SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 38

MEMORIA RELATIVA

AL

TERREMOTO MEXICANO DEL 3 DE ENERO DE 1920

POR LAS COMISIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Smithsonian Institution
P. HAY
COLLECTION
261259

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

México.—1922

SMITHSONIAN

PUBLICACIONES PERIODICAS

DE LA

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

BOLETIN DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

(MENSUAL)

ORGANO DE LOS DEPARTAMENTOS DE INDUSTRIAS, DE COMERCIO Y DE TRABAJO

Subscripción por un año	$	5.00
Por seis meses		2.75
Números sueltos		0.50
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls.	5.00
Por un año en Europa y Sudamérica		7.00

BOLETIN MINERO

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE MINAS

Subscripción por un año	$	11.50
Por seis meses		5.75
Números sueltos en la República		1.00
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls.	10.50
Números sueltos en Estados Unidos, Cuba y Canadá		1.00
Por un año en Europa y Sudamérica		12.50
Números sueltos en Europa y Sudamérica		1.25

BOLETIN DEL PETROLEO

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE PETROLEO

Subscripción por un año	$	11.50
Por seis meses		5.75
Números sueltos en la República		1.00
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls.	10.50
Números sueltos en Estados Unidos, Cuba y Canadá		1.00
Por un año en Europa y Sudamérica		12.50
Números sueltos en Europa y Sudamérica		1.25

GACETA OFICIAL DE LA OFICINA DE PATENTES Y MARCAS

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE PATENTES Y MARCAS

Subscripción por un año	$	6.00
Número suelto		0.50

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Boletín, Anales y Monografías Diversas

Pídanse precios a la Administración de Publicaciones

GACETA MENSUAL DEL DEPARTAMENTO DE TRABAJO

Distribución gratuita

PUBLICACIONES DIVERSAS

Solicítese el catálogo de Publicaciones de la Secretaría

Al hacer los pedidos, cuyo pago debe ser adelantado, deberá enviarse el importe en documentos de fácil cobro, tales como giros postales, vales para editores, letras a la presentación o cheques, a favor del Administrador de Publicaciones, quien rehusará dichos pagos si vinieren en timbres u otra clase de documentos diferentes de los citados.

Para toda clase de informes y pedidos, dirigirse a la Administración de Publicaciones de la SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO.—Teléfonos: Ericsson, 10-401, y Mexicana, 13-55 Neri.—Avenida República Argentina núm. 12.—MEXICO, D. F.

M612
no 38-39
SZ

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

Mexico.

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 38-39

MEMORIA RELATIVA

AL

TERREMOTO MEXICANO DEL 3 DE ENERO DE 1920

POR LAS COMISIONES

DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Smithsonian Institution
P. HAY
COLLECTION
261259

SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO.—1922

"Los autores de las publicaciones del Instituto Geológico de México, son responsables personalmente, de las ideas que emitan o de las nuevas teorías que sustenten."

CONTENIDO

TEXTO

Págs.

INTRODUCCION... Por el ingeniero de minas don Leopoldo Salazar Salinas, Director del Instituto Geológico de México..... 5

PRIMERA PARTE

CAPITULO I..... Reseña fisiográfica 11
CAPITULO II..... Reseña geológica 17
CAPITULO III..... Estudio del terremoto..... 22
1.—Descripción general del fenómeno y sus efectos en la zona megasísmica..... 22
2.—Extensión, forma, límites y situación geográfica del área pleistosística y carácter del movimiento 23
3.—Dirección del movimiento..... 25
4.—Duración del choque..... 27
5.—Propagación del movimiento sísmico..... 27
CAPITULO IV..... Efectos geológicos 27
CAPITULO V..... Efectos sobre las construcciones..... 30
CAPITULO VI..... Fenómenos acompañantes 36
1.—Efectos sobre seres orgánicos..... 36
2.—Fenómenos acústicos 37
3.—Temblores anteriores procedentes del mismo foco 37
CAPITULO VII..... Conclusiones generales y causa del temblor..... 44

SEGUNDA PARTE

ADVERTENCIA 47
CAPITULO I..... Informe que sobre los fenómenos sísmicos del 3 de enero de 1920, rinde el Inspector de la Red Sismológica 47
1.—Generalidades 47
2.—Choques premonitores 48
3.—Hora del temblor..... 49
4.—Duración e intensidad 57
5.—Choques subsecuentes 58
6.—Efectos de los temblores del 3 de enero de 1920, en las construcciones de la ciudad de Jalapa 59
CAPITULO II..... Estudio sismográfico 61
A.—Observaciones instrumentales directas..... 61
1.—Estación Sismológica Central. Tacubaya, D. F. 61
2.—Estación Sismológica de Oaxaca, Oax. 64
3.—Estación Sismológica de Jalapa, Ver. 66
4.—Registro de los choques anteriores y recientes del mismo foco..... 67

Págs.

5.—Choques recurrentes registrados en la Estación Central 68
B.—Observaciones instrumentales extranjeras..... 70
1.—Spring Hill College, Mobile, Alabama..... 71
2.—St. Louis University, St. Louis, Mo..... 71
3.—Georgetown University, Washington, D. C.... 72
4.—Harvard University, Cambrige, Mass..... 72
5.—Ottawa, Earthquake Station, Dominion Observatory 73
6.—Berkeley Station, California..... 74
7.—The Lick Observatory Station, California..... 74
8.—La fase "Cero."..... 75
9.—Conclusiones sismográficas 75

TERCERA PARTE

CAPITULO I..... Itinerario 77
CAPITULO II..... Fisiografía 78
1.—Orografía 78
2.—Hidrografía 78
CAPITULO III..... Cortes geológicos 80
CAPITULO IV..... Efectos del temblor en los lugares habitados..... 82
1.—San Andrés Chalchicomula, Pue..... 82
2.—Saltillo Lafragua, Pue..... 84
3.—Ranchería de Agua de la Mina..... 85
4.—Chilchotla, Pue. 85
5.—Patlanalá, Pue. 86
6.—Ayahualulco, Ver. 87
7.—Camuxapa, Ver. 88
8.—Barranca Grande, Ver..... 88
Cuadro general del carácter del terremoto..... 89
CAPITULO V..... Efectos del temblor sobre el terreno..... 89
1.—Grietas 89
2.—Deslizamientos y derrumbes de las montañas. 90
3.—Manantiales 92
4.—Inundación de lodo..... 92
5.—Hundimientos locales 93
CAPITULO VI..... Resultados de las observaciones macrosísmicas..... 94
1.—Isoseistas 94
2.—Profundidad del hipocentro..... 96
3.—Energía del movimiento..... 96
4.—Dirección del movimiento..... 98
CAPITULO VII..... Consideraciones dinámicas acerca del terremoto. Sismogenia 99
APENDICE 103
I.—Proyecto de una red sismológica en México. 103
II.—Informe ministrado por el señor Octavio Fernández de Castro 105
BIBLIOGRAFIA 107

ILUSTRACIONES

Lámina I-A. . . . . El Pico de Orizaba. Vista tomada desde San Andrés Chalchicomula, Pue.
Lámina II-A. . . . . El Pico de Orizaba. Vista tomada desde la "Cueva." Falda occidental del volcán.
Lámina III-A. . . . . Vista general de Jalapa, Ver. En el fondo, el cono basáltico del Matlacuiltepetl.

