólo 2 ó 3 están actualmente en uso y dan la base para la determinación de isosistas: son estas las escalas de DE ROSSI-FOREL, MERCALLI y MERCALLICANCANI. Las dos primeras tienen 10 niveles, mientras que la última distingue 12. A todas las escalas les es común como error que los diferentes grados de intensidad no se determinan desde un sólo punto de vista; se distingue entre los grados menores, estimados a partir de las sensaciones personales, y los mayores, los cuales se fundamentan en el efecto en edificaciones y el grado de destrucción. Las escalas, creadas en Europa, también parten de las condiciones europeas y no consideran que en las regiones de pueblos con menos desarrollo cultural y especialmente en países tropicales dominan otras condiciones en cuanto a tipos de edificaciones, las cuales impiden la aplicación de la escala sin modificación alguna. Tampoco se tuvo en cuenta el hecho importante de la gran dependencia entre el efecto de un sismo sobre edificaciones y las condiciones geológicas del suelo. En consecuencia sólo se les puede reconocer un valor práctico a todas las escalas de intensidades: no son un estimativo de la energía desarrollada por cada sismo individualmente, lo único que podría fundamentar una determinación científica de la intensidad. En demostración de ésto podemos señalar que desde el advenimiento de la sismología moderna y la creciente extensión de las observaciones instrumentales se ha conocido una serie de terremotos cuya intensidad macrosísmica determinada con una de las escalas establecidas no concuerda con la extensión microsísmica de las ondas ni con la intensidad. así como debe ser derivada de los sismogramas.

Podrían presentarse una gran cantidad de casos en los cuales la intensidad epicentral del sismo se dió como grado VIII y aún IX, mientras que de los registros de los sismógrafos resulta que la extensión microsísmica de la sacudida estaba limitada a pocos miles de kilómetros. Por otro lado, se conocen terremotos a los cuales sólo se les puede asignar la intensidad V ó VI y cuyas ondas sin embargo se extendieron a través y sobre toda la Tierra. La siguiente tabla contiene algunos ejemplos que expresan la mencionada contradicción con claridad.

(Tabla omitida)

**155-I** De ésta tabla se puede concluir que no existe una relación entre la intensidad epicentral del terremoto y la extensión de las ondas sísmicas. Podemos suponer entonces que la causa de ésta contradicción está en la determinación de la intensidad del sismo a partir de una de las escalas usuales. O bien en uno u otro caso la escala de intensidades no fué utilizada correctamente, asignándole a los efectos del terremoto observados un grado muy alto o muy bajo, ó el fenómeno observado en el cual se basó la determinación de la intensidad tenía una expresión tan ambigua que excluía la asignación de un grado diferente, error impugnable entonces a la caracterización de los grados de intensidad. En nuestra comprensión ésto último es el caso.

**156-I** Suponemos que en éste aspecto la profundidad del foco sísmico juega un gran papel. Es fácil entender que la profundidad del centro de perturbación debe tener la mayor influencia sobre la absorción de la energía sísmica. Si el foco sísmico está a gran profundidad debajo de la superficie terrestre. El coeficiente de absorción será pequeño, por la constitución física de la parte del interior de la Tierra atravesada por las ondas sísmicas, y por consiguiente la propagación microsísmica del terremoto será grande. En cambio, si el foco sísmico está a una profundidad relativamente pequeña, la acción destructora del terremoto puede ser muy grande (terremoto de colapso), pero la propagación de las ondas sísmicas encontrará una barrera en que el material heterogéneo de las capas más superiores de la corteza terrestre causan la absorción completa de la energía sobre distancias relativamente pequeñas. De ésta manera nos explicamos que aún, en los terremotos más grandes sólo las ondas largas del sismo principal, las cuales se propagan en la superficie ó a poca, profundidad, pueden ser registradas a alguna distancia. Otra circunstancia que puede influir en la intensidad debe ser la magnitud del desplazamiento que ocurre en la superficie de dislocación y que es considerada como la causa de la perturbación sísmica. Mientras mas grande es el tamaño del desplazamiento horizontal o vertical, tanto mayor será la energía del sismo. La contradicción que se hace manifiesta en las tablas A y B tampoco desaparece si para aquellos terremotos localizados en el fondo marino y a cierta distancia de tierra firme se supone una intensidad mayor, ya que tenemos casos en los cuales se supuso la mayor intensidad, sin que hubiera ocurrido una mayor propagación de las ondas sísmicas.

**157-I** Las deficiencias anotadas en lo anterior, las cuales afectan a todas las escalas de intensidad, ya habían sido notadas hace mucho tiempo por los investigadores, dando el impulso para la elaboración de una escala acorde con los propósitos científicos. En todos los ensayos que se realizaron en éste sentido se trataba de encontrar un equivalente dinámico para los diferentes grados de las escalas, para obtener así una escala de validez general. Como medida para expresar el efecto del impacto y el tipo de daños causados se ofreció la aceleración del movimiento sísmico. Sobre ésta base están concebidas las

escalas que debemos a las investigaciones de Milne, Mendenhall, Holden y Omori. La escala de intensidades dinámica más reciente y general se debe a A. Cancani (17), quien aumentó a XII el número de grados empleados por Mercalli, además de indicar para cada grado el límite de la aceleración máxima. A Cancani no se le escapó que estas aceleraciones, descontando pequeñas desviaciones, representan una progresión geométrica. El error de la escala de Cancani está en que las aceleraciones no son producto de una determinación exacta sino que son igualadas a los valores de intensidad estimados.

**157-II** La posibilidad de determinar con exactitud el valor de la aceleración en la actualidad es mayor, por el gran número de estaciones sismológicas repartidas, por todo el globo: las aceleraciones se pueden extraer con suficiente exactitud de los registros, que proveen los aparatos. Si ocurriera el caso de encontrarse una estación en el epicentro de un terremoto, o al menos en su cercanía, sería posible determinar en el sismograma la aceleración del terremoto en el epicentro y, por comparación con sismogramas de estaciones más distantes, la atenuación de la aceleración. Si en ésto resultara que en la relación hubiera una ley, sería posible en el caso inverso, si no hay una estación en la región epicentral, deducir la aceleración en el epicentro. La falta de estaciones adecuadas especialmente en aquellos países en donde, según la experiencia ocurren los grandes terremotos, hace parecer imposible a corto plazo la aplicación exitosa de éste método, pero también tenemos que abstenernos de la utilización de una de las escalas de intensidad existentes, después de las arriba expuestas anotaciones críticas sobre su valor en nuestro caso. Como un motivo más se agregan las condiciones características en la mayor parte de la región estremecida en cuanto al tipo de edificaciones, del cual dependen principalmente los grados superiores de las escalas de intensidad.

**158-I** Las consideraciones anteriores nos obligaron a prescindir en la representación cartográfica de la extensión e intensidad del terremoto Colombiano de la utilización de las escalas existentes, desviándonos así de los procedimientos usuales hasta ahora, y a elaborar una imagen relativa de la distribución de las acciones sísmicas en la parte principal de la región estremecida. En ésto procedemos de tal manera que todos los puntos los cuales por sus condiciones se pueden considerar como igualmente estremecidos se unen por una misma línea. Este procedimiento tiene la ventaja de permitirnos delinear las isosistas así como lo exigen las condiciones encontradas y el grado de los daños causados, independiente de los fundamentos supuestamente generales de las escalas de intensidad.

**158-II** Si dedicamos ahora nuestra atención al material de observación, es recomendable iniciar con el informe de un testigo, el cual por su sencillez y exposición calmada, se presta más que todos los otros para darnos una idea de la terrible violencia del terremoto en Tumaco y que además nos demuestra lo pequeño que fué, al efecto en las edificaciones en relación con la fuerza del

movimiento. Este informe fué publicado en el 'Daily Chronicle de Londres (Abril 9 de 1906) y su contenido es el siguiente: "Yo me encontraba el 31 de enero a las diez y media de la mañana en la calle, delante de mi casa, conversando con un vecino, cuando súbitamente y sin el menor preaviso comenzó el movimiento sísmico más terrible que jamás haya sentido. Todos fueron arrojados al suelo. Toda la Isla estaba en movimiento y todas las casas se mecían de un lado a otro, como un barco en mar embravecida, de tal manera que uno tenía que temer que en cualquier momento podían desplomarse y enterrarnos bajo sus escombros. El movimiento del terreno fué tan fuerte que hacía imposible moverse del sitio. Mi vecino vió su propia casa, ubicada a pocos centenares de metros, y temía su desplome: si embargo no fué capaz de dirigirse hacia allá y socorrer a su familia. Yo también intenté varias veces y en vano llegar a mi esposa, quien se encontraba en la casa en el piso superior; ella había sido arrojada al suelo y no fué capaz de llegar hasta la escalera. Cuando yo hacía el tercer intento de llegar hacia ella y ayudarle, justo había logrado pasar por la escalera tambaleante y salir de la casa, así que por fortuna escapó de las últimas y terribles vibraciones. Yo mismo escapé de un gran peligro sólo con gran esfuerzo. Sucedió que delante de mi casa había un gran astillero y delante del mismo yacía un pesado cuartón de madera, parte de un andamio. Contra éste cuartón yo había apoyado mi pié para así lograr un apoyo para mí y poder sostener a mi esposa, la cual estaba en posición sentada. En el momento en el cual el cuartón fue arrojado hacia arriba por el movimiento, mi pié quedó debajo del mismo, de tal manera que, con el pié apresado, ya no me podía mover. Cuando un instante más tarde el cuartón fué arrojado hacia arriba nuevamente pude librarme de la situación.

**159-I** Estas terribles sacudidas duraron 5 minutos completos y el susto de estos 5 minutos jamás lo olvidaré. El tremendo movimiento del suelo y de la casas, así como el ruido ensordecedor que acompañaba los movimientos, aún hoy en día me causa horror recordarlo. Cuando al fin pudimos volver a entrar a la casa, encontramos todo en el peor desorden. Dos grandes contenedores de hierro para agua habían sido tumbados y en su caída causaron grandes daños; en todas las piezas el piso estaba cubierto con los escombros de vidriería, vajilla de barro cocido, cuadros, lámparas etc: todo estaba totalmente destrozado y en las demás casas se veía el mismo cuadro de destrucción. Si todas estas casas hubieran estado hechas de ladrillos y piedras, toda la ciudad habría sido destruída por el primer impacto del movimiento, enterrando así bajo sus escombros a la mayoría de los habitantes, pero como estaban hechas de madera, muy dura además y muy bien encajada, poseen una gran elasticidad y resistieron muy bien a los movimientos.