Lámina IV-A. . . . . Fot. 1.—Vista de Cosautlán, Ver. (destruído), tomada desde el camino de Teocelo a esta población.
Fot. 2.—Destrucciones en la parte alta de Cosautlán, Ver.
Lámina V-A. . . . . Fot. 1.—Sierra de Ocotene, desde el Espinazo del Diablo. Abajo se ve el Cerro de los Platos.
Fot. 2.—Borde de una de las fallas que limitan por el Norte el Valle de Patlanalá, en el Cerro de Tepehícan.
Lámina VI-A. . . . . Fot. 1.—Valle de Patlanalá, Pue., visto desde el Oriente. La fotografía demuestra los derrumbes efectuados por el temblor del 3 de enero de 1920, en los cerros que limitan el valle.
Fot. 2.—El cerro de Tepehícan y la laguna de Patlanalá al pie del cerro.
Lámina VII-A. . . . . Barranca de Acuitlatipa, en la que se originó la principal avenida de lodo que destruyó las congregaciones de los alrededores de Patlanalá, Pue.
Lámina VIII-A. . . . . Detalle del fondo de la barranca de Acuitlatipa que muestra el origen y espesor de las avenidas de lodo.
Lámina IX-A. . . . . Fot. 1.—Derrumbe en la cima del Cerro Colorado que limita el valle de Patlanalá por el Norte. (Se nota en la fotografía una ligera nube de polvo producida por la caída de una piedra.)
Fot. 2.—Campamento de la primera comisión en Patlanalá. (En el fondo se ve un derrumbe.)
Lámina X-A. . . . . Fot. 1.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl visto desde Patlanalá, Pue. En los cerros cercanos se ven los derrumbes de sus flancos.
Fot. 2.—Valle del Río Pescados con la sierra de Ocotene (a la izquierda). Vista tomada desde "La Mojonera," en los alrededores de Patlanalá.
Lámina XI-A. . . . . Fot. 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte de la plaza.
Fot. 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el lado W. de la plaza. En el fondo se ve el Cofre de Perote.
Lámina XII-A. . . . . Fot. 1.—Cosautlán, Ver. Casas destruídas situadas detrás del templo de esa población.
Fot. 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte del templo.
Lámina XIII-A. . . . Fot. 1.—Torre del Templo de Cosautlán, Ver., caída al NW.
Fot. 2.—Iglesia destruída en Cosautlán, Ver. El muro del fondo estaba orientado NE.-SW.
Lámina XIV-A. . . . . Fot. 1.—Altar mayor de la iglesia de Cosautlán, Ver., destruído.
Fot. 2.—Muro cuarteado de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Orientado de NE. a SW.)
Lámina XV-A. . . . . Fot. 1.—Pilar cuarteado del templo de Cosautlán, Ver.
Fot. 2.—Altar norte de la iglesia de Cosautlán, Ver. Destruído.
Lámina XVI-A. . . . . Fot. 1.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte superior.)
Fot. 2.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte inferior.)
Lámina XVII-A. . . . Fot. 1.—Templo de Teocelo, Ver. Altar mayor destruído.
Fot. 2.—Pilastra y balaustres de piedra artificial movidos en el altar mayor del templo de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)
Lámina XVIII-A. . . Fot. 1.—Busto de Hidalgo movido sobre su pedestal. Plaza de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)
Fot. 2.—Derrumbe del cerro de Tlatetela, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Lámina XIX-A. . .. Fot. 1.—Derrumbe en un cerro de los alrededores de Barranca Grande, Ver.
Fot. 2.—La sierra de Ocotene, vista desde Cosautlán, Ver.
Lámina XX-A. . . . Fot. 1.—Derrumbe y vegetación destruída por el terremoto en el camino de Cosautlán, Ver., a Patlanalá, Pue.
Fot. 2.—Iglesia destruída de Patlanalá, Pue. En el fondo se ve un derrumbe.
Lámina XXI-A. . . . . Fot. 1.—Vista general de lo que fué el caserío de Barranca Grande, Ver. En el fondo se ve una de los pocas casas que no fueron cubiertas por el lodo. (Fotografía tomada desde el NW.)
Fot. 2.—Parte de la avenida de lodo que ocupó el lecho del Río Pescados, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.
Lámina XXII-A. . .. Fot. 1.—Lecho del Río Pescados ocupado por una avenida de lodo en los alrededores de Barranca Grande, Ver. Vista tomada del SE.
Fot. 2.—Borde de una avenida de lodo en los alrededores de Barranca Grande, Ver.
Lámina XXIII-A. . . . . Casa cubierta por la avenida de lodo en la Congregación de Barranca Grande, Ver.
Lámina XXIV-A. . . Fot. 1.—Exterior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.
Fot. 2.—Interior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.
Lámina XXV-A. . .. Fot. 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones alderredor de la plaza.
Fot. 2.—Plaza, kiosco y barracas construídas después del terremoto en Cosautlán, Ver., para abrigo de los habitantes.
Lámina XXVI-A. . . Fot. 1.—Casas destruídas en los costados de la plaza de Teocelo, Ver. (Parte alta de la ciudad.)
Fot. 2.—Teocelo, Ver. Casa destruída en la calle que conduce de la estación del Ferrocarril de Jalapa a la plaza de Teocelo.
Lámina XXVII-A. . . Fot. 1.—Templo de Teocelo, Ver., y casas de sus cercanías.
Fot. 2.—Teocelo, Ver. Destrucciones al Sur del templo. En la parte derecha de la fotografía se ve el monumento a Hidalgo.
Lámina XXVIII-A. . Fot. 1.—Torre destruída del templo de Teocelo, Ver.
Fot. 2.—La torre del templo de Teocelo, Ver., vista desde el SE.
Lámina XXIX-A. . . Fot. 1.—La nave central de la iglesia de Teocelo, Ver., vista desde el altar mayor.
Fot. 2.—Nave lateral norte del templo de Teocelo, Ver.
Lámina XXX-A. . .. Fot. 1.—Nave lateral sur del templo de Teocelo, Ver.
Fot. 2.—Jalapa, Ver. Casas apuntaladas en la calle de Enríquez. En el fondo se ve la cima del Cofre de Perote.
Lámina XXXI-A. . . Fot. 1.—Aspecto de algunas construcciones en la calle de Enríquez, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Otro aspecto de la misma calle.
Lámina XXXII-A.... Fot. 1.—Aspecto de la calle de Enríquez, en Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Aspecto de la calle de Enríquez, en Jalapa, Ver.
Lámina XXXIII-A. . Fot. 1.—Casa destruída en la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Casa destruída en la 2.ª de Leona Vicario, Jalapa, Ver.
Fot. 3.—Aspecto de la casa de la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.
Fot. 4.—Casas destruídas en la calle de Leona Vicario, Jalapa, Ver.
Lámina XXXIV-A. . Fot. 1.—La fachada de la catedral de Jalapa, Ver.
Fot. 2.—La iglesia del Calvario, Jalapa, Ver. (cuarteada).
Fot. 3.—Templo abandonado de "Los Corazones," Jalapa, Ver.

Lámina XXXV-A. . . Fot. 1.—Fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Detalle de las destrucciones en la fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.
Lámina XXXVI-A. . Fot. 1.—Conjunto de las destrucciones en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Destrucciones de las claves de los arcos de mamposteria en el interior de la casa de la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.
Lámina XXXVII-A.. Fot. 1.—Detalles del interior de la casa situada en la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Detalles del interior de la casa situada en la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.
Lámina XXXVIII-A. Fot. 1.—Casa de la cantina "La Favorita," Jalapa, Ver. La casa está agrietada en el interior.
Fot. 2.—Casa destruída en la esquina de las calles 1.ª de Záyago y 5.ª de Clavijero, Jalapa, Ver.
Lámina XXXIX-A. . Fot. 1.—El Cofre de Perote, visto desde Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Otra vista de El Cofre de Perote.
Lámina XL-A. . ... Fot. 1.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Paso del Macho, Ver.
Fot. 2.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Jalapa, Ver.
Lámina XLI-A. . . . . Perfiles esquemáticos del terreno entre Barranca Grande, Ver., y Patlanalá, Pue.
Lámina XLII-A. . . . . Carta que contiene las localidades de la República de donde se recibieron noticias telegráficas e informes acerca del carácter del temblor.
Lámina XLIII-A. . . . . Croquis de Cosautlán, Ver., que manifiesta las destrucciones producidas por el terremoto.
Lámina XLIV-A. . . . . Plano de la ciudad de Jalapa que demuestra las zonas de máxima destrucción y las inmunes.
Lámina I-B. . . . . Mapa sísmico correspondiente a la zona megasísmica del 3 de enero de 1920. Escala 1|400 0000. (H. Camacho.)
Lámina II-B. . . . . Perfil longitudinal del itinerario San Andrés Chalchicomula, Pue., a Jalapa, Ver. El Cañón del Huitzilapa, en Patlanalá, Pue. Corte transversal de la cañada en que se asienta Saltillo Lafragua, Pue. La falla de Ocoxochoacán, Pue. Localización del epicentro.
Lámina III-B. . . . . Gráficas que demuestran las relaciones entre las intensidades del movimiento y las dimensiones de las isosistas. Esquema que manifiesta la acción del primer impulso del terremoto sobre los sismógrafos de la Estación Central de Tacubaya. Discontinua de Credner que contiene la presentación en tiempo de las réplicas, after-shocks y temblores de "relais" que acompañaron al terremoto.
Lámina IV-B. . . . . Fot. 1.—El Pico de Orizaba, visto desde San Andrés Chalchicomula, Pue.
Fot. 2.—El Valle de Acocomotla, Totolintla. Escalón en la vertiente oriental del alineamiento orográfico "Cofre de Perote-Pico de Orizaba."
Lámina V-B. . . . . Fot. 1.—El cañón del río Huitzilapa entre Quimixtlán y Patlanalá, Pue., mostrando las huellas de la inundación de lodo que siguió al terremoto del 3 de enero.
Fot. 2.—El arroyo de Temascalapa, afluente del Huitzilapa al NE. de Chilchotla, Pue. Encajonado en altos muros basálticos.

Lámina VI-B. . . . . Fot. 1.—Cerro de Tlatlahuictepetl o Cerro Colorado, Patlanalá, Pue. "Cicatrices" producidas por los derrumbes de la montaña. Al pie la laguna de Patlanalá.
Fot. 2.—Cerro Colorado y a la derecha el Tepehícan ("atrás del cerro"). Cámara afocada al NE. Patlanalá, Pue.

Lámina VII-B. . . . . Fot. 1.—Ciudad de San Andrés Chalchicomula, Pue. Vista tomada desde el Este.
Fot. 2.—Iglesia de Guadalupe, San Andrés Chalchicomula, Pue. Fachada orientada al W. Fracturas en el costado sur de la torre sur.

Lámina VIII-B. . . . . Fot. 1.—Iglesia de Cosamaloapan, extremo oriental de la población de San Andrés Chalchicomula, Pue., Fachada al W.
Fot. 2.—Saltillo Lafragua, Pue. Población edificada en una cañada. (Cámara al W.)

Lámina IX-B. . . . . Fot. 1.—Calle de Saltillo Lafragua orientada de E. a W. y conjunto de construcciones "en retaje" que sufrieron menos que las edificadas en las laderas.
Fot. 2.—Casa del señor Rojí, en Saltillo Lafragua. Fachada al S. Esquina SW. arruinada. Interior en completa ruina.

Lámina X-B. . . . . Fot. 1.—Caída de la cornisa de la fachada de la casa del señor Rojí, al Sur. Saltillo Lafragua, Pue.
Fot. 2.—Detalle de la cornisa caída: altura, 1.50; espesor medio, 0.63; longitud 18.00 metros. Distancia del centro de gravedad del block caído al muro, 1.70. Altura del muro, 5.00 metros.

Lámina XI-B. . . . . Fot. 1.—Iglesia parroquial de Saltillo Lafragua y Colegio de Niñas. Fachada de la iglesia al W. Torre caída al NW. Pórtico del atrio caído al W.
Fot. 2.—Interior de la iglesia de Saltillo Lafragua, Pue.

Lamina XII-B. . . . . Fot. 1.—Casa de madera perfectamente conservada después del terremoto. Saltillo Lafragua, Pue.
Fot. 2.—Plaza de Chilchotla, Pue. A la derecha, ruinas de la Casa Municipal. Efectos de los derrumbes en las montañas que circundan la población. (Cámara al SW.)

Lámina XIII-B. . . . . Fot. 1.—Iglesia de Chilchotla, Pue. Fachada al W. Caída de la torre al NE.
Fot. 2.—Muro posterior de la iglesia de Chilchotla, Pue. Caída de la parte alta del ciprés al E.

Lámina XIV-B. . . . . Fot. 1.—Esquina SW. de la barda del atrio de la parroquia de Chilchotla, Pue.
Fot. 2.—Interior de la sacristía de la iglesia de Chilchotla, Pue.

Lámina XV-B. . . . . Fot. 1.—Una calle de Chilchotla, Pue., orientada de N. a S.
Fot. 2.—Puente sobre el río Huitzilapa al W. de Chilchotla, Pue., conservado en buen estado después del terremoto.

Lámina XVI-B. . . . . Fot. 1.—El valle de Patlanalá, Pue., visto desde el Oriente de la población de ese nombre.
Fot. 2.—Costado sur de la iglesia de Patlanalá, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Lámina XVII-B. . . . Fot. 1.—Casa Municipal de Patlanalá, Pue., y esquina NW. del atrio de la parroquia. (Cámara al W.)
Fot. 2.—Ruinas en el Costado W. de la plaza de Chilchotla, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Lámina XVIII-B. . . Fot. 1.—Habitación destruída en la esquina SW. de la plaza de Patlanalá, Pue.
Fot. 2.—Calle Principal de Ayahualulco, Ver. (Cámara afocada al N.)

Lámina XIX-B. . .. Fot. 1.—Grieta con desnivelamiento de los bordes en el cerro de "Enmedio," Saltillo Lafragua, Pue. — Rumbo medio E.-W.

Fot. 2.—Derrumbe del terreno blando en el cerro de "La Fundición," que descubrió el esqueleto basáltico de la montaña y provocó el alumbramiento de manantiales.

Fot. 3.—Aparición de manantiales e inundación de lodo en Chichicahuas, barrio de Chilchotla, Pue.

Lámina XX-B. . . . . Derrumbe del material blando en el cerro del Calvario, Chilchotla, Pue. Alumbramiento de las aguas subterráneas y formación de una ola de lodo.

Lámina XXI-B. . ... Fot. 1.—Caseta de madera construída en Patlanalá, que demuestra por las deformaciones que sufrió a consecuencia del terremoto, la dirección. E.-W. del movimiento.

Fot. 2.—El bajo de la falla de Ocoxochocan. (Sienita), situada al N. de Quimixtlán, Pue. Mostrando los enormes "Earth-slumps." Rumbo EW. Echado al S. Vista tomada desde la Meseta de Xaltepec.

Lámina XXII-B. . .. Fot. 1. Carta de la República conteniendo el proyecto para el establecimiento de una red sismológica.

FE DE ERRATAS

Página	Línea	Dice	Debe decir
10	7	departamento	Departamento
13	8	8,000	3,000
13	30	con	en
13	53	descubir	describir
13	58	Costepec	Coatepec
15	47	Contrasta	Contrastan
16	32	N.	E.
16	52	azul	meridional
17	62	116	16
28	3	forman	formaron
28	43	alcanzdo	alcanzado
28	60	15 kilómetros	14 metros
34	26	vértice	vórtice
41	11	1877.—3 de julio, temblor corto y fuerte, trepidatorio a las 11 h., 8 m., p. m. en Orizaba.	1878.—3 de junio, a las 11 p m. temblor fuerte y corto, trepidatorio en Orizaba.
43	35	Rosso	Rossi
53	Columna 9ª, línea 9	sisendo	siendo
61	38	63s.	03s.
62	7	primero	primera
62	7	onde	onda
70	Columna 4ª, línea 12	327.02	227.02
74	Columna 6ª	AMPLIACION	AMPLITUD
75	Columna 2ª, línea 4	4 22 0	4 22 04
77	19	(Lám. II-B, Fot. 1)	(Lám. II-B, Fig. 1)
79	5	disolución	dislocación
79	12	disolución	dislocación
80	32	(Lám. II-B, Fot. 1)	(Lám. II-B, Fig. 1)
81	7	(Lám II-B, Fot. 2, Figs. a y b.)	(Lám. II-B, Fig. 2 Figs. a y b.)
81	47	(Lám. II-B, Fot. 3)	(Lám. II-B, Fig 3)
84	32	Las casas de la línea fueron	Las casas de la línea 1 fueron
85	11	328,000	382,000
85	45	habitatnes	habitantes
90	43	diseminados en el lodo	diseminados en el lado
90	46	margen izquierda de Huitzilapa	margen izquierda del Huitzilapa
91	24	en lo sflancos	en los flancos
91	32	Esta última	Esto último
98	29	página 94 indica que	página 95 indica que
102	5	coordenadas = 19°	coordenadas $\varphi = 19°$

INSTITUTO

GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 38

INTRODUCCION

La Red Sismológica establecida en México a fines de 1910, dejó de estar bajo la dependencia del Instituto Geológico desde 1915, y no fué sino hasta principios del año en curso que volvió a formar parte integrante de él.

Aún no se recibían oficialmente las estaciones existentes, que eran tres, cuando tras un período de calma de seis años, se efectuaron los movimientos sísmicos que alcanzaron su intensidad máxima el 3 de enero de 1920; mas, no obstante las dificultades inherentes a ese momento de transición, contando con el más liberal apoyo de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, organicé, sin pérdida de tiempo, comisiones que pasaron a las zonas que en los Estados de Veracruz y Puebla fueron más profundamente afectadas por los temblores.

Tres fueron esas comisiones: la primera, formada por el suscrito y los señores ingeniero don Teodoro Flores, don Federico Turban, don Rodolfo Martínez Quintero y un colector de muestras; visitó a mediados de enero, la región comprendida entre la ciudad de Jalapa y el pueblo de Patlanalá, pasando por Coatepec, Teocelo, Cosautlán y Barranca Grande.

La segunda comisión, formada por el señor ingeniero don Heriberto Camacho, el fotógrafo don David Chávez y un colector de muestras; recorrió a mediados de marzo, la zona entre San Andrés Chalchicomula y el mismo pueblo de Patlanalá, visitado por la comisión anterior, pasando por Saltillo Lafragua y Chilchotla.

Por último, el suscrito con el señor ingeniero Camacho y un practicante, recorrió ambas zonas entre Jalapa y San Andrés Chalchicomula, abarcadas por las dos anteriores comisiones, acompañando al distinguido sismólogo profesor don Emilio Oddone, quien vino a México, con el objeto de conocer la región, utilizando para ello los datos y observaciones que las dos primeras comisiones tenían colectados, los que con toda liberalidad se han puesto a su disposición y con los cuales se ha formado la Memoria a la que sirven de introducción estas líneas.

La formación de dicha Memoria obedeció, en términos generales, al programa siguiente:

1. Reseña general de la zona afectada, relacionándola con la parte de la Sierra Madre Oriental a que corresponde, y con la zona sísmica de que forma parte.
2. Geología de la zona, según observaciones de varios exploradores.
3. Movimientos sísmicos registrados y sus efectos en las poblaciones y terrenos visitados, haciendo consideraciones para precisar la importancia de las poblaciones destruídas. Estadística de las desgracias ocurridas. Fotografías.
4. Estudio instrumental. Consideraciones acerca de las ventajas que resulten para el estudio subsecuente de esta zona, con instalar nuevas estaciones sismológicas.
5. Fisiografía. Fotografías.
6. Causa de los movimientos sísmicos y posibilidad de que éstos puedan repetirse en un plazo más o menos largo.

7. Indicaciones que proceden para resguardar a los habitantes, en previsión de nuevos temblores. Posibilidad de una iniciativa para que sea obligatorio por la ley, el hacer las construcciones asísmicas; sobre todo las destinadas a edificios públicos, tales como iglesias, cuarteles, etc.

A llenar este programa han contribuído los señores ingenieros don Teodoro Flores y don Heriberto Camacho, con el estudio de la geología y la tectónica de las partes que respectivamente visitaron; el señor don Federico Turban, con una reseña fisiográfica del valle de Patlanalá; el señor don Rodolfo Martínez Quintero, con el estudio petrográfico; el señor ingeniero Camacho tomó a su cargo en unión del ingeniero don Francisco Patiño Ordaz, además, el estudio instrumental, y por último, el señor don Manuel Muñoz Lumbier, quien formó parte de la primera comisión, reconoció los edificios que en Jalapa fueron más perjudicados, localizó las zonas de máxima y mínima intensidad en la misma ciudad e instaló en el colegio de señoritas de la misma, un sismógrafo vertical Wiechert, que hemos utilizado para el registro de los choques subsecuentes, algunos de los cuales han dado útiles e interesantes indicaciones.