**159-II** Una media hora más tarde se regó en la población un gran susto, porque la mar estaba embistiendo hacia la isla con gran violencia. Afortunadamente, la ola de marejada rompió contra las dos islas que están localizadas delante de la ciudad y como en ese momento la marea estaba baja, el

agua se podía extender sin inundar a la ciudad. 20 minutos más tarde llegó una segunda ola, la cual igualmente pasó sin causar daños, sin embargo, más tarde se notó que una de las dos islas que protegían a la ciudad había sido arrasada por el mar. Varias casas ubicadas en la costa fueron tumbadas por la ola, otras fueron averiadas fuertemente, pero no hubo ninguna víctima. En la costa de tierra firme la situación fué muy diferente. En una distancia de 80-100 km había muchas poblaciones y plantaciones que fueron destruidas sin excepción, como también lo fueron aquellas localizadas a lo largo de los muchos ríos, la mayoría probablemente por la gran ola de marejada que siguió al terremoto. La pérdida en vidas humanas se estima en total en 500-1000; sin embargo, es probable que la cifra exacta jamás se conozcan.

**160-I** Una confirmación completa de las observaciones hechas sobre todo el fenómeno sísmico la obtenemos a partir del informe de otro testigo, quien antes de la ocurrencia del terremoto se había dirigido hacia la isla de Pindo, localizado hacia el S de Tumaco, para revisar los trabajos en su finca. Cuando en su viaje de regreso se encontraba nuevamente en cercanías de la playa frente a Tumaco, la tierra empezó a sacudirse súbitamente, de tal manera que sólo con esfuerzo pudo mantenerse de pié. Las palmeras se mecían, los cocos caían y las chozas de los pescadores en la playa estaban en movimiento ininterrumpido. Durante todo éste tiempo se escuchó un ruido fuerte. Tan pronto se había dado cuenta del fenómeno, se dirigió derecho hacia la playa; sin embargo habiendo llegado a su límite tuvo que detenerse súbitamente ya que la arena que tenía por delante se encontraba en un movimiento vertical, el suelo se abría y se volvía a cerrar, de tal manera que le fué imposible alcanzar su bote. Después de 3-4 minutos todo se tranquilizó y pudo regresar con su bote a Tumaco, donde encontró todo en estado de terrible desorden. Media hora después del sismo llegó una ola de marejada con gran violencia y se rompió a un lado de la ciudad, donde fueron arrasados por el agua algunos astilleros. La ola de marejada llegó en período de bajamar; su altura fué de 2.5 metros. Este fenómeno se repitió dos veces, después de lo cual volvió el estado previo.

**161-I** Los informes anteriores reproducen las impresiones personales que el tremendo fenómeno natural ocurrido en Tumaco causó en ambos testigos. Más tarde se comprobaría que Tumaco está dentro de la región pleistosísmica, así que tenemos bases para asumir que también en otras partes de ésta región la intensidad del terremoto y su desarrollo tuvieron un comportamiento similar. A pesar de sólo contener una descripción general del fenómeno sísmico, sí podemos concluir de los informes dos hechos en éste caso se oponen a la determinación precisa de la intensidad a partir de los daños causados. Uno de estos hechos es que las edificaciones en Tumaco son de sólida construcción de madera, las cuales por su gran elasticidad pudieron resistir aún a los movimientos más fuertes y que las oscilaciones más grandes no lograron llevar al colapso. Solamente el hecho de haber encontrado dentro de las edificaciones arrojados aún los objetos más



pesados, permite concluir el alto grado de intensidad del terremoto. Es por ésto que el terremoto colombiano es la mejor demostración para nuestras observaciones críticas, expresadas arriba, contra la aplicabilidad de las escalas de intensidades usuales. Si nos dejáramos guiar en la determinación del grado de intensidad para el área epicentral solamente por los daños causados, llegaríamos a una imagen totalmente falsa de la intensidad. Esta observación no sólo vale para la región del movimiento más fuerte; también vale y aún más para toda la región macrosísmica. Esto porque se agrega otra dificultad, la cual es que en regiones vecinas se ha utilizado en la construcción de casas en algunos casos ladrillo y piedra; en otros es común, al igual que en el área epicentral, la construcción en madera. Si a pesar de esto nos vimos obligados a igualar en intensidad el terremoto colombiano a los otros dos grandes terremotos de 1906, el de San Francisco y el de Valparaíso, no sólo es en consideración a la extensión microsísmica del movimiento, sino ante todo por la alta aceleración observada en la mayoría de las ondas, aún en las estaciones más alejadas.

**162-I** La determinación de la intensidad se hace aún más difícil por una circunstancia adicional, la cual es que algún tiempo después del terremoto principal el mar embistió con 2-3 olas contra la costa, arrasando en las playas poblaciones, asentamientos y cultivos junto con sus pobladores, borrando así las huellas que hubieran permitido evaluar el efecto del terremoto que antecedió. En ésto nos basamos en una premisa generalmente aceptada, según la cual aquellas partes de la costa donde la acción destructora de las olas fue mayor son las más cercanas al origen de las olas, o sea el epicentro. Sin embargo, ésta premisa en nuestro caso sería acertada solamente si las condiciones morfológicas fueran similares en todo el sector costero considerado, tal como ocurre en el área de la desembocadura del río Patía y en la bahía Ancón de Sardinias, formadas por terrenos deltáicos y aluviales, si además el sismo precursor no hubiera causado ya grandes averías, particularmente en Esmeraldas, ubicado hacia el SW, y además si no fuera el caso que todas las informaciones coincidieran en señalar hacia el SW de Esmeraldas como origen de las olas de marejada.

## **162-II**

### **Los sismos precursores**

Es un hecho conocido que después de todo terremoto fuerte en la región más estremecida se siente una cantidad más o menos grande de réplicas, las cuales muchas veces continúan ocurriendo durante varios meses. El origen del golpe se puede desplazar entre una y otra réplica, pero se mantiene más o menos dentro de los límites de la zona pleistosísmica. Al igual que las réplicas, los sismos precursores también señalan el área epicentral. Sin embargo, la diferencia entre

ambos fenómenos está en que el número de sismos precursores, si es que ocurren, generalmente es muy pequeño. A diferencia de los terremotos de San Francisco y Valparaíso, el colombiano se caracteriza por haber sido precedido por al menos dos sismos, los cuales fueron tan fuertes que se extendieron sobre grandes regiones de Ecuador y Colombia, haciéndose sentir con variada fuerza. de acuerdo con la distancia al epicentro.

**163-I** En Guapi se sintieron dos sismos precursores; el primero ocurrió a las 7 y el segundo hacia las 9, hora local. Ambos golpes fueron de poca fuerza pero tuvieron el efecto positivo de alarmar a la población; es probable que sólo éste hecho sea la explicación de que el terremoto principal no haya causado ninguna víctima en Guapi. De las informaciones disponibles se desprende que el segundo sismo precursor tuvo una extensión relativamente grande y que en algunos sitios causó daños. El área estremecida se extiende desde Guayaquil en el sur hasta Guapi en el norte y tierra adentro hasta Quito, en donde ocurrió con tal fuerza que el reloj astronómico del observatorio quedó parado.

**163-II** El sismo precursor tuvo su mayor intensidad en la provincia Esmeraldas, especialmente en la ciudad Esmeraldas. Según el informe de un testigo, el terremoto empezó súbitamente con tal fuerza que las paredes de su casa, de bambú y barro, se agrietaron fuertemente y todos los objetos movibles cayeron al suelo; los cilindros de las lámparas colgantes fueron arrojados y una pesada máquina de coser fue volteada violentamente. Según otros informes, éste sismo precursor ya había causado considerables daños en Esmeraldas, no sólo en los objetos sueltos que se cayeron, sino también en edificaciones. La fuerza del sismo decayó rápidamente hacia el sur y hacia el norte, así que en Tumaco y Guayaquil se le dió poca importancia al fenómeno. En Bahía, localizada hacia el norte, el remezón ya fué muy débil y en Manta ni siquiera fué sentido.

**163-III** En cuanto a la cantidad de sismos precursores, de Guapi se informó de dos y de todos los demás sitios sólo uno, así que hay que concluir que el primer sismo precursor no fué notado por la población por su poca intensidad ó que no se le puso atención porque los sismos débiles son muy frecuentes en ésta región. La cantidad, correcta de sismos precursores la podemos deducir de los registros del sismógrafo Omori-Bosch que se encuentra en el observatorio astronómico en Quito. El aparato registró 4 perturbaciones; la primera duró de 9<sup>h</sup>2<sup>m</sup> hasta 9<sup>h</sup>8<sup>m</sup>. Los demás sismos precursores se registraron a las 9<sup>h</sup>8<sup>m</sup>, 9<sup>h</sup>25<sup>m</sup> y 9<sup>h</sup>40<sup>m</sup>. El registro de éste último precursor duró hasta las 9<sup>h</sup>42<sup>m</sup>. A juzgar por la intensidad, el segundo precursor fué el más fuerte; el movimiento del aparato fué tan fuerte que la aguja de registro se pasó del borde del papel. Las intensidades del primer y tercer sismo precursor se caracterizaron porque las amplitudes de registro del sismógrafo fueron de 22 y 38 mm. El último precursor fué el más débil. Del hecho

de que el sismo sentido en Guapi a las 7<sup>h</sup> no fuese registrado se puede deducir que fué uno de los eventos locales que ocurren tan frecuentemente en ésta región.

**164-I** Tenemos que llamar la atención a dos fenómenos del sismo precursor que aparecen en el terremoto principal de igual manera y que permiten deducir algo sobre la ubicación del epicentro. El primero está relacionado con el tipo de movimiento, tal como se observó en Esmeraldas, el sitio de la mayor intensidad. Ahí se anota expresamente que los golpes fueron desde abajo, o sea verticales. Generalmente se supone que en los movimientos en el área epicentral predomina la componente vertical en todos los sismos. Así que el fenómeno mencionado nos indica que Esmeraldas en el sismo precursor ya estaba en el área pleistósísmica. El segundo fenómeno se refiere a la dirección en la cual se propagó el movimiento; los informes coinciden en que fué de sur a norte. En conjunto con el primer fenómeno mencionado podemos suponer entonces que el epicentro estaba localizado a poca distancia hacia el sur de Esmeraldas. Veremos más adelante que todos los fenómenos que acompañaron el terremoto principal también señalan hacia la misma conclusión.

## **164-II**

### **El terremoto principal**

#### **Tipo de movimiento**

El terremoto principal se distingue de las sacudidas más fuertes del sismo precursor solamente en cuanto a la intensidad y la duración, así como por la cantidad de golpes pero en toda su naturaleza y forma de aparición es completamente igual al sismo precursor. Es característico del terremoto principal la gran extensión que tuvo la región en la cual se manifestó con sacudida vertical. Abarcaba - hasta donde nuestros informes permiten una delimitación - desde Bahía Caráques al sur hasta Guapi y la desembocadura del río Timbiquí en el norte, o sea una extensión de mínimo 450 km. Hasta dónde alcanzó la región de las sacudidas verticales tierra adentro ya no se puede determinar con precisión; sólo se sabe que en Quito el movimiento ya era completamente horizontal. De ésto podemos deducir como hecho importante que la región mas estremecida tenía una extensión marcadamente longitudinal, comprendida entre la costa del Gran Océano, por un lado, y la Cordillera Occidental de Ecuador y Colombia por otro.