El fraccionamiento del estudio entre tres comisiones ha obedecido a circunstancias especiales, sea del régimen interior del Departamento, sea debidas a las condiciones en que estuvo la región con motivo de las partidas rebeldes que por ella merodearon; pero creo que el trabajo no se resentirá de falta de unidad, tanto por el decidido empeño que todas las comisiones tomaron, cuanto porque durante la última visita en la que recorrí toda la zona, adquirí una idea de conjunto, que, dicho sea de paso, no ha sido más que la confirmación de la que ya había formado desde la primera visita y que hoy, al escribir esta introducción en la misma zona epicentral, encuentro del todo ratificada.

El megasismo tuvo lugar a las 9 h., 48 m., 03 s., (tiempo local del Observatorio Astronómico de Tacubaya) el día 3 de enero de 1920. Fué de carácter impetuoso y causó numerosos desastres en los cantones de Jalapa, Coatepec, Huatusco, Córdoba, Orizaba y Jalancingo, del Estado de Veracruz, y en el Distrito de Chalchicomula del de Puebla.

A partir del 2 de noviembre de 1919 hubo temblores premonitores, y los subsecuentes, puede decirse que aún no han cesado, aunque su intensidad y su frecuencia han ido en constante disminución.

La naturaleza evidentemente tectónica de estos temblores, ha dado oportunidad para que se confirmen hipótesis que en el estudio de otros sismos análogos han formulado los especialistas del Instituto Geológico; pero hay una parte del fenómeno, que asumió singular importancia, por ser la primera vez que en México se observa y por sus efectos destructores. Me refiero a las formidables corrientes de lodo que minutos, o quizá, segundos después de la sacudida, se precipitaron con tremenda velocidad en forma intermitente, por el cauce del río Huitzilapa o Pescados y varios de sus afluentes, arrasando cuanto encontraron a su paso y produciendo mayor número de víctimas que el temblor, no obstante que éste echó por tierra numerosas casas y dejó en condiciones de inhabitabilidad otras muchas.

Acerca de la naturaleza y origen de ese alud, me pareció, desde el momento en que conocí la región, que fueron los derrumbes de zonas falladas o poco consistentes en las alturas de las montañas los que, cayendo en estado de extrema división, y aún triturados, al cauce de los ríos y en algún caso, a la cuenca de ciénagas que se vaciaron—aunque esto último no hemos podido comprobarlo—, produjeron ese fenómeno puramente mecánico que la aturdida imaginación de los vecinos supuso que fueran corrientes de lava. Las masas que de las partes altas se desprendían de vez en cuando, pero sobre todo, cada vez que temblaba, levantaban al rodar imponentemente por los declives de la montaña, espesas nubes de polvo que la fantasía y el terror de los pobladores consideró como humos o gases que brotaban del seno de la tierra.

Me imagino la enorme cantidad de rocas casi pulverizadas que el megasismo haya derrumbado, porque presencié los efectos de los temblores subsecuentes que, de mucha menor intensidad sin duda alguna, fueron seguidos sin

embargo, por copiosos aludes que con el imponente rodar y entrechocar de sus elementos rocallosos, interrumpían con pavorosos y prolongados ruidos el solemne silencio de la montaña.

Una cubicación aproximada del más pequeño de estos derrumbes, que se encuentra en las inmediaciones de Chilchotla, arroja un mínimum de 150,000 metros cúbicos, y hay otro alud, entre Chilchotla y Patlanalá, que es sin duda, el más copioso de todos, que muestra proporciones estupendas y que debe haber producido millones de metros cúbicos.

En el curso de la Memoria se estudia y resuelve el caso del aportamiento de agua indispensable para que tales avalanchas de lodo, después de socavar la base de los cerros, sepultar poblados y destruir sementeras, hayan llegado al río cuyo cauce llenaron por entero, prosiguiendo su pavorosa obra de destrucción.

La prensa de información exageró los daños causados por estos temblores, introduciendo alarma en todo el país, que trascendió al extranjero; pero sobre todo, propaló conceptos que indujeron al público a formar idea errónea acerca de la naturaleza verdadera del fenómeno, pues en ediciones extraordinarias, anunció erupciones, corrientes de lava, emisiones de llamas y de gases, aseguró que un volcán había surgido, localizándolo primero, en las cercanías de Jalapa y después, entre los ranchos de Jacal y Tlacotiopan, en las faldas del Pico de Orizaba; más tarde en los alrededores de San Miguel Huazcaleca y por último, en las cercanías del pueblo de San Nicolás; y aun llegó a decirse que el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, estaban en actividad, todo lo cual es inexacto y fué seguramente, fruto de una información deficiente y un inmoderado afán de sensacionalismo.

Completaré esta introducción citando los temblores de tierra que de 1907 en adelante se han registrado y estudiado en México: el de abril de 1907 cuyo epicentro se localizó en las inmediaciones de Acapulco y que conmovió gran parte de los Estados de Guerrero y Oaxaca; los del 30 y 31 de julio de 1909, procedentes de un foco cercano al mismo puerto; el del 7 de junio de 1911, que tuvo lugar el día en el que el ciudadano Francisco I. Madero entró a la capital como caudillo de la revolución triunfante. Fué ese temblor de gran intensidad, causó víctimas y destrucciones en la ciudad de México y en los Estados de Jalisco y Colima. Siguió después el enjambre de temblores de Guadalajara, iniciados el 8 de mayo de 1912 y que persistieron durante unos seis meses; por último, los movimientos de la zona de Acambay-Tixmadeje en el Estado de México, el 19 de noviembre de 1912, que, por su naturaleza, son los que mayor afinidad tienen con los de enero de 1920.

Me es grato hacer constar que las comisiones exploradoras no se limitaron al estudio de los efectos geológicos de los sismos, sino que dieron luces a las autoridades, a los particulares y aún a los ingenieros encargados de la reconstrucción de los pueblos, acerca de las condiciones a que deben satisfacer las construcciones asísmicas, condiciones que estaban lejos de llenar los edificios construídos, muchos de los cuales adolecían de graves defectos de construcción, caso muy general en nuestras poblaciones de segundo y tercer orden y, con más razón, en las de menor importancia. El Departamento a mi cargo publicó y repartió profusamente, con la oportunidad debida, su folleto de divulgación número 4, que fué una segunda edición de lo que ya años antes tenía publicado el Instituto Geológico acerca de los procedimientos más recomendables para construir en los países donde tiembla frecuentemente; folleto que fué de positiva utilidad y sirvió de guía a las personas a cuyo cargo estuvo la reedificación.

Estas instrucciones han sido reiteradas por el Instituto cada vez que ha habido fuertes temblores. Así por ejemplo, con motivo del temblor del 14 de abril de 1907, se estudiaron las defectuosas construcciones que se estilan en el Estado de Guerrero y se publicó un informe condensado sobre edificios de madera a prueba de temblores. Cuando los temblores de 30 y 31 de julio de 1909, se expusieron las reglas a que deben sujetarse las construcciones asísmicas, ocupándose especialmente de la elección del terreno, etc. Cuando el temblor de Acambay, del 19 de noviembre de 1912, se analizaron las condicio-

nes de las construcciones existentes en aquella región; y por último, en el estudio de los temblores de Guadalajara, se publicó una nota bibliográfica de las mejores obras que tratan del arte de construir en los países en que tiembla.

Varios vecinos pensaron en cambiar la ubicación de los pueblos, pero, en rigor, nada hay en el orden científico, que pudiera autorizar tales cambios.

La localización de los pueblos destruídos fué bien elegida desde el punto de vista en que probablemente se colocaron sus fundadores, pues satisface a requisitos de belleza, ventilación, proximidad a caminos, agua potable, etc., y nada en verdad hubiera podido haber hecho suponer a los primeros pobladores, que el lugar escogido para su morada fuera mejor o peor, desde el punto de vista sísmico, que cualquier otro sitio de la región.

Hay, sin embargo, una excepción, y es el pueblo de Saltillo Lafragua, el cual, por las condiciones topográficas del terreno que ocupa, y que se pormenorizan en la Memoria, conviene que sea mudado de sitio, como con muy buen acuerdo han decidido hacerlo los progresistas vecinos, quienes han adquirido un extenso terreno en el que desde luego van a empezar a levantar una población de tipo moderno, ajustada a los preceptos del arte de construir en regiones eminentemente sísmicas.

Saltillo Lafragua, 1.° de abril de 1920.

L. Salazar Salinas.

PRIMERA PARTE

El año de 1920 se inauguró, en la historia sísmica de la República Mexicana, con un fuerte temblor que sacudió intensamente una parte del territorio del Estado de Veracruz y una pequeña porción del Estado de Puebla, limítrofe por el Oriente con el mencionado Estado de Veracruz.