**165-I** En el informe de un testigo reproducido arriba ya se dijo que en Tumaco fué imposible mantenerse en pié sin apoyo. La misma observación se encuentra en un informe de Guapi, en el cual se agrega que era necesario sostenerse en objetos fijos, tales como árboles y plantas, para no ser arrojado lejos por la violencia de las sacudidas. Toda la isla de Tumaco se encontraba visiblemente en movimiento; el suelo subía y bajaba alternadamente, sacudiendo todas las casas de una manera aterradora. Sin embargo, como lo confirma una carta dirigida a la agencia consular británica, sí se podían distinguir dos tipos de sacudidas; una era ondulatoria, moviendo las casas de un lado a otro, y la otra era un temblar fuerte que estremecía las casas. El autor de la carta anota que éste tipo de movimiento se podía comparar mejor con aquel de un perro que sacudía a una rata atrapada en su boca. A juzgar por esto, el terremoto se manifestó con una rápida secuencia de movimientos verticales de corto período y movimientos horizontales de períodos más largos. Es de anotar que según el informe mencionado ambos movimientos ocurrían al mismo tiempo y mezclados sin que fuera posible constatar un intervalo entre ambos.

**165-II** El sitio más hacia el sur en el cual todavía se podía sentir la dirección vertical del movimiento es Bahía Caráques; aquí el vertical fué seguido por movimiento horizontal. Esta circunstancia permite concluir que Bahía Caráques ya estaba a mayor distancia del epicentro, puesto que en Manta, aún más al sur, sólo se sintió el movimiento horizontal. El observador al cual le agradecemos ésta observación, se encontraba durante el terremoto recostado contra una columna del portal de su casa y sentía un prolongado ir y venir de ésta columna; éste movimiento ondulatorio sin embargo no fué seguido por ningún golpe tal como esperaba.

**166-I** No conocemos ningún terremoto de épocas recientes en el cual el movimiento horizontal se manifestara fuera de la región pleistosísmica con tan enormes ondas como en el colombiano. En Popayán, en el valle superior del Río Cauca ya una distancia de 120 km de Guapi, el movimiento fué tan fuerte que la población se llenó de angustia y terror. A distancias todavía mayores las oscilaciones horizontales fueron aún mayores que en Popayán, como debemos deducir de nuestra información. Movimiento puramente ondulatorio fué reportado de Cali y Palmira, en el valle del Cauca a 200 km de Guapi; de Neiva, en el valle del río Magdalena a 300 km de Guapi y también de Bogotá, a 500 km de Guapi. De Palmira tres observadores de manera coincidente informaron de fuerte movimiento ondulatorio del suelo persistente durante 5 minutos y de fuerte excitación en contenedores de agua. La impresión de éste tipo de movimiento en los observadores fue, tal que les causó mareo y malestar. En Neiva las oscilaciones fueron tan lentas y prolongadas que muchas personas se encontraron en un estado similar al mareo.

**166-II** Para caracterizar éste fenómeno no podemos dejar de reproducir el informe que sobre sus impresiones personales durante el terremoto hizo el residente ministerial del imperio alemán en Bogotá, Barón Von Seckendorf. Dice así: "Cuando comenzó el terremoto me encontraba en el primer piso, en la oficina de la legación. Faltando exactamente 5 minutos para las 11, se sintieron las primeras oscilaciones. Al principio creí haber enfermado seriamente. Sentí malestar y me levanté de mi escritorio para ir al patio delantero a tomar aire. Sólo ahí me dí cuenta que la tierra se estaba moviendo. Mi esposa, quien había bajado del piso superior, tuvo que apoyarse en mí para no caerse. Lámparas y plantas colgantes se mecían fuertemente y la superficie del agua en la fuente oscilaba inclinándose unos 150 hacia ambos lados. Todos teníamos la sensación de fuerte mareo. A las 11 y 3 minutos volvió la calma. Sin embargo, los objetos colgantes y la superficie del agua se demoraron algún tiempo hasta retornar a su estado anterior." El mismo fenómeno fué reportado de aquella parte de la región estremecida localizada hacia el sur de Esmeraldas. En Bahía de Caráquez, en donde tal como se menciona arriba el movimiento vertical fué seguido por oscilaciones horizontales, éstas últimas fueron tan grandes que en un pozo que estaba en perforación los tubos de hierro fueron desplazados tanto de su dirección que los trabajos tuvieron que ser suspendidos. En Guayaquil, hacia el extremo sur de la región estremecida, las campanas de las iglesias fueron excitadas por el movimiento ondulatorio tan fuertemente que estuvieron repicando durante todo el terremoto, unos 80 segundos. También aquí, tal como fué informado de los puntos más al norte, muchas personas tuvieron la sensación de mareo.

**167-I**

### **Cantidad, duración y dirección de la sacudidas del terremoto**

El número de sacudidas en el área epicentral fué tan grande, según coinciden en informar todos los observadores, que no fué posible distinguir cuántas fueron. Como ya se vió arriba en el mensaje dirigido a la agencia consular británica, las sacudidas se siguieron tan rápidamente que no fué posible constatar un intervalo. A éste tipo de ocurrencia del terremoto se debe que en las poblaciones a mayor distancia del epicentro tampoco se distinguieron sacudidas individuales; sólo se reporta temblor ininterrumpido o movimiento ondulatorio. Por ésto son mas decididos los datos sobre la duración del terremoto en diferentes partes del área estremecida. En Tumaco el terremoto duró 5<sup>m</sup>; según otros 4-5<sup>m</sup> ó 3-4<sup>m</sup>. Según las averiguaciones del comandante de la nave S.M.S. "Falke", capitán de corbeta van Ammon, en Esmeraldas, la duración ahí fué de 2<sup>m</sup>; la misma duración se reporta en una carta dirigida al consulado alemán en Guayaquil desde Esmeraldas. En dos cuestionarios dirigidos a la Estación Principal para Investigación de Terremotos en Strassburg, la duración del terremoto en Palmira fué estimada en 5

min: las dos observaciones sólo se distinguen en que según la una no hubo interrupción durante todo el tiempo, mientras que la otra reporta que el movimiento inició con gran fuerza, disminuyendo en intensidad un poco a los 2<sup>m</sup>; para luego continuar durante 3<sup>m</sup> fuertemente. Popayán y Bogotá estiman la duración en aproximadamente 2<sup>m</sup>.

**168-I** Entre aquellos elementos sísmicos que según la experiencia son más difíciles de observar con precisión está la dirección en la cual se propagan las ondas de un terremoto. Basta con detallar la información respectiva de algún terremoto mayor para cerciorarse de inmediato que se encuentran los datos más contradictorios sobre ésto. También en éste sentido el terremoto colombiano es una excepción; es indicativo de la intensidad extraordinariamente alta del terremoto el hecho de que todos los observadores coincidieron en reportar de toda el área estremecida una sola dirección, N-S. Desde Guayaquil en el extremo sur del área estremecida, pasando por Esmeraldas, Tumaco, Popayán, Cali, Palmira, hasta Bogotá, la dirección de las ondas del terremoto fué N-S. En Palmira se desplazó y quedó parado un reloj colgado en una pared orientada N-S.

**168-II** Además de la intensidad otro factor tuvo que haber sido decisivo para la dirección de propagación de las ondas. Si tenemos en cuenta que se reporta la misma dirección tanto de las poblaciones costeras como de las ciudades localizadas en los "valles interandinos", indudablemente tuvieron que haber tenido influencia el rumbo de las diversas cordilleras, como también las depresiones interandinas que corren paralelamente. Es de suponer que el estremecimiento fué guiado en dirección N-S ante todo por las grandes fallas de rumbo N-S, aquellas que marcan la caída de los valles interandinos. Como una confirmación de ésto podemos considerar el hecho de que en Bogotá, el punto más oriental de la región estremecida, la dirección de propagación ya no era puramente N-S, sino con una desviación hacia el E. Tal como se expondrá más adelante, el epicentro estuvo localizado a la latitud de Esmeraldas. a cierta distancia de la costa en el fondo oceánico. Estrictamente, tanto las poblaciones costeras como también y en mayor medida los puntos situados entre las cordilleras tuvieron que haber reportado una dirección de movimiento SW-NE. Sin embargo, hay que considerar que la desviación azimutal es tan pequeña que se pudo haber escapado a la observación. Sólo para Bogotá el ángulo de dirección ya es tan grande que la componente occidental del movimiento también se hizo manifiesta a los sentidos humanos.

**169-I**

### **Límites del área estremecida**

No es posible dar una delimitación precisa del área estremecida, ya que los datos observados son tan escasos, especialmente en la parte norte, que aquí todo intento de trazado de límites tiene que ser fallido. Por ésto nos tenemos que limitar a indicar aquellos sitios de los cuales se tiene información negativa, para así identificar en conjunto las sitios en los cuales según las informaciones disponibles se presentó la intensidad más baja. Según ésto se puede suponer con certeza que el estremecimiento no se extendió al norte de Perú. Este hecho lo concluimos de los informes consulares de Payta, Trujillo, y Cajamarca. Payta está localizada en el distrito más al norte del Perú, limitando con Ecuador. Es dudoso si las provincias más al sur de Ecuador. El Oro y Laja, aún son parte de la región estremecida, ya que las informaciones son contradictorias en cuanto a si el sismo fué sentido o no. Parece haber una contradicción entre ésta demarcación de la región estremecida hacia el sur con una información del viceconsulado alemán en La Merced, según la cual el día del terremoto colombiano se sintió un temblor de tierra muy leve en Chanchamayo, sólo sentido por muy pocas personas. Sin embargo, si se tiene en cuenta la gran distancia entre La Merced y aquellos sitios del norte del Perú con datos negativos, se hace evidente que la sacudida de Chanchamayo no pudo haber tenido ninguna relación con el terremoto colombiano. Más aún, debemos suponer que se trató de un sismo local, que ni siquiera pudo haber tenido el carácter de sismo de relevo. En favor de ésta interpretación está también la anotación en la carta del vicecónsul, según la cual leves sacudidas ocurren con frecuencia en Chanchamayo. Sólo percibidas por personas que se encuentran en los pisos superiores de casas de madera.

**170-I** Los puntos más septentrionales del Ecuador en los cuales se pudo sentir levemente el terremoto son Guayaquil y Alausí, así que podemos suponer como límite sur de la región estremecida una línea que va del Golfo de Guayaquil tierra adentro pasando al norte de Cuenca. Para el norte sólo disponemos de una información negativa, del viceconsulado de Cartagena. Si bien éste dato no tiene significado para la cuestión de la delimitación de la región estremecida hacia el norte, ya que el límite no puede estar muy al norte de Medellín, sí tiene importancia en otro contexto. puesto que desvirtúa decididamente la afirmación del diario "El Trabajo" de Popayán, según la cual el terremoto se extendió hasta la costa colombiana en el Mar Caribe. Como límite norte de la región estremecida asumimos una línea que va desde un punto en la costa pacífica, atraviesa el valle del Atrato y se extiende hacia el norte de Medellín. La línea límite oriental está determinada con base en que Bogotá, Neiva y Pasto fueron los puntos más alejados en los cuales se sintió el terremoto. Estas tres poblaciones están localizadas en el lado occidental de la cordillera oriental de Colombia, pero porque en las dos últimas el movimiento se reportó como relativamente fuerte,

consideramos fundamentado trazar el límite entre Bogotá y Pasto en el costado oriental de la Cordillera Oriental.

**170-II** Según esto, en dirección N-S el área estremecida tiene una extensión de 1200 km. Entre Guayaquil y Medellín. La mayor anchura del área estremecida está a la latitud de Bogotá, 350 km aproximadamente. La superficie total del área estremecida se puede estimar entonces en unos 300.000 km<sup>2</sup>. Desafortunadamente no es posible, siquiera estimar en aproximación el área estremecida en el Gran Océano; sólo considerando que el epicentro sin duda tuvo que haber estado en el fondo oceánico podemos suponer que un área equivalente en el océano se le puede sumar a la región estremecida. Pero aún con ésta suposición bastante arbitraria el área de la región estremecida del terremoto colombiano es muy inferior a la del terremoto de Charleston del 31 de octubre de 1886, calculada en 796.000 km<sup>2</sup>.

**171-I**

### **Zonas de la región estremecida**

Antes, en la crítica a las escalas de intensidad usuales, ya habíamos advertido que no es viable, dentro de las condiciones peculiares dominantes en gran parte de la región estremecida, construir las isosistas para los grados V-X según la escala de Rossi-Forel, con base en la energía de la sacudida y en el daño ocasionado. Nosotros en cambio diferenciamos en toda el área del terremoto sólo 4 zonas. las cuales. partiendo del área del epicentro. son indicadas como zonas 1,2,3 y 4. Cada zona comprende aquella área de la región estremecida que debe ser vista como homogénea de acuerdo al comportamiento general del terremoto. Aquí puede suceder que se agrupen - y ésto es el caso en especial de la primera zona - áreas en las cuales han sido muy diferentes los efectos del terremoto y de los daños ocasionados en las edificaciones. La razón para que los efectos dentro de una misma zona presenten diferencias significativas debe verse, como ya se ha puesto de relieve, en la diferencia en el tipo de construcción entre las diversas regiones. Procedemos entonces a describir en detalle la ubicación y forma de cada zona en particular, tal como se ha representado en el Mapa 2.

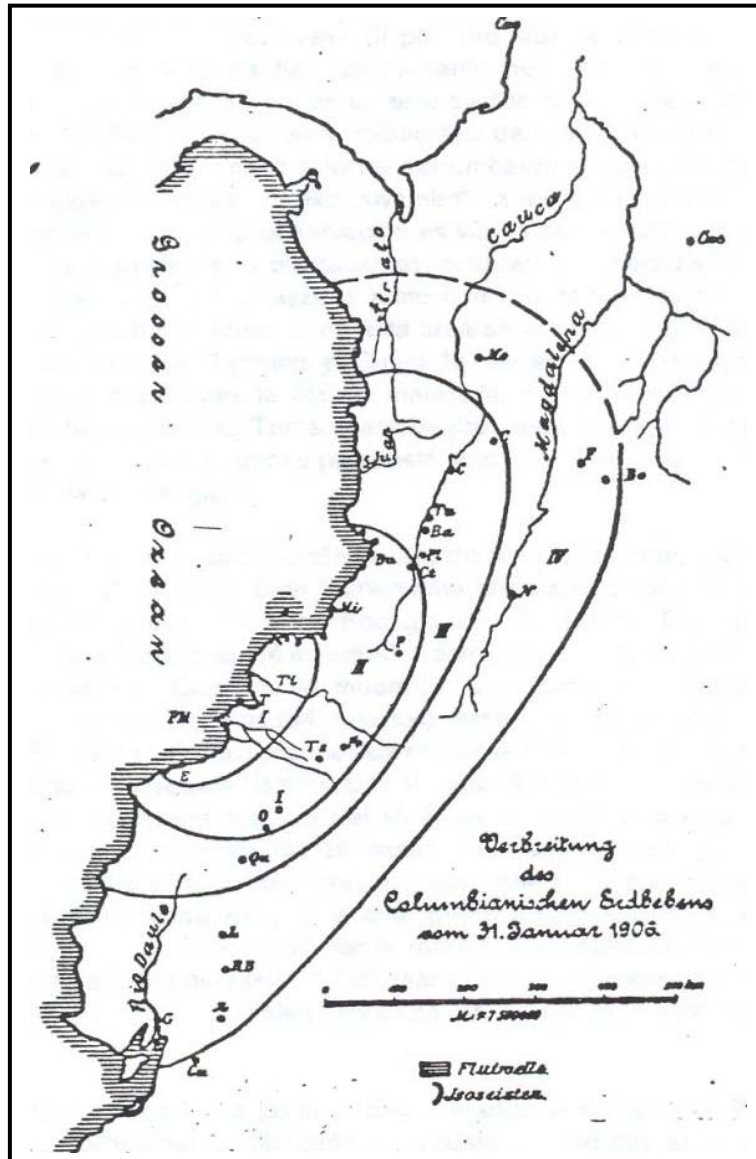
**171-II** Zona 1. Delimitamos la primera zona con la ciudad de Esmeraldas en el sur y Guapi en el norte; tierra adentro, ésta zona de mayores sacudidas se extiende hasta el pié de la cordillera occidental ó cordillera costera de Ecuador y Colombia. La superficie así delimitada abarca una franja costera de ancho variable. la cual en su inicio en el sur en La Tola es angosta y en su primer tramo alcanza hasta la Rada de Tumaco; en su ángulo más interior la franja costera se reduce a una muy estrecha amplitud debido a una porción saliente de la montaña



que llega hasta la costa. Más allá de éste estrecho la zona adquiere una amplitud significativamente mayor. se asemeja a una península redondeada y llega hacia el norte hasta la ensenada entre Guapi y Timbiquí. Un gran número de ríos que bajan de la cordillera occidental atraviesa la zona en una red ramificada de brazos aislados. Entre los más importantes de éstos ríos pueden nombrarse el Río Mira, el Río Patía con el Telembí, el Río Escuandé (*sic*) y el Guapi.

**173-1** De acuerdo a su conformación geológica el suelo de ésta zona está compuesto por sedimentos recientes, entre los cuales los aluviones ocupan un espacio especialmente grande en las cercanías de la costa. La composición del suelo de material suelto de origen aluvial, así como el hecho de estar atravesado por numerosas arterias fluviales, son los dos factores principales que influyeron para que aquí en el sector localizado más al norte la, destrucción alcanzara su mayor grado. El efecto destructor que logró la sacudida principal y en algunos puntos también el sismo precursor debe atribuirse al primer factor; el segundo factor permitió a la ola de marejada penetrar bien al interior del territorio y arrasara allí una serie de poblaciones y asentamientos levantados en forma aislada. La parte más pequeña de la primera zona, en el sur, está conformada por sedimentos del Terciario y pertenece al terreno montañoso y ondulado que se extiende a los pies de la cordillera occidental desde el Golfo de Guayaquil en el sur, hasta La Tola en el norte. Es decir que la primera zona se compone de dos áreas constituídas geológicamente en forma muy diferente, las cuales muestran una forma de poblamiento respectivamente diferente en concordancia con la conformación geológica del suelo. En las partes montañosas de la provincia de Esmeraldas, predomina, en tanto que pertenece a la primera zona, el poblamiento de tipo urbano; en el territorio costero plano, que es mucho más extenso y el cual constituye el tramo más al norte, casi todas las poblaciones están ubicadas en las cercanías de la costa. Por éste contraste se explica que el efecto del terremoto sobre el suelo y sobre las edificaciones haya sido muy diferente en las dos áreas.

**173-II** En el primer tramo el efecto del terremoto se reconoce principalmente, por la destrucción de las edificaciones. Así por ejemplo en Esmeraldas una serie de casas quedó en ruinas, aunque aquí debe tenerse en cuenta que el sismo precursor ya había ocasionado daños en edificaciones. El número de casas que se derrumbaron se calcula en unas 30; también Limones en Ecuador sufrió severos daños; allí murieron 2 personas y muchas resultaron heridas. El límite norte del área de más severa afectación coincide más ó menos con Río Verde, donde parece que también quedaron en ruina muchas casas. Según un informe entregado al consulado alemán en Guayaquil, la violencia de las sacudidas fué tal que en un depósito de mercancías los huacales fueron arrojados en todas las direcciones y el informador sólo pudo protegerse de salir lesionado mediante una rápida huida. La cifra de los muertos en todas las ciudades es relativamente pequeña, puesto que el fuerte sismo precursor ya había alertado a la gente sobre el peligro.



- Verzeichnis der Abkürzungen.

E = Esmeraldas	Tu = Tulua	Bo = Bogotá	IG = I. Gorgona
R = Rio Verde	P = Popsyan	F = Facatativá	Cu = Cuenca
T = Tumaco	BG = Boca Grande	I = Ibarra	L = Latacunga
O = Otavalo	Gu = Guapi	Q = Quito	Cuc = San José de Cúcuta
G = Guayaquil	Ts = Tuquerres	A = Alausi	Pe = Perucho
B = Bahía de Car- raques	Pa = Pasto	Br = Barbacoas	SA = San Antonio
Mi = Micai	PM = Punta Man- glares	N = Neiva	RB = Riobamba
Bu = Buenaventura	Ti = Timbiqui	Pl = Palmira	M = Manta
C = Cartago	Ci = Cali	M = Medellín	H = Honda
Ba = Bugua	Ma = Manizales	Pn = Panama	
		Ca = Cartagana	

Mapa 2: Extensión del terremoto del 31, de enero de 1906 en Colombia.