La comisión designada para estudiar este fenómeno fué presidida por el señor director del Instituto Geológico. Se trasladó a mediados de enero al Estado de Veracruz y visitó varias de las localidades más afectadas por el temblor, estudiando la propagación, dirección e intensidad del movimiento sísmico, sus efectos geológicos sobre el terreno, sus efectos destructores, los fenómenos que le precedieron o acompañaron, la extensión de su área epicentral y macrosísmica, y la geología y estructura de la región más intensamente conmovida, para tratar de investigar la causa probable que lo originó.

Entre los fenómenos geológicos que acompañaron a este temblor, son dignos de notarse, por muchos conceptos, los resbalamientos de los terrenos sueltos existentes en las laderas de los cerros y las corrientes de lodo, que bajo la forma de grandes aludes, recorrieron las pendientes fuertes del terreno y los lechos de los ríos, arrasando por completo, muchas de las pequeñas poblaciones situadas en esas laderas o en las riberas del río Huitzilapa o Pescados. Estas avenidas de lodo, que se produjeron casi simultáneamente con el movimiento sísmico, causaron en algunas poblaciones la mayor parte de las víctimas y cubrieron por completo su caserío.

Aunque estos fenómenos se han presentado ya y han sido estudiados en algunos otros temblores extranjeros de fama mundial, como fueron los de Río Bamba (Perú) el 4 de febrero de 1777 y el de Assam del 12 de junio de 1897, Mont-Blanc del 13 de agosto de 1905 y algunos otros, en México es la primera vez que se registran con tal intensidad y constituyeron una de las características principales de este gran temblor. Así, por ejemplo, en Patlanalá, una de las localidades más intensamente sacudidas por este megasismo, las pérdidas de vidas causadas por la caída de las casas fueron apenas tres, en tanto que las congregaciones de Rincón Petlacuacán y Acuatlatipa, que contaban en conjunto con cerca de 300 habitantes, y que estaban situadas en las laderas de los cerros, desaparecieron por completo, habiendo quedado su caserío totalmente cubierto de lodo. Lo mismo sucedió con la floreciente congregación de Barranca Grande situada en la ribera izquierda del río de Los Pescados que contaba con unos 400 habitantes, de los cuales sólo quedaron con vida cerca de 80, habiendo perecido los demás ahogados por el lodo.

La reconstrucción de los pueblos destruídos se iniciaba en la época de nuestra visita, con bastante actividad; y es de desearse que las autoridades y ediles de las poblaciones destruídas se preocupen por construir en esta zona de gran sismicidad, de una manera apropiada para resistir los temblores que seguramente volverán a producirse con más o menos intensidad en lo futuro, en esta zona que por su historia sísmica, por su situación topográfica, que corresponde a la parte más fragosa de la Sierra Madre Oriental y por su geotectónica, debe considerarse como una zona sísmica del país, perfectamente caracterizada Se hace esto tanto más necesario cuanto que la referida zona, se encuentra bastante poblada por ciudades de importancia contenidas dentro de su territorio, así como villas, pueblos, congregaciones y rancherías

prósperas por su agricultura, y sobre todo, por la imposibilidad que hay de prever los temblores en el estado actual de la ciencia, quedando tan sólo el recurso de prepararse a recibirlos, edificando poblaciones en lugares topográfica y geológicamente bien elegidos y con construcciones verdaderamente asísmicas. Con respecto a las reglas que hay que aplicar para esta clase de construcciones, decíamos en el folleto de divulgación recientemente publicado por este departamento (número 4.—Enero de 1920), lo siguiente: "la elección del lugar en el cual va a levantarse una construcción es el primer punto que debe preocupar al constructor, pues de la naturaleza del suelo y subsuelo del lugar elegido, de su situación topográfica, de su cercanía o lejanía a ciertos accidentes geológicos, dependerán en gran parte, los efectos destructores de un temblor. La experiencia ha demostrado, que a igualdad de condiciones, los suelos poco coherentes, son más peligrosos, que los suelos duros y compactos; debe preferirse, por lo tanto, construir sobre terrenos macizos, pues establecen de hecho una solución de continuidad en la resistencia del terreno y para establecer esta continuidad, deben levantarse los cimientos, siempre que sea posible, sobre roca maciza. El peligro puede disminuir y aún desaparecer, si el espesor del terreno suelto es muy considerable y de constitución uniforme, como sucede en algunos valles formados por antiguos acarreos."

"La situación topográfica es otra cosa que debe tener presente el constructor: evitará construir sobre pendientes más o menos fuertes, sobre todo, si se encuentran cubiertas por materiales heterogéneos, pues entonces se efectúan fácilmente resbalamientos, como sucedió el 28 de octubre de 1891 en el Japón Central. Debe evitarse también construir cerca de los bordes de las cañadas, acantilados, ríos, canales, etc.; pues esos lugares son muy favorables para la producción de grietas que se forman con frecuencia en series paralelas y provocan derrumbes de más o menos consideración. Entre los accidentes geológicos que debe evitar el constructor, mencionaremos especialmente las líneas de contacto de formaciones diferentes y ciertos accidentes tectónicos, como son las fallas, fracturas, etc.; las líneas de contacto de formaciones diferentes constituyen en un terreno líneas de menor resistencia, según las cuales tienden a separarse estas formaciones durante un temblor; las fallas son accidentes peligrosos porque a lo largo de ellas se efectúan con mayor energía los movimientos sísmicos y a la presencia de dos líneas de dislocación de esta naturaleza se debió la catástrofe de San Francisco California del 18 de abril de 1908, habiéndose comprobado entonces que las zonas de destrucción se acentuaron a lo largo de estas líneas."

Tratándose de construcciones importantes como son, por ejemplo, los templos de las poblaciones, recomendábamos en dicho folleto, entre otros sistemas, el de construcciones de cemento armado y decíamos a este propósito: "En efecto, el ideal de la perfección de un país agitado por movimientos sísmicos, sería una construcción en la cual los materiales y el mortero que los une fueran bastante adherentes entre sí para formar unidos una especie de monolito, ideal que resuelve el cemento armado; y para construcciones importantes sería de preferirse a cualquiera otro sistema de construcción." Y en el resúmen de dicho folleto decíamos que en la construcción de los edificios deben aplicarse dos principios generales: o dar una rigidez extrema a las construcciones (edificios con esqueleto de acero o de cemento armado) o bien darles suficiente flexibilidad y ligereza, ésta última sobre todo, en su parte superior.

La zona más interesante sacudida por este temblor se encuentra localizada en la parte de la Sierra Madre Oriental que forma el límite de la gran altiplanicie mexicana conocida con el nombre de Mesa Central, precisamente en el tramo en que la dirección de esta Sierra Madre cambia, entre el volcán de Orizaba y el Cofre de Perote. En este tramo, la Sierra desvía su dirección, que siendo sensiblemente paralela a la costa del Golfo, toma allí una dirección casi de Norte a Sur. Hemos dicho ya que esta zona es conocida como típicamente sísmica y se verá en el curso de la exposición de este informe, que han tenido lugar en ella o en sus contornos, desde hace mucho tiempo, frecuentes y numerosos temblores.

En cuanto a la propagación del temblor, debemos hacer notar que tuvo lugar preferentemente según una línea orientada 55° NE.—SW., (rumbo magnético) y es según esta dirección donde el sacudimiento alcanzó su máximo de intensidad y donde se acentuaron más las destrucciones. Esta línea coincide con una antigua zona fracturada que puede referirse a un sistema de fallas en actual evolución.

Pasamos a hacer en seguida una breve reseña fisiográfica y geológica de la región más intensamente sacudida por este sismo, para ocuparnos después del estudio geológico y físico del mismo fenómeno.

I

Reseña fisiográfica

La Sierra Madre Oriental, en gran parte de su recorrido, sirve de límite geográfico al Estado de Veracruz con los Estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí, pertenecientes estos tres últimos, casi en la totalidad de su territorio, a la provincia fisiográfica de la Mesa Central. Puede decirse que la mayor parte de la extensión del Estado de Veracruz está comprendida en la vertiente del Golfo de México y en ella se encuentran contenidas las cuencas de los ríos principales de dicho Estado, entre los que pueden citarse los de Pánuco, Tuxpan, Tecolutla, Nautla, Misantla, Pescados, Jamapa, Cotaxtla, Río Blanco, Papaloápam (con su afluente Tesechoacan), Chacalapa, Coatzacoalcos, Coachapan, Uzpanapa y Tonalá. De estas cuencas son importantes para el estudio del temblor del 3 de enero, las de los ríos Pescados y Jamapa a las que más adelante tendremos ocasión de referirnos especialmente, por estar, parte de dichas cuencas, comprendidas dentro de su área pleistocística. El trabajo enérgico de erosión efectuado por algunas de estas corrientes, combinado con la intensa tectónica de que ha sido teatro esta porción del país, imprimen al terreno un carácter sumamente accidentado; por todas partes se ven crestas cortadas a pico, abruptos acantilados, fuertes pendientes, hondonadas y desnivelaciones del terreno, que dan lugar a fosas tectónicas, y numerosas cascadas, accidentes todos, que hacen difíciles las comunicaciones entre los pintorescos pueblecillos que tuvimos ocasión de visitar, muchos de los cuales están enclavados en lo más fragoso de aquella importante cordillera. Contribuyen también a la constitución del relieve topográfico de esa comarca, las formaciones volcánicas que se presentan con frecuencia en ella, bien como conos volcánicos o como mesas y corrientes. Entre los conos volcánicos, sobresale por su belleza el gigantesco Pico de Orizaba (fotografías 1.A y 2.A), que se destaca majestuoso con su resplandeciente blancura en el diáfano azul de nuestro cielo mexicano.