**174-I** Totalmente diferente fué el efecto del movimiento en el terreno costero plano desde La Tola hasta Guapi. Que la intensidad del movimiento aquí no fué inferior a la de Esmeraldas, entre otros lugares, lo prueba el sólo hecho de que desde diferentes lugares se informara sobre la aparición de fracturas o grietas en el suelo, de las cuales se dice que surgían masas de agua caliente. Este fenómeno debe haber adquirido las mayores dimensiones en las cercanías de Punta Mangles (*sic*) y Tumaco. La aparición de la formación de grietas precisamente en estos dos lugares confirma la observación realizada en otros terremotos grandes, en cuanto a que éste fenómeno está relacionado con la naturaleza del suelo. Si por otro lado, a pesar de la gran intensidad, el daño ocasionado en las edificaciones fué notoriamente pequeño, éste hecho debe atribuirse, como sabemos ahora, a que las edificaciones en este sector de la primera zona, poseen como resultado de su forma de construcción una fuerte capacidad de resistencia incluso frente a las más fuertes sacudidas sísmicas. Así en Tumaco sólo se derrumbaron 4 casas de madera y algunas chozas de bambú y las pérdidas se redujeron exclusivamente a los daños materiales; no se perdieron vidas humanas. Exactamente la misma observación es válida para Guapi. Sin embargo, debe destacarse que casi todas las poblaciones y plantaciones localizadas inmediatamente en la costa o a alguna distancia tierra adentro fueron arrasadas junto con sus habitantes por la ola de la marejada, de manera que no es posible precisar si en ésta área se presentó algún daño directamente por causa del terremoto. Ciertamente Tumaco y Guapi le deben su conservación sólo a circunstancias especialmente favorables, pues la ola de marejada, como ya se informó antes, se presentó en tiempo de marea baja y además Tumaco estaba protegida del embate de las olas por las islas que hay delante de la ciudad; Guapi por su parte está ubicada a una distancia tal de la costa, que ya no fue alcanzada por la ola de marejada.

**174-II** Presentamos a continuación la lista de las poblaciones y asentamientos que, según el periódico "El Trabajo", fueron o bien fuertemente afectadas o totalmente destruidas por la ola de marejada: Cabo Manglares, Trujillo. Bocagrande, El Bajito, Domingo-Ortíz, El Piñal, Chilbí, Salahonda y Morro de Salahonda (4 muertos), Hojas Blancas (10 muertos), San Ignacio (22 muertos), San Juan (149 muertos), Caballos (8 muertos), Guascama (11 muertos), Timbiquí (53 muertos), Sanquianga (12 muertos), Mulatos (64 muertos), Amarales (83 muertos), Boquerones (48 muertos), La Candelaria, El Coco y otros asentamientos en Micay (100 muertos), Cuerval, Quiroga (32 muertos), Cansara (2 muertos), Mosquera (2 muertos), Varena (9 muertos). A lo anterior se añaden todas las casas del área de la desembocadura del Mira, de la desembocadura del Patía y en dirección a Barbacoas, donde fueron destruidas 30 casas. Esta enumeración de los poblados afectados o destruidos nos conduce en todo caso más allá del límite norte trazado por nosotros para la primera zona, al área de la segunda zona, a la cual pertenecen las últimas poblaciones nombradas. El número total de

personas devoradas por la marejada es calculado en forma muy diversa. en los periódicos nativos se habla de 1.000 - 1.500; más credibilidad merecen los datos de los informes que están a nuestra disposición; los cuales hablan de 400 personas que perdieron la vida por causa de la marejada.

**175-I** En los tramos de la primera zona situados al sur del Río Verde hasta Esmeraldas. La marejada no pudo ocasionar ningún daño en la costa, puesto que el terreno montañoso terciario de la provincia de Esmeraldas llega con elevada orilla al mar. Aquí la marejada sólo pudo verterse hacia la tierra remontando los ríos, pero como los valles son profundos y las riberas de los ríos son relativamente altas, las poblaciones situadas en lo alto no pudieron ser alcanzadas por las masas de agua. En el Río Esmeraldas el agua estaba muy agitada, como azotada por una tormenta, sin ocasionar a pesar de todo daños apreciables, ya que sólo los sectores de la ciudad situados en la parte baja fueron inundados.

**175-II** Zona 2. La segunda zona se tiende en forma casi concéntrica alrededor de la primera, pero muestra en el tramo norte en Colombia un pequeño ensanchamiento, mientras que al sur en Ecuador se estrecha un poco. La línea fronteriza la hacemos comenzar por el norte en la costa, junto a Buenaventura y la trazamos entre Cali y Palmira, pasando por Popayán y Pasto hacia el sur por Otavalo. En su recorrido posterior la línea es incierta hasta la costa de la provincia de Esmeraldas pero la hacemos alcanzar la costa al norte de Pedernales, cerca de Zapotal, y en éste trazado nos hemos dejado guiar por información confiable en relación a que al norte de Bahía de Caráques hasta Pedernales ya no se produjo ningún daño por causa del terremoto. Del curso trazado para la línea fronteriza se desprende que ésta coincide en la mayor parte de su extensión con la vertiente de la Cordillera Central de Colombia y de la Cordillera Oriental del Ecuador. Es representativo de la manifestación del terremoto en ésta segunda área que sólo construcciones grandes en ladrillo, principalmente iglesias y edificios oficiales, sufrieran daños más o menos graves. Desde Buenaventura se informa que sólo fueron afectadas en menor grado algunas casas aisladas; no hubo que lamentar la pérdida de vidas humanas. Si a pesar de todo hemos incluido a Buenaventura en la segunda zona, en ello fué decisivo que según el informe oficial del comandante del S.M.S. "Falke", el cable norteamericano que llegaba a Buenaventura se había roto en 18 puntos al norte y al sur de ésta ciudad; el punto de ruptura más al norte se presentó aparentemente a 31 millas de distancia de Panamá, dentro de una longitud total del cable de 410 millas.

**176-I** En Cali resultaron dañadas, además de la iglesia, el cuartel y la armería. En Popayán sufrieron graves daños 4 iglesias, el edificio de gobierno y algunas casas. Entre las iglesias se mencionan la de San Francisco, cuya torre había sido reparada poco tiempo antes del sismo. En Pasto se cayó la cúpula de la iglesia de

San Felipe y se averiaron diversas casas. La misma suerte sufrieron las iglesias en Túquerres, en Otavalo y en Otálora y en Ibarra se derrumbó el palacio obispal. En lo que respecta a los efectos de la marejada, en la lista transcrita arriba ya se habían mencionado los casos de Timbiquí y Micay, los cuales pertenecen a ésta zona, más hacia el norte ya no hay ninguna mención en los informes de los que disponemos sobre casos de desgracia que pudieran atribuirse a la marejada. Si hacemos a un lado a Timbiquí y Micay, no se presentó en toda el área de la segunda zona ninguna pérdida en vidas humanas con excepción de Túquerres. Donde por la caída de la torre de la iglesia resultaron muertas 5 personas.

**177-I** Zona 3. La tercera zona muestra en su posición y forma el mismo comportamiento frente a la segunda que la segunda frente a la primera. Su delimitación puede iniciarse en el norte en la costa de Bahía Coqui. La línea atraviesa el valle del Atrato y del Cauca Medio, pasa junto a Manizales la Cordillera Central de Colombia y sigue luego la vertiente oriental de ésta cordillera hasta el lugar donde la Cordillera Oriental se une a la primera. De allí en adelante la línea está trazada de manera que Quito queda incluido. Más adelante el curso de ésta línea hasta la costa del océano es tan incierto, por la falta de información, como la línea de demarcación de la segunda zona.

**177-II** Característico de la intensidad del terremoto en ésta zona es el hecho de que, o bien no se produjo ningún daño, o uno muy pequeño. Buga, Tuluá y Cartago, todas tres localizadas en el valle del Cauca, no sufrieron ningún daño de consideración; en Pereira se averió la cúpula de la iglesia nueva y en Timbío el techo de la iglesia. Las demás poblaciones de ésta zona quedaron totalmente libres de afectación. Sólo queremos seleccionar dos poblaciones. Palmira para el tramo norte y Quito para el tramo sur. Ya antes se caracterizó el tipo de movimiento del suelo en Palmira. En el informe del vicecónsul alemán se destaca explícitamente que no se constató ningún daño material y como razón de ello se adujo el predominio de un tipo de construcción de casas liviano y de sólo un piso. Para Quito, podemos remitirnos al testimonio del director del Observatorio de allí, el señor Gonnessiat, según el cual el terremoto no provocó ningún daño ni accidente personal. Como fenómeno digno de atención se señala que los alambres telegráficos entraron en oscilaciones de gran amplitud y todos los relojes se vieron perturbados en su marcha. La única excepción en relación al grado de afectación la constituye la ciudad de Manizales, ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Central a una altura considerable sobre el valle del Cauca. Según el informe de un periódico, allí se destruyeron dos casas y hubo además graves daños por causa del sismo. Para explicar la considerable intensidad de la sacudida que debemos suponer según esto para Manizales, se puede asumir que se produjo una amplificación local del movimiento debido a que el lugar está situado en las cercanías de una falla geológica, cuya existencia encontramos probable, de conformidad con las condiciones tectónicas en otros sectores del valle del Cauca.

**178-I** Zona 4. Dentro de la zona 4 incluimos, el resto de la región estremecida, cuya delimitación ya hemos mostrado antes. Se ha llamado igualmente la atención, en torno a la observación de la naturaleza del terremoto, sobre los movimientos peculiarmente lentos y ondulantes a través de los cuales se manifestó el terremoto a grandes distancias del epicentro. Se notó el movimiento horizontal de las ondas en la zona 3, tanto en el norte como en el sur, pero éste sólo llega a su máxima expresión en la zona más exterior. Para éste fin nos remitimos al informe de Bogotá, transcrito en detalle arriba, el cual contiene la descripción más minuciosa y clara de la aparición de estas formas ondulantes. De conformidad con la baja intensidad en casi ningún punto de la zona 4 se habla de daños serios; para el norte constituye una excepción Facatativa, donde la torre de una iglesia se derribó parcialmente y para el sur Guayaquil, donde se cayeron una casa y un andamio de construcción. En todos los demás lugares sobre los cuales existen informes sólo se mencionan las lentas y largas oscilaciones, las cuales provocaron en muchas personas la sensación de mareo. Tal como es de esperarse por la gran extensión de la zona 4, la intensidad de la sacudida fué diferente en cada uno de los lugares. En algunos informes sólo se habla de débil movimiento de vaivén; según otros, se sintieron claramente sacudidas de diversa intensidad. Si nuestras noticias son confiables, en general en el sector norte de la zona la intensidad fué más débil que en el sur, pero a partir del material que tenemos disponible no se puede realizar una subdivisión de la zona.

**178-II** Además de Bogotá, el movimiento ondulante en el norte es reportado desde Medellín y Neiva; para el sur se dispone de la misma noticia desde Guayaquil y Bahía de Caráques. En Manta el terremoto ya fué tan débil que muchas personas ni siquiera sintieron el movimiento. A partir de estos datos debemos concluir que la intensidad del movimiento se redujo muy rápidamente en la costa del Océano en dirección hacia el sur, más rápidamente que en el interior del país, donde se informa sobre una fuerte sacudida producto del terremoto desde Alausí, localizado en la misma latitud geográfica que Guayaquil, pero en el altiplano del Ecuador. No nos equivocamos si vemos ésta sorpresiva intensificación del movimiento, la cual se observó también en otros puntos de la línea férrea hacia el norte, como un fenómeno local asociado con la gran fractura entre las cordilleras oriental y occidental en el Ecuador.