Entre las mesas es notable el Nauhcampatépetl o Cofre de Perote, llamado así por la gran semejanza que con una caja o cofre tiene la corriente de andesita de hyperstena que corona su cima. El señor ingeniero E. Ordóñez, quien tuvo oportunidad de estudiar especialmente esta montaña, que forma la extremidad septentrional de la porción de la Sierra Madre Oriental, comprendida entre ella y el Pico de Orizaba, dice (1), refiriéndose a la fisiografía de esta parte de la Sierra Madre:

"Forma esta parte de la Sierra el límite Oriental de la Mesa Central, en poco más de medio grado de latitud o sea en una longitud de cerca de 70 kilómetros; de esta situación resulta naturalmente un aspecto físico diferente de sus dos flancos: del lado Occidental, es decir, sobre la Mesa, la Sierra se levanta bruscamente de una llanura elevada próximamente a 2,400 metros sobre el mar, muy extensa, erizada de montañas volcánicas, de pequeños cráteres y también de restos de una formación sedimentaria cretácica que constituye cerros bastante elevados; del lado oriental, las pendientes de la Sierra bajan, ya abruptas, ya con inclinaciones moderadas, hasta niveles de 1,000

(1) El Nauhcampatépetl ó Cofre de Perote, Bol. Soc. Geol. Mex. 1904-(1905) p. 151 a 168, 4 láms.

metros sobre el nivel del mar; o bien como contrafuertes muy sinuosos, que van a morir hasta las llanuras de la costa."

"Simple en su constitución la Sierra en la vertiente de la Mesa Central, en donde su propio material ha contribuído en mucho a la elevación progresiva de la llanura inmediata, es de estructura más variada en la vertiente opuesta, que teniendo un descenso mucho mayor permite ver las rocas que constituyen el sub-basamento, pudiendo apreciarse ahí el importante papel que han jugado las fuerzas tectónicas, rivalizando en grandeza con los fenómenos volcánicos."

Y en otro lugar, al describir el Cofre de Perote, se expresa así: "Aunque su cima se alarga en la forma de una cresta, la figura general del cerro del lado Occidental, es la de un cono irregular muy oblicuo, surcado de barrancas no muy profundas y erizado de partes salientes poco prominentes, de tal modo que más bien aparece como parte de una de esas sierras monógenas eruptivas, que son tan características en el Sur de la Mesa Central, que como uno de aquellos volcanes, cuya forma y altura depende de una larga serie de acontecimientos de una actividad largo tiempo manifiesta."

Hemos querido transcribir aquí esta descripción, por la verdad e interés que encierra y porque da una idea completa del aspecto fisiográfico de esta porción de la zona sacudida por el megasismo.

La extremidad meridional del referido tramo de la Sierra Madre Oriental, está constituída, como ya dijimos, por el Pico de Orizaba, volcán al que A. Heilprin hizo una ascensión en la que determinó su altura absoluta; y según esa determinación resultó ser una de las montañas más altas de Norteamérica y que es en realidad la más elevada de la República Mexicana, pues, tiene 5,675 metros sobre el nivel del mar, que sobrepasa a la de nuestros otros grandes volcanes (1).

En un trabajo sobre el Volcán de Orizaba, publicado en el Tomo VII del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, el señor doctor Paul Waitz (2) considera esta montaña volcánica como un cono estratificado de 30° de pendiente aproximada en sus flancos, cubierto en su mayor parte de nieve perpetua y construído sobre un zoclo de declive más suave; este zoclo está formado por diferentes productos volcánicos pertenecientes al macizo de la Sierra Negra, el cual, según Waitz, es más antiguo que el cono del Orizaba, siendo la Sierra Negra parte de un volcán estratificado, apagado por completo desde hace mucho tiempo y destruído en grande escala por la erosión. En la falda SE. del volcán existen las formaciones llamadas Los Crestones y La Torrecilla, cuya existencia explica Dannenberg comparándolas con una especie de Somma, es decir, la considera como restos de un volcán antiguo en cuyo cráter se levanta el cono moderno del volcán de Orizaba. El Dr. Waitz no admite esta explicación, sino que considera esas formaciones como restos del cono mismo del Volcán de Orizaba y dice que éste fué en tiempos pasados más alto y más grande, habiendo perdido por erosión gran parte de su contorno, quedando estas formaciones como "testigos" de las capas sedimentarias de dicho cono, cuyo material está constituído por brechas volcánicas, conglomerados, bombas y corrientes de andesita; ésta es una andesita porfírica de amphíbola con hyperstena. Waitz establece dos formaciones diferentes: la de Los Crestones, Torrecillas y Loma que se continúa al SE. y los Crestones del Cerro Colorado al SW., que constituyen un tipo; y las corrientes modernas de lava en block que constituyen otro tipo.

La porción NE. de la Sierra Madre Oriental comprendida entre las poblaciones de Patlanalá, Chilchotla y Atotonilco, que afecta una forma triangular, fué la región más sacudida por el temblor del 3 de enero de 1920; y hemos localizado en ella el área epicentral, en vista de la magnitud de los fenómenos geológicos observados en esa zona y de los efectos destructores de

(1) El Popocatépetl tiene una altura absoluta de 5,450 metros; el Iztaccíhuatl de 5,280 metros, y el Nevado de Toluca de 4,565 metros. Se dice que el Pico de Orizaba es visible desde el mar por buques que navegan dentro de un radio de 262 kilómetros alrededor de la cima de este elevado volcán.

(2) Observaciones geológicas acerca del Pico de Orizaba. Bol. Soc. Geol. Mex. VII (1910) p. 67-76.

las ondas sísmicas, causados allí, que fué indudablemente donde alcanzaron su máxima intensidad.

Se encuentra situada esta región en la arista de la Sierra Madre comprendida entre el Pico de Orizaba y El Cofre de Perote, arista que atraviesa en parte el territorio del Estado de Puebla, y que al seguir hacia el Norte penetra de nuevo al Estado de Veracruz por el rancho de la Providencia del Cantón de Jalacingo, sigue por el cantón de Coatepec, en donde la sierra es bastante fragosa, presentando alturas que se elevan a más de 8,000 metros sobre el nivel del mar; continúa hacia el Norte, desprendiéndose de ella, más adelante, ramales hacia el Oriente que constituyen las sierras de Chiconcuac y de La Magdalena, situada esta última en territorio del cantón de Jalapa. En este cantón se encuentran numerosos volcanes extinguidos, entre los cuales merece citarse El Volcancillo, que se encuentra al Sur de la estación de Las Vigas del Ferrocarril Interoceánico; La Hoya, situado también cerca de esa estación; y el cono basáltico de Macuiltepetl, en cuya falda meridional se asienta la importante población de Jalapa. (Lám. III-A.).

En el cantón de Jalacingo, la sierra adquiere alturas considerables como es la del Cofre de Perote que alcanza 4,282 metros. Esta elevada montaña se destaca claramente en el horizonte; vista desde Jalapa, Teocelo, Cosautlán y demás poblaciones situadas al E. y SE. de su cima, aparece como una gran mole coronada por la roca cuadrangular a que debe su nombre, en la cual podían notarse en la época de nuestra visita, derrumbes de poca consideración causados por el terremoto.

Esta montaña no alcanza como el Pico de Orizaba el nivel de las nieves perpetuas, sin embargo, tuvimos oportunidad de ver su cima cubierta de nieve por unos días, debido a las fuertes heladas que se registraron en esta región a principios del mes de enero.

Es en la vertiente oriental de esta arista de la Sierra Madre Oriental en donde se originan las cuencas de los ríos de Los Pescados y Jamapa. El primero nace con el nombre de Huitzilapa al Este del cerro de Toluca, con los valles de Texcalango y Acocomotla, pasa por Chilchotla, sigue su curso al Este pasando al Norte de Quimixtlán, después de una inflexión hacia el NE. pasa al Sur de Patlanalá, tocando después las congregaciones de Barranca Grande, Amatitla, Junta Chica y los pueblos de Jacomulco, Apasapa, Pueblo Viejo y Puente Nacional hasta San Francisco La Peña, donde es cortado por el Ferrocarril Interoceánico. Desde aquí hasta su desembocadura en el Golfo de México, toma el nombre de Río de la Antigua. Los principales afluentes de este río por su margen izquierda son los conocidos con los nombres de Ixhuacán, Río Grande y Chiloutla, y por su margen derecha los de Chichiquila, San Juan, Santa María y Paso de Ovejas.

El Jamapa, llamado también Río de Medellín, tiene un curso de cerca de 150 kilómetros y riega terrenos de los cantones de Coscomatepec, Huatusco y Córdoba. Este río se origina en la falda septentrional del Pico de Orizaba y siguiendo una dirección general de Poniente a Oriente, pasa sucesivamente por las siguientes poblaciones: Atotonilco, Calcahualco, Palapa, Tepatlaxco, Palo Gacho y por las rancherías de Maroma, Marón, El Cuarto y Pajarito hasta Soledad Doblado, en donde lo atraviesa el Ferrocarril Mexicano. Sigue después por Jamapa, Medellín y Boca del Río, lugar de su desembocadura en el Golfo de México. Recibe este río como principales afluentes por su margen izquierda: el río Tigre, Chavaxtla y Jobo, y por su margen derecha el importante río de Cotaxtla, que se le une a inmediaciones de Medellín.