**179-I** Si damos ahora una mirada sobre toda el área del terremoto y sobre el curso de las líneas de delimitación de las cuatro zonas, tal como se expusieron ambas en el mapa 2, entonces sorprende la extensión en el sentido longitudinal de cada una de las cordilleras, la cual es notoriamente grande, en comparación con el ancho de la región estremecida y de cada una de las zonas tomadas individualmente. Este hecho nos muestra en forma inequívoca que la propagación y transmisión del movimiento sísmico depende de la dirección del rumbo de las

cadena montañosas y de las grandes fallas que corren paralelas a éstas. Como en muchos otros grandes terremotos anteriores, también en el de Colombia la propagación de las ondas en sentido perpendicular a los ejes de la cadena montañosas es significativamente menor que en sentido paralelo a las mismas. El sismo colombiano confirma en toda su dimensión las observaciones que se hicieron en éste sentido en el terremoto de San Francisco y también en el de Valparaíso. El incremento de la intensidad en aquellos lugares que están ubicados en las cercanías de las grandes fracturas ha sido tan sorprendente que también ha llamado la atención de los observadores. Aunque debido a las escasas noticias no estamos en condiciones de comprobar éste fenómeno para todo el curso de las líneas de delimitación, pero creemos estar autorizados para suponer que aquella situación que se, evidenció en éste sentido - por ejemplo entre Palmira y Cali - también se presentó en otros lugares,

## **179-II**

### **Eventos conexos**

El evento conexo más conocido y a la vez más interesante, el llamado 'ruido sísmico', también se observó durante el sismo de Colombia, por cierto que con tal fuerza y tan enorme propagación, que el término ruido ya no es apropiado en éste caso, puesto que además en todas nuestras fuentes de información sólo se habla de detonaciones. Habrá que distinguir entre aquellas que precedieron en forma inmediata a la sacudida principal, y de aquellas que aparecieron significativamente más tarde y que anunciaron la embestida de la marejada contra la costa. Aparte de la diferencia en el tiempo en la aparición de los dos tipos de detonación, la propagación y perceptibilidad de ambas son muy diferentes entre sí, en tanto que, como se entiende por si solo, el último tipo de detonación se limitó a aquel tramo de la costa en el cual se presentó la marejada.

**180-I** Sobre el tipo y la fuerza de las detonaciones provocadas por el sismo no es posible hacer mayor precisión puesto que en nuestros informes se menciona casi que exclusivamente que el sismo fué precedido por tres violentas detonaciones. Es sorprendente que estas tres detonaciones pudieran ser diferenciadas no sólo en el área pleistosísmica, sino inclusive hasta en Neiva, localizada a una distancia de 730 km en la parte alta del valle del Magdalena. Sobre la extraordinaria fuerza de las detonaciones habla el hecho de que estas fueran escuchadas en toda el área del sacudimiento; los puntos más exteriores de los cuales se dispone de información al respecto son Medellín y Bogotá. De Medellín disponemos de una interesante comunicación referida a lo anterior, del señor Juan de la Cruz Posada, en la cual las detonaciones son comparadas con el bramido subterráneo que fué escuchado en Colombia en la época de la explosión del Krakatoa, el 26 de agosto de 1883. Aunque sólo hubo un ruido leve y sordo,

fue posible diferenciar clara e individualmente las regulares sacudidas. El informador aduce haber escuchado el ruido ya algunos días antes del terremoto, pero el mismo día del sismo fué significativamente más audible, además después del sismo el ruido se hizo sentir por algún tiempo y sólo cesó totalmente a partir del terremoto de San Francisco. Esta afirmación se nos confirma en un informe del cónsul alemán en Medellín según el cual los ruidos subterráneos fueron la manifestación más notoria del terremoto. Se dice que algunas veces fueron tan fuertes y persistentes que a causa de ellos se suscitó el pavor en la población. Sobre la fuerza de las detonaciones sólo tenemos a mano un informe del vicecónsul en Palmira, según el cual éste se ubicaba en el grado IV, de la escala de Knett. En lo que concierne a la dirección de la cual provenían las detonaciones, sólo tenemos una noticia del capitán de la goleta "Allianza", la cual había zarpado de Esmeraldas el 30 de enero y arribó a Tumaco el 1 de febrero, es decir que la embarcación debía encontrarse en el momento del terremoto a una distancia corta hacia el norte del epicentro y en éste sentido es interesante que según la comunicación del capitán se escucharon tres detonaciones claras en dirección sur.

**181-I** Otro suceso conexo, no menos interesante que el extraordinario alcance auditivo de las detonaciones, son las transformaciones que se presentaron en gran número de fuentes de agua del distrito de Antioquia. Le debemos el conocimiento de éste hecho al informe de un ingeniero de minas, quien comunicó sus observaciones al cónsul alemán en Medellín. El informe dice: "Después del terremoto del 31 de enero se observaron alteraciones tanto en la fuentes de agua dulce como en las numerosas fuentes de agua salada de todo el Departamento de Antioquia. En algunas, de estas últimas se duplicó la cantidad de agua, sin que hubiera una disminución del contenido de sal; en otras aumentó el agua, pero era menor el contenido de sal. En cambio otras fuentes no mostraron ningún cambio en su abundancia, pero el contenido de sal se había vuelto en unas mayor y en otras menor. Algunas fuentes se secaron completamente. otras mostraron mezcla de sustancias azufrosas y todo esto ocurrió después del terremoto que fué leve en comparación con otras; sacudidas que se han sentido en Medellín, las cuajes no han producido semejantes variaciones en el contenido de agua y de sal de las fuentes". También en otros informes del área de las sacudidas más fuertes se habla de variaciones en las fuentes, un fenómeno que se observa casi que en todos los sismos de mayor envergadura y que encuentra fácilmente su explicación por la fuerza del movimiento. Lo sorprendente en los eventos mencionados debe verse en el hecho de que a una distancia tan grande del epicentro, casi en los límites de la región estremecida, se hayan presentado tales variaciones de tan grandes proporciones.



**181-I**

### **La ola de marejada**

De los tres grandes sismos que tuvieron lugar en el año 1906 en la costa occidental de América, sólo el colombiano estuvo acompañado de una marejada. Debido a la ausencia total de instrumentos de medición de mareas en la costa chilena en la época del terremoto, no es posible establecer si en el sismo de Valparaíso tuvo lugar algún movimiento del mar, pero en todo caso la perturbación no fué tan grande cómo para que la población costera fijara su atención en ello. En el sismo de San Francisco se infirió de los registros de los mareógrafos localizados en las cercanías de la ciudad que a la sacudida estuvo asociado un movimiento del mar, aunque dicho movimiento se redujo a un área muy limitada; no obstante no puede adjudicársele a éste movimiento el carácter de marejada sísmica, como aquellas que suelen presentarse como resultado de sismos costeros, muy en especial de sismos con epicentro en el fondo del mar en las áreas de aquellos sectores de la costa que están conformados dentro del mismo tipo del de toda la costa del Pacífico. Sólo el sismo colombiano tuvo como consecuencia una marejada sísmica en el verdadero sentido de la palabra. Ya en la página 159 se había presentado una descripción detallada del desarrollo de la marejada según el informe de un testigo. Debido a que el fenómeno se repitió en otros puntos en la misma forma, no es necesario volver otra vez a referirnos a ello, más bien se deben adicionar algunos datos sobre la hora de aparición de la marejada, sobre el número de olas, sobre su extensión en la costa y sobre las transformaciones que se produjeron por causa de ésta en la conformación de la costa y en las condiciones de profundidad frente a la costa.

**182-I** En cuanto al período de tiempo después del cual la marejada llegó a las costas de Colombia y Ecuador, sólo en un informe, el que en todo caso procede de un testigo presencial. Se afirma que el movimiento sísmico y la marejada alcanzaron la isla de Tumaco al mismo tiempo. Aunque en general son acertadas las observaciones del relator William Bruce sobre otros fenómenos relacionados con el terremoto de Tumaco, en éste punto debe haber un error. La mejor prueba de ello la descubrimos en el informe de otro testigo presencial, el señor Roberto J. Leeder, cuya exposición ya hemos reproducido arriba exhaustivamente. Sólo queremos recordar aquí que éste se había trasladado en su bote hacia la pequeña isla Pindo ubicada al sur de Tumaco, cuando fué sorprendido por el terremoto. Después de la finalización del terremoto principal él se había trasladado de regreso hacia Tumaco, donde se cercioró de los relativamente pequeños daños que había ocasionado el terremoto como tal. El sigue entonces en su informe con las siguientes palabras: "media hora después del terremoto llegó con gran violencia una marejada, reventó contra un lado de la ciudad y arrasó varios almacenes". Aún siendo pequeña la distancia entre Tumaco y la isla Pindo, tiene

que haber transcurrido algún tiempo, fuera lo corto que fuera, entre su salida de la isla Pindo y el arribo de la marejada después de su regreso a Tumaco. En la estimación de éste período de tiempo en media hora el relator coincide totalmente con otros que hacen mención general sobre éste punto. Naturalmente nosotros no vemos en ésta medición del tiempo algo así como una observación exacta, sino más bien como una indicación aproximada de la hora, llevada a cabo algún tiempo después con base en los recuerdos. De las otras indicaciones de tiempo medianamente confiables, una procede del comandante de S.M.S. "Falke", según el cual en Guapi se oyó hacia las 11<sup>h</sup>30<sup>m</sup> hora local en dirección noroccidente una explosión de tipo detonante, que parecía provenir de un cráter submarino. Inmediatamente después se escuchó en la lejanía un fuerte bramido, como de una tormenta, luego la ola rompió y destruyó las casas situadas en la zona baja. De otra parte, en una noticia tomada de un periódico nativo se establece como hora de llegada de la marejada a Guapi las 12<sup>h</sup>15<sup>m</sup>. Según la tercera noticia, proveniente de Bahía, aquí la superficie del mar comenzó a elevarse alrededor de las 12<sup>h</sup>10<sup>m</sup> hora local y en efecto la creciente alcanzó en 20 minutos cerca de 0.8 - 1.0 m. Finalmente, en Guayaquil la marejada llegó al parecer al mediodía.

**183-I** Tan grande como en la hora de llegada de la ola es la incertidumbre en cuanto al número de olas que pudieron observarse en los diferentes puntos. Se dice que en Tumaco sólo se observaron dos olas, de las cuales la segunda se presentó 20 minutos después de la primera, mientras que en Esmeraldas se señaló la cifra de seis olas. Esta última información se fundamenta probablemente en una confusión entre el número de olas grandes que siguieron inmediatamente después del terremoto y aquellas alteraciones en el nivel del mar causadas por éste, las cuales, como sabemos por otros informes, fueron perceptibles por algún tiempo a lo largo de toda la costa afectada por la marejada. Pues aunque Esmeraldas está localizada más cerca del epicentro que Tumaco y otros puntos costeros, no sería aceptable, y conduciría a una concepción errónea de todo el proceso, tratar de atribuir estas seis olas a igual número de sacudidas en el epicentro. Nos parece más natural suponer mareas de duración más o menos larga o corta de la masa de agua oceánica, como consecuencia inmediata de la marejada. A favor de ello hablan también los movimientos irregulares del agua en la costa informados desde varios lugares, los cuales se mantuvieron a lo largo de variados lapsos de tiempo. En Tumaco al parecer las mareas cambiaron totalmente durante un período notoriamente largo de 14 días; en Bahía la pleamar duró hasta las 9<sup>h</sup> de la noche del 31 de enero y en Esmeraldas se observaba una pleamar cada 2 horas. El único punto en el cual no se percibió ninguna marejada fué en Manta, al sur de Bahía. Pero no es posible determinar si éste informe negativo corresponde a la realidad o si condiciones especiales en la conformación de la costa o de las condiciones de profundidad impidieron la formación de una marejada perceptible. En todo caso es notorio que tanto en Bahía, ubicada al norte de Manta, como en Guayaquil, ubicado mucho más hacia el sur, la marejada fué observada en forma inequívoca.

**184-I** Se señala como afortunada circunstancia para Tumaco que la marejada se presentara en bajamar, debido a que ninguna parte de la isla totalmente plana está a más de unos 3 m sobre el nivel del mar, de modo que en pujas el agua sube inclusive al nivel de las calles. Si el acontecimiento se hubiera presentado en marea alta irremisiblemente toda la ciudad habría sido arrasada y habría compartido el destino de otros puntos de la costa. Ciertamente en Tumaco se adiciona además la circunstancia favorable de que a la isla principal se anteponen frente al mar dos islas más pequeñas, las cuales soportaron el primer embate de las olas del mar y quebraron su fuerza. Así sucedió que a pesar de la altura de la marejada sólo las calles quedaron cubiertas por el agua y no se produjo ningún daño por las olas.

**184-II** Igualmente Guapi, localizada un poco río arriba, resultó protegida de la afectación directa por la marejada, mientras que los asentamientos ubicados río abajo hasta la desembocadura fueron arrasados. La misma suerte corrió un número mayor de poblaciones situadas inmediatamente sobre la playa llana, tales como Bocagrande, Pianguapi, Guacada, entre otras y aún adentro en tierra firme la marejada pudo ocasionar mayores daños ya que tuvo la oportunidad de inundar a lo largo y ancho toda la tierra plana a través de los cauces de agua y canales ampliamente ramificados.

**185-I** Muy diferentes son las condiciones en las áreas más al norte en la provincia de Manabí, perteneciente al Ecuador. Aquí la tierra montañosa terciaria llega al mar con elevadas orillas y como los ríos se han insertado en forma profunda, las masas de agua encontraron en los extensos valles espacio suficiente para extenderse sin ocasionar ningún daño de consideración en las ciudades situadas en lo alto, como Esmeraldas y otras; En concordancia con la divergencia por las condiciones de altura, el efecto que ejerció la marejada sobre la conformación de la costa también fué muy diferente en el norte y en el sur. En la costa plana, que se extiende desde La Tola, en el sur hasta un poco al norte de Buenaventura, al parecer la configuración de la costa experimentó a causa de la marejada múltiples cambios. Como prueba de ello transcribimos aquí el informe del capitán F. Schwak del barco "Luxor" de la sociedad alemana de navegación a vapor "Cosmos": "Al zarpar de Buenaventura tocamos fondo con el 'Luxor' y encallamos alrededor de 3/4 de hora. La carta de navegación señala para el lugar en bajamar 7.3 m de profundidad, es decir que está errada. Tomé la dirección de Pt. limones en m.w. ESE y la de Cable-House en m.w. NE 1/2 N., donde en la carta se indican 7.3 m. Pasamos el lugar 1 1/2 horas después de la marea baja y sondeamos allí 6.4 m de profundidad desde el centro del barco, mientras que adelante y atrás se sondearon 7.4 y 9.2 m. Según lo anterior se ha formado un banco y en bajamar debe haber escasamente una profundidad de 5 m. Nuestro calado en la parte de atrás era de 6.6 m. Es decir que barcos de gran calado sólo

deberían entrar y salir con marea alta. Parece que las condiciones de profundidad en Tumaco y Esmeraldas son ahora muy diferentes, tal como me fué informado por la agencia en Manta. Al entrar a Manta desde Bahía también encontré menos agua de la que estaba indicada en la carta. Por ello es necesario tener el mayor cuidado en la entrada y en la salida."

**185-II** De Esmeraldas también se nos informa de alteraciones en las condiciones de profundidad del mar en las cercanías de la costa aún cuando parece que sólo fueron pequeñas. Más significativas que en la costa fueron las alteraciones en el lecho del Río Esmeraldas. No hay ninguna duda en cuanto a que estas alteraciones de las condiciones de profundidad deben verse como un efecto de la marejada y ello se explica con la actividad de la ola rompiente. Mientras que en algunos lugares, por ejemplo en Tumaco y en la isla Dotonodó junto a Baudó la tierra fué arrastrada, en otros fué transportado material a las cercanías de la costa. A través de éste transporte de material nos explicamos la formación del bajo frente a Buenaventura, el cual entonces no debe atribuírse a un levantamiento del suelo.

**186-I** Al igual que en todos los sismos fuertes de la costa occidental de América que han dado lugar a la formación de marejadas, también en el terremoto de Colombia la marejada se extendió sobre el gran océano. No tenemos conocimiento respecto a si en la costa este de Asia ésta ejerció alguna influencia notoria sobre el nivel del agua; sólo es posible observarla hacia el norte hasta San Diego en la costa de California y en dirección oeste hacia las islas de Hawaii. Su propagación hacia el sur sólo la conocemos hasta el Golfo de Guayaquil, pero debe asumirse como cierto que se extendió aún más hacia el sur, sólo que al incrementarse la distancia del epicentro la altura de la ola se hizo tan pequeña que escapó a la observación directa. El primer lugar situado al norte de la zona de la sacudida en la cual fué registrada la llegada de la ola por un mareógrafo es Panamá, como se desprende de una noticia periodística; de San Diego y Honolulu disponemos de los registros del mareógrafo. Antes de leer a partir de las curvas el desarrollo del fenómeno, es conveniente informar brevemente sobre la forma en que se desarrolló el fenómeno en San Diego, según un informe del "San Francisco Chronicle" del 3 de febrero de 1906.

**186-II** La primera ola llegó durante la bajamar y tuvo como consecuencia que la corriente descendente predominante en esos momentos se convirtiera en una de pleamar. La inversión de la marea fué tan notoria, que a marineros y pescadores que estaban en ese momento trabajando en las cercanías de San Diego les llamó la atención, más aún si se tiene en cuenta que la bajamar debía durar hasta alrededor de las 10 de la noche. Botes y barcos que estaban en el puerto y cuya orientación estaba fijada por la marea descendente se voltearon en dirección contraria. Este evento fué más evidente en las cercanías de la estación

de cuarentena, donde también se encuentra una estación del servicio geodésico.

**186-III** Cómo se desarrolló en realidad el fenómeno en San Diego nos lo enseña el mareograma de la estación localizada allí. Dos horas y media después de la marea alta la curva de mareas muestra una fuerte ruptura hacia abajo, para luego volver a ascender, es decir, que la bajamar dominante en ése momento se reforzó por un repentino retroceso del agua. Pero ésta retirada incrementada del agua apenas duró 4 min. e igualmente escapó a la observación debido a su corta duración. Sólo entonces comienza el agua a subir ya en forma más lenta de lo que fuera el caso en el descenso anterior. El período de la primera ola fué de 15 min. el de las siguientes 10 min. pero entre éstas hay también algunas de 15 min. En el mareograma aparecen estas olas ascendentes como olas superpuestas a la onda de marea y permanecen alrededor de 5 horas hasta el inicio de la siguiente pleamar. Una segunda serie de olas se inicia el 1 de febrero a las 7<sup>h</sup>25<sup>m</sup>. La primera ola de ésta segunda serie comienza, al igual que en la primera serie, con un descenso de corta duración del nivel del mar, al cual le sigue un ascenso del agua de mayor duración. El período de éste primer oleaje de la segunda serie también es de 15 minutos y la duración de toda la segunda serie es nuevamente de 5 horas. Las últimas olas de ésta serie alcanzan un período de 35 min. Tras una corta interrupción de 25 min. durante la cual el nivel del mar se inquietó a través de un gran número de olas cortas y pequeñas, viene la tercera y más prolongada serie de olas, la cual aún no había llegado a su fin el 3 de febrero a las 18<sup>h</sup>, punto final de nuestro mareograma. El proceso del movimiento de mareas se repite en ésta última serie exactamente del mismo modo que en las anteriores. La primera ola comienza con el descenso de la ondulación y asciende luego bruscamente. Las olas mantienen constante su período de 15<sup>m</sup>, a lo largo de toda su duración. A las ondas de marea se superponen nuevamente olas de menor período, las cuales ya estaban presentes antes de la llegada de la marea y que después se superponen de igual manera a las olas siguientes.

**187-I** Sobre la aparición de la marejada en las islas de Hawaii, además de noticias periodísticas, disponemos de informes oficiales del consulado alemán y de la oficina de geodesia del lugar, y el registro del mareógrafo del puerto de Honolulu. Según el primero la marejada se presentó con gran fuerza tanto en Kahului en la costa noreste de la isla Maui, como también en Hilo en el lado NE de la isla Hawaii. En Hilo, simultáneamente con la marejada hubo un sismo leve pero éste no puede guardar ninguna relación causal con la marejada, En el puerto de Honolulu, alrededor de las 31/2 horas del 1 de febrero ya se observó una agitación del agua. pero sólo alrededor de 1/4 de hora después de las 4<sup>h</sup> las fluctuaciones del nivel del mar se hicieron tan extraordinarias que inmediatamente tuvimos claridad sobre las causas del fenómeno. En la hora señalada el agua se retiró de la costa a una distancia de varios cientos de metros, y los barcos que estaban anclados en el puerto giraban con la corriente, volviendo la proa hacia la costa. La playa quedó totalmente seca a todo lo largo y ancho de tal forma que durante un

corto período de tiempo fué posible caminar encima sin peligro, pero de repente las masas de agua retornaron con ruidoso estruendo y alcanzaron una altura de 2 1/2 m. En Kahului el nivel del agua llegó hasta la altura del viejo atracadero para vapores y a la carretera que corre a lo largo de la costa. Durante el retroceso inicial del mar las masas de agua de los ríos Wailuku y Waiolama se vertieron en el mar con la velocidad de una quebrada de molino; en el primero la cascada quedó totalmente seca por un instante, pero luego a causa de la impetuosa marejada quedó totalmente cubierta bajo el agua y se retrajo de la observación. A la primera marejada le siguieron otras dos en un lapso de 20 min; de las tres olas la segunda fué más grande que la primera y la tercera la mayor de las tres. No se presentaron daños por la marejada, ya que según la aseveración del cónsul alemán el agua en ningún momento subió más de 0.3 m sobre su altura media.