En las cuencas hidrográficas de estos dos grandes ríos (Los Pescados y Jamapa) cuyo curso se acaba de descubrir a grandes rasgos, es donde se encuentran situadas las poblaciones que fueron más fuertemente sacudidas por el temblor del 3 de enero de 1920.

En la cuenca del Río Huitzilapa o de Los Pescados, se encuentran las poblaciones de Chilchotla, Quimixtlán, Patlanalá, Ixhuacán, Cosautlán, Ayahualulco, Teocelo, Costepec y Jalapa, que sufrieron mucho por los efectos destructores de ese megasismo; y en la del río Jamapa, las de Atotonilco, Chichiquila, Alpatlahua y Huatusco, que también sufrieron bastante.

Los valles y barrancas que se forman entre los contrafuertes de la Sierra

Madre, son por lo general, sumamente fértiles y pintorescos, tales son, por ejemplo, los que se ven cuando se viaja por el Ferrocarril Mexicano, el que por su atrevido trazo, permite contemplar estos valles y barrancas desde alturas muy considerables. Entre los primeros son dignos de mención por su belleza e importancia los siguientes: Maltrata, situado a 1,765 metros sobre el nivel del mar; Acultzingo, a 1,734 metros; Orizaba, 1,275 metros; Córdoba, a 925 metros, y el de San Andrés Tuxtla en la Sierra de los Tuxtla, a 360 metros; estos valles son muy conocidos por su importancia y extensión y por contar con vías de comunicación; pero existen otros que aunque menos extensos y poco conocidos, son también muy hermosos y sobre todo muy interesantes desde el punto de vista de su génesis, como es el de Patlanalá que describiremos después con algún detalle y el cual tuvimos oportunidad de visitar, por encontrarse dentro de la zona más conmovida por el terremoto. Las barrancas que atraviesan el territorio del Estado de Veracruz son muy numerosas y mencionaremos aquí solamente las más notables de las que se interponen entre las cuencas de los dos ríos antes descritos: la de Metlac que se origina entre las vertientes meridionales del Pico de Orizaba y da su nombre al río que corre en su fondo; esta gran barranca que mide en su parte más ancha 300 metros y que tiene una profundidad de 115 metros, sirve de límite geográfico a los cantones de Orizaba y Córdoba y separa entre sí a las Mesetas del Fortín y El Sumidero, siendo salvada por la vía del Ferrocarril Mexicano por un puente de acero en curva que tiene 127 metros de longitud y 28 metros de altura sobre el lecho del río. Otra barranca muy notable es la de Santa María Tatetla, de pendientes escarpadas y de 280 metros de profundidad, en los alrededores del pueblo de Santa María; existen en esta región del Estado las de Moyoatempan, Altotoco, Xoxocotla, Soledad, Río Blanco, Río Seco, Tlamatoca, Panoaya, y otras de menor importancia, muchas de las cuales llevan agua durante el año y constituyen ríos más o menos caudalosos. Existe además un grupo de barrancas muy repetidas, casi paralelas, que tienen una dirección NW.—SE. y que nacen en la falda oriental del Cofre de Perote.

Puede decirse que casi todas las corrientes de agua que recorren el Estado de Veracruz pertenecen a la cuenca del Golfo de México. La mayor parte del Estado coincide con la vertiente oriental de la Sierra Madre, siendo el relieve del terreno accidentado en su parte alta y plano solamente en una faja costera que llega a tener hasta 100 kilómetros de anchura. En la porción de esta llanura costera comprendida entre los ríos Tamesí por el Norte y Tecolutla por el Sur, se localizan los yacimientos petrolíferos pertenecientes a los cantones de Ozuluama, Tantoyuca, Tuxpan y Papantla, siendo de notar que esta zona nada sufrió con el temblor. La producción de los pozos petroleros no se modificó.

Las únicas porciones del territorio del Estado que no pertenecen a la vertiente del Golfo, son: la llanura de Perote (2,645 metros) y la región de Huayacocotla (2,160 metros), que forman parte de la Mesa Central, pero que son fracciones de muy reducida extensión en relación con la superficie del Estado de Veracruz.

Hemos llamado la atención sobre la accidentada topografía de las partes elevadas del suelo veracruzano, en el que existen abruptos acantilados, fuertes pendientes y desnivelaciones del terreno; a estas últimas se debe la formación de caídas y cascadas en el curso de los ríos, algunas de las cuales han sido utilizadas para la generación de fuerza eléctrica. Mencionaremos los saltos de Rincón Grande, Barrio Nuevo, Eyipantla, Tenexamapa, las cascadas de Naulinco y Texolo y otras de menor importancia. El salto de Rincón Grande se forma en el río de Soledad al tributar sus aguas al río Blanco; el de Barrio Nuevo sobre el mismo río, tiene una altura de 34 metros y se encuentra al Sur del barrio de ese nombre en Orizaba; el de Eyipantla se forma en el río Totoltepec o Comoapa que sale del lago de Catemaco; el de Tenexamapa se forma en el río Capulapa afluente del Jamapa en el cantón de Huatusco. La cascada de Naulinco en el río Esquilón y la de Texolo que se encuentra cerca de Teocelo sobre el río Xoloapan, afluente del río Grande; esta última ha sido aprovechada para una planta hidroeléctri-

ca que abastece de luz y fuerza a la ciudad de Jalapa y a las poblaciones de Coatepec, Teocelo y Xico.

Además de los saltos y cascadas que tan numerosos son en el Estado de Veracruz, existen depósitos de agua que forman lagos o lagunas que ocupan el fondo de los valles elevados, siendo algunos de éstos de orígen tectónico o bien son depósitos lacustres cerca del litoral. Entre los lagos interiores es de alguna extensión el ya citado de Catemaco en el cantón de los Tuxtla y que tiene una longitud de 12 kilómetros y una anchura de 9; en este mismo cantón se encuentran los lagos del Marqués, La Encantada y algunos otros de menor importancia. Entre las lagunas litorales es notable la bien conocida de Tamiahua, situada al Sureste del puerto de Tampico, que mide 96 kilómetros de largo por 22 en su mayor anchura y 10 metros de profundidad en su parte oriental; son también dignas de mención la de Pueblo Viejo que se comunica con el río Pánuco y las de Chairel, Palmas, Mandinga, Camaronera, Alvarado, Tequiapa, Sontecomapa, y Ostión. Durante nuestra excursión tuvimos oportunidad de conocer la pequeña laguna de Patlanalá que ocupa el fondo de la fosa tectónica que ha formado el valle de ese nombre.

El Estado de Veracruz es una de las entidades de la República más favorecida desde el punto de vista de sus condiciones de irrigación natural, pues como hemos visto, sus ríos son caudalosos y tienen amplias cuencas hidrográficas bien alimentadas por las constantes precipitaciones pluviales que tienen lugar en la mayor parte del Estado durante casi todo el año. Esta circunstancia, unida al clima tropical de la parte baja y templado de la alta, hace que las tierras sean sumamente fértiles y productivas y que la agricultura sea la principal riqueza.

Existen además, numerosos manantiales, la mayor parte de ellos son de aguas frías y aparecen en las faldas de las montañas o en el fondo de los valles, donde alimentan lagunas o ciénagas de alguna extensión.

Contrayéndonos especialmente a la zona visitada, diremos, dado el objeto de nuestro estudio que, ésta fué la más conmovida por el terremoto del 3 de enero y que los itinerarios que seguimos cruzaron la zona mencionada; éstos nos llevaron de Jalapa a Teocelo, de Teocelo a Cosautláu, de Cosautlán a Barranca Grande, después a Camuxapa y a Patlanalá. Los dos primeros citados cortan transversalmente el curso de los ríos que con dirección general de NW. a SE. se desprenden de las faldas orientales y meridionales del Nauhcampatépetl y que son: el río Sordo que riega los alrededores de Jalapa, los ríos de Pixquiac, Zocoyolapan, Chuchiapa, Huehueyapan, Metlacalapa, Texlacalapan, Atoyac, río Frío y Chilontla, que irrigan los terrenos de Coatepec, Xico y Teocelo, siendo algunos de ellos afluentes del río de Los Pescados. Los demás itinerarios siguieron la cuenca del río citado, que es de mucha importancia y cuyo curso hemos descrito a grandes rasgos.

La región que atravesamos pertenece a la vertiente oriental de la Sierra Madre, donde aparecen las rocas sedimentarias emergidas de los mares cretácicos, como capas plegadas, dobladas, torcidas o fracturadas, y que muestran claramente los efectos de la dinámica interna, cuyas fuerzas fueron seguramente de grande intensidad en esta parte del país.

Contrasta notablemente estas pendientes orientales de la Sierra Madre por su diversificación fisiográfica y la exuberante vegetación que las cubre con las pendientes opuestas del W. y las llanuras de la Mesa Central, que son áridas, monótonas y de clima frío; en tanto que aquéllas, de clima cálido o templado y con una humedad atmosférica constante, mantienen su vegetación y en ellas se provoca por intemperismo una alteración muy profunda de las rocas constituyentes.

En las vertientes orientales de la sierra, atravesadas por el itinerario Jalapa-Teocelo, existen ríos y barrancas que ya hemos mencionado; pero estas últimas no son tan profundas como las que se encuentran al NW. de Jalapa, pues mientras éstas forman verdaderos abismos de más de mil metros de profundidad y algunos kilómetros de anchura, aquellas que recorrimos según el itinerario mencionado dan al terreno un carácter más uniforme y menos grandioso, aunque siempre ocupado por numerosos conos volcánicos, especialmente en los alrededores de la Orduña, Xico y Teocelo.

La ciudad de Jalapa se encuentra situada a 1,427 metros sobre el nivel del mar en la falda meridional del cono basáltico del Macuiltepetl. El camino que va de Teocelo (1,218 metros) a Cosautlán (1,230 metros) corta tres barrancas que no son muy profundas pero sí de importancia, sobre todo la tercera, llamada Barranca Grande; las dos primeras se cortan antes de llegar a la ranchería de Baxtla y la última antes del paraje del Naranjal o Naranjales, situado en las goteras de Cosautlán. Desde este paraje se percibe la parte alta del caserío de Cosautlán que ocupa una especie de cúpula natural (Lám. IV.A Fot. 1). La parte alta de esta cúpula corresponde a la plaza principal de la población y en su costado E. estaba un templo bien construído, que fué completamente arruinado por el temblor (Lám. IV-A. Fot. 2). Hacia el SW. de Cosautlán se destaca la Sierra de Ocotene, cuyas faldas septentrional y meridional son bordeadas respectivamente por los cañones de los ríos de Los Pescados y Chichiquila; esta sierra es bastante alta y está formada por los sedimentos mesozoicos levantados, que constituyen muchas de las sierras altas de esta región. En la Sierra de Ocotene se han producido fracturas y resbalamientos que dan idea de la intensidad de las fuerzas orogénicas que han obrado en nuestra Sierra Madre Oriental. En la margen derecha del río de Los Pescados la Sierra de Ocotone presenta un colosal acantilado que corresponde a una fractura con resbalamiento; esta fractura provocó la caída de una porción de la montaña sobre el antiguo lecho del río de los Pescados, que al ser obstruído desvió su lecho y se abrió paso por la misma fractura, que actualmente constituye el lecho del río; la parte caída es el cerro de Los Platos (Lám. V-A. Fot. 1), en la cima del cual existe un pequeño monumento con una cruz. Estos accidentes tectónicos que son frecuentes en la región se presentan con sorprendente claridad y no parecen remontarse a épocas muy remotas, geológicamente hablando.

El curso del río de Los Pescados en su parte comprendida entre Barranca Grande y Patlanalá, conserva un curso medio de SW. a NE.

En líneas anteriores nos hemos referido al valle de Patlanalá, que es una fosa de hundimiento que ha dado lugar a un valle alargado, disimétrico, de figura elíptica irregular, cuyo eje mayor está casi orientado de N. a W. Este valle está limitado al N. por una serie de crestas muy escarpadas que pertenecen al borde de una antigua falla cuya dirección general es de SW. a NE., el bajo de esta falla lo forman los cerros de Tepehícan (Lám. V-A. Fot. 2) y varios picos acantilados casi inaccesibles, sin nombre, que se dirigen hacia el cerro de Ahuatepetl, cuyos contrafuertes meridionales forman también el límite septentrional del valle. Por el W. está limitado por las estribaciones orientales del pico alto de Potrerillos (Lám. VI-A. Fot. 1) y por el S. y E. por el cerro del Quimixtlán y la Sierra de Ocotene. El valle mide en su mayor longitud 12 kilómetros y su dimensión transversal varía entre 3 y 5 kilómetros. Se encuentra en los límites de los Estados de Veracruz y Puebla. En su parte oriental existe la laguna de Patlanalá (Lám. VI-A. Fot. 2) de reducida extensión y alimentada por varios manantiales que surgen de su fondo. El valle es abierto por el E. y su drenaje se hace por el río Huitzilapan.

Entre las barrancas afluentes de este río debemos citar la de Acuitlatipa (Lám. VII-A y VIII-A) por haber tenido lugar en ella una de las más desastrosas avenidas de lodo originadas por el terremoto.

En el ángulo NW. del valle se encuentra situado al pie del cerro Ahuatepetl la pequeña colina de Cerro Negro, que es también una parte caída de la falda azul del Ahuatepetl y que ha quedado allí casi aislada.

En la planicie del valle se cultivan principalmente los cereales y en el centro se asienta el pequeño poblado de Patlanalá a 1,640 metros sobre el nivel del mar, y pertenece a la Municipalidad de Quimixtlán, del Distrito de San Andrés Chalchicomula del Estado de Puebla.

En los tres perfiles esquemáticos transversales (Lám. XLI. Fig. 1, 2 y 3) hemos tratado de representar la fisiografía del terreno en esta porción de la Sierra Madre Oriental, y de los accidentes tectónicos más notables de que ha sido teatro pueden dar idea las fotografías de las láminas IX-A y X-A. El corte número 1 es de S. a N., transversal al curso del río Huitzilapan y está

hecho en el paraje de Camuxapa; el número 2 es transversal al valle de Patlanalá, de S. a N. y pasa por la laguna de Patlanalá y el cerro de Tepehican, y el número 3 pasa por el cerro de Ahuatepetl y la misma población de Patlanalá.

Formas fisiográficas semejantes a las que acabamos de describir se presentan en varias porciones del río Huitzilapan o de Los Pescados. La inflexión del curso del río entre Chilchotla y Patlanalá es debida a la existencia de fosas tectónicas parecidas. Todas esas estructuras están en íntima relación con la arquitectura y constitución geológica de esta parte del país, que trataremos de reseñar brevemente en el siguiente capítulo.

CAPITULO II

Reseña geológica

En el Estado de Veracruz existen terrenos sedimentarios pertenecientes a las eras mesozoica y cenozoica. De la primera están representados los períodos jurásico y cretácico y de la segunda, los períodos terciario y cuaternario.

El jurásico aparece debajo del cretácico muy poco desarrollado y está representado por pizarras arcillosas con lechos de calizas negras fosilíferas en su parte superior.

El cretácico al contrario, está muy desarrollado en el Estado y ocupa gran parte de su mitad septentrional. Las rocas pertenecientes a este sistema que con más frecuencia se encuentran, son calizas negras, grises o azuladas, pizarras calizas más o menos margosas y areniscas calcáreas, alcanzando estas formaciones sedimentarias considerables espesores. Del cretácico han sido reconocidos principalmente, pisos de las series meso y neo-cretácica.

Los terrenos terciarios se extienden a lo largo del Estado formando una ancha faja costera y constituyen en su parte N. las formaciones en que se encuentran contenidos los yacimientos petrolíferos de los cantones a que antes se ha hecho referencia. Entre los terrenos terciarios existen formaciones que pertenecen a las series eógena y neógena.

Del cuaternario existen terrenos pleistocenos y resientes que se extienden también a lo largo de la costa y descansan en posición generalmente horizontal sobre los terrenos terciarios.

Todas estas formaciones sedimentarias están atravezadas o cubiertas por rocas ígneas post-cretácicas, que son granitos, gabbros, monzonitas, andesitas, rhyolitas y basaltos, siendo la gran mayoría de estos últimos de edad pleistocena.

Antes de referirnos especialmente a la geología de la zona recorrida, expondremos aquí algunas de las ideas más importantes contenidas en los estudios relativos a la geología del Estado de Veracruz.

El jurásico existe solamente en una reducida extensión del Estado limítrofe con el Distrito de Zacualtipán del Estado de Hidalgo.

El señor ingeniero don José C. Aguilera, en sus "Itinerarios Geológicos," dice respecto al jurásico de Veracruz lo siguiente: (1) "En la Barranca de la Calera en el Municipio de Huayacocotla, debajo de las calizas cretácicas perfectamente identificables por sus fósiles, viene un poderoso grupo de pizarras arcillosas satinadas, que en la parte superior traen lechos de caliza negra fosilífera. Entre los fósiles que he visto, hay fragmentos de cefalópodos de los géneros *Arietitis, Perisphintes* y *Aspidoceras,* asociados con una especie de lamelibranquios que parecen pertenecer al grupo *Monotis,* lo cual no deja duda de que estas pizarras pertenecen al sistema jurásico."

---

(1) Boletines del Instituto Geológico de México, números IV, V y VI, páginas 116 y sig.

Las formacions cretácicas que se presentan sumamente plegadas y dislocadas han sido estudiadas con algún detalle en pocas localidades del Estado.

El doctor Emilio Böse, estudió las calizas de los alrededores de Orizaba (1), en el tramo comprendido entre el río Metlac y Boca del Monte y por la determinación de los numerosos fósiles que encontró en ellos pudo fijar su edad y referir las calizas de Escamela y Maltrata al Turoniano y Senomaniano respectivamente. Estudió también las calizas meso-cretácicas con *Caprinidos* de la mesa de Chavarrillo y alrededores de El Palmar, entre los kilómetros 439 y 460 del Ferrocarril Interoceánico de Veracruz a Jalapa y las faunas cretácica y terciaria de la barranca de Santa María Tatetla. Hace notar que las capas de caliza que se encuentran cerca de Santa María Tatetla un poco arriba de la barranca, pertenecen al cretácico medio de la división de Escamela y que contiene *Rudistas* en bastante cantidad, pero difíciles de desprender de la roca; las formaciones terciarias de los alrededores de Santa María que se encuentran cerca de Acomapilla, las refiere al Plioceno y las divide en dos bancos, uno inferior que contiene principalmente *Ostrea, Amussium* y *Eucope* y