**188-I** Los anteriores datos encuentran su confirmación en los registros del mareógrafo ubicado en el puerto de Honolulu. Las olas de la marejada arribaron corto tiempo después de bajamar con el agua en ascenso. A partir de la débiles sinuosidades ondulantes de la hasta entonces muy tranquila curva se puede deducir la antes mencionada agitación del agua antes del arribo de la primera marejada. En contraposición a San Diego, el proceso de la creciente comienza aquí con un ascenso reforzado del nivel del agua poco después de las 4h. Pero el carácter de marejada sólo se reconoció con el retroceso del mar y tal como se dice en los informes, se sucedieron tres olas, de las cuales la tercera fué la más elevada, alcanzando una altura de 2.5 m. El período de las tres olas es en promedio 30 mino es decir, el doble de largo que el de las olas correspondientes en San Diego. Por lo demás, el fenómeno asume en las islas Hawaii el mismo curso que en San Diego. Es posible diferenciar tres series de olas, que se presentan dentro del mismo intervalo de tiempo y que manifiestan la misma proporción relativa en cuanto a la altura de las olas, sólo que aquí el período de las olas permanece en 30 min. así como en San Diego fué de 15 min.

**189-I** A continuación de todo sismo fuerte es sabido que se presentan réplicas en variadas cantidades e intensidades. Se supone que el número de sacudidas posteriores es proporcional a la fuerza de la sacudida principal. Este fenómeno no sólo se extiende durante meses, sino que en algunos sismos ha durado más de un año. Remitimos al famoso sismo de Mino-Owari del 31 de octubre de 1901, al sismo de Assam del 12 de junio de 1887 y del año de 1905 incluimos el sismo de Kangra. En el sismo colombiano el número de réplicas es notoriamente pequeño, posiblemente no sólo una consecuencia de la falta de informes, sino también del hecho de que el epicentro de éste sismo se localizó a unos 200 km de distancia de la costa en el fondo del océano. El mayor número de réplicas se conoció de Tumaco. A lo largo de seis semanas después de la sacudida principal se sintieron todos los días varias sacudidas, aunque leves, en total más de 100; luego se hicieron más escasas y el último temblor se produjo el 13 de julio. En Esmeraldas

se contaron hasta el 8 de febrero 25 sacudidas; la segunda mitad de febrero fué más tranquila, el 18 de marzo aún se presentó una sacudida más intensa y la última fué el 23 de marzo. De todos las réplicas sólo aquella del 2 de febrero desarrolló una mayor fuerza y se percibió hasta en Popayán e Ipiales.

**189-II** Una mejor visión sobre el desarrollo del fenómeno la obtenemos a partir de las anotaciones de la estación en Quito. Aquí se registraron el 31 de enero y en los dos días siguientes no menos de 35 sismos de los cuales 4 - incluido aquel del 2 de febrero - se sintieron en la misma ciudad de Quito. Si consideramos que el sismógrafo de Quito sólo registra las perturbaciones sísmicas con una amplificación reducida, y que de por sí Quito está situada a una distancia de 365 km del epicentro, entonces podemos suponer que el número real de réplicas en el área pleistosísmica fué mucho mayor a lo que conocimos. A partir del 3 de febrero el número de eventos registrados en Quito disminuye notoriamente; en éste día baja a dos. En los días siguientes el número de eventos registrados fluctúa entre 1 y 3; a partir del 10 de febrero hay días en los cuales no se registra un sólo sismo. A partir del 1 de abril parece retornar para Quito el estado normal.

**190-I** Entre todas las réplicas, aquella del 2 de febrero a las 16<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> parece ser la más fuerte y más extensa. En sus propiedades características se asemeja completamente al sismo principal del 31 de enero de 1906. En la región pleistosísmica el movimiento también fue vertical y a mayor distancia ondulante. Llegando las ondas nuevamente del sur. Aún en Palmira ésta réplica tuvo una intensidad relativamente alta. Llama la atención el comportamiento muy diferenciado de Cali y de Palmira en cuanto a la cantidad e intensidad de las réplicas. Ya en los comentarios al sismo principal mencionamos que su intensidad en Cali fue significativamente mayor que en e, ' vecino Palmira. La misma relación entre estos dos sitios se notó en cuanto a la cantidad de réplicas. Mientras que en Palmira el número de réplicas fue muy pequeño y sólo se sintió como relativamente fuerte el del 2 de febrero, en Cali las réplicas aún no habían cesado el 20 de abril. Probablemente no erramos si relacionamos la mayor actividad sísmica en Cali con la localización de la ciudad, en el costado oriental de la Cordillera Occidental y cerca a la falla que sigue el valle del Cauca, la cual también contribuyó notablemente a la propagación de los estremecimientos del sismo principal en dirección al norte.

**190-II** Antes de pasar a cuestiones de carácter más general, a las cuales las consideraciones anteriores dan lugar, tenemos que mencionar un punto que ya tocamos brevemente en la delimitación de la región estremecida por el terremoto principal. En el periódico "El Trabajo" del 9 de febrero de 1907 se da como hecho que el terremoto principal también fué sentido con bastante fuerza en la costa sur del Golfo del Darién y que causó en las aguas del Mar Caribe una ola de marejada. Sin querer negar un terremoto en estas regiones, sí tenemos que

afirmar decididamente que si aquí ocurrió un sismo al mismo tiempo que el terremoto colombiano, de ninguna manera se puede ver en relación causal con éste último. Aparte de que según una comunicación del vicedcónsul alemán en Cartagena no se conoció ninguna observación sobre un terremoto en la región de la costa atlántica de Colombia, la disminución de la intensidad del terremoto hacia el norte hasta Medellín desvirtúa ésto definitivamente.



### III. NOTAS DEL TRADUCTOR

En el texto la *numeración en negrita* a la izquierda indica la página y el número de párrafo en la publicación original.

El artículo de *Rudolph & Szirtes* consta de tres partes: aquellas marcadas con asterisco están traducidas e incluidas en la presente publicación:

#### Introducción

##### Parte I

- Los grandes terremotos del año 1906
- La actividad sísmica de los Andes de Ecuador y Colombia  
(Incluye el Mapa 1, el cual no fué incluido)

##### Parte II

- Extensión e intensidad del terremoto colombiano \*
- Los sismos precursoros \*
- El terremoto principal \*
  - Tipo de movimiento \*
  - Número, duración y dirección de los movimientos sísmicos \*
  - Límites de la región estremecida \*
  - Zonas de la región estremecida \*
  - Fenómenos conexos \*
  - La ola de marejada \*
- Las réplicas \*
- Profundidad focal y causo del terremoto
- Bibliografía

##### Parte III

- Propagación microsísmica del terremoto
- Tiempo de recorrido
- Velocidad de las ondas longitudinales en el interior de la Tierra
- Bibliografía

Como *región estremecida* se considera el área en el cual el evento sísmico puede ser sentido (Intensidad igual o mayor que V).

El término *región pleistosísmica* se era usual para designar el área más próxima al epicentro.

El trabajo es muy anterior a la creación de la "escala de magnitud" (Richter, 1935), mediante la cual se hizo posible medir en forma instrumental y objetivo el tamaño de un terremoto. Por otro lado muestra y discute las limitaciones del método utilizado entonces para estudiar el tamaño de eventos sísmicos las escalas de intensidades, fundamentadas en una apreciación (más o menos subjetiva) de los efectos (sensaciones, daños, efectos en el medio ambiente).

Los autores tenían pleno conciencia de la relación entre la intensidad de un sismo y el tipo de suelo (p. ej. en 153-I y 173-I). Uno de los fenómenos asociados a los movimientos sísmicos fuertes más importantes y de mayor potencial destructor es la licuación (ó licuefacción). En éste, mezclas de estado sólido y líquido (capas de arena / limo saturadas de agua). durante la vibración se comportan como un líquido. es decir, pierden su resistencia a esfuerzos cortantes y en esa medida también la mayor parte de su capacidad portante. El fenómeno, que típicamente ocurre en playas, riberas, cauces de ríos actuales y antiguos, llanuras de inundación etc., ha ocurrido extensamente en las partes bajas de la Costa Pacífica. *Rudolph & Szirtes* no lo advirtieron en toda su importancia y sólo mencionan brevemente su ocurrencia, señalando que probablemente está relacionado con la naturaleza del suelo (160-1, 174-1). Este fenómeno sólo empezó a estudiarse en detalle después de los grandes daños que causó en el terremoto de Niigata (Japón. 1964).

Si bien según el Mapa 2 la "Ola de Marejada" (tsunami) afectó toda la costa pacífica de Colombia, en el texto solamente un detalle, relacionado con la costa del Chocó (185-I), insinúa el alcance del fenómeno. De otras fuentes (J.E. Ramírez, "Historia de los terremotos en Colombia") se sabe que también en el norte hubo consecuencias graves, como lo inundación de Puerto Mutis.

El trabajo menciona una observación que permite inferir la gran intensidad que el evento probablemente también tuvo en el *Chocó*: menciona (175-II) que el cable submarino entre Buenaventura y Panamá se rompió en varias partes, incluyendo una ruptura a tan sólo 31 millas de Panamá. Muy probablemente estos daños fueron causados por deslizamientos submarinos y/o "corrientes de turbidez" generados por la vibración sísmica.

Al encontrar que las zonas de igual intensidad son más alargadas en dirección N-S (ver Mapa 2), *Rudolph & Szirtes* argumentan en varias partes del trabajo que esto es consecuencia de un efecto de guía de las cordilleras y, principalmente, las grandes fallas geológicas interandinas (p. ej. 179-I). Esta interpretación puede estar errada; la forma alargada de las isosistas podría explicarse como consecuencia de una mayor atenuación sísmica en dirección E – W, por causa de las reflexiones y refracciones en las múltiples interfases geológicas, y de efectos dinámicos en el foco (efecto direccional de la radiación por el avance del frente de ruptura).

Los autores también hacen énfasis en que algunos sitios cercanos a las grandes fallas (Cali, Manizales) tuvieron mayor intensidad que otros sitios a igual distancia epicentral (Palmira), en consecuencia de un fenómeno direccional de las fallas como el mencionado. También aquí es aconsejable evaluar interpretaciones alternativas, como por ejemplo una amplificación topográfica de las ondas sísmicas (Manizales está localizada sobre uno de los contrafuertes de la Cordillera Central) y la mayor o menor profundidad del basamento rocoso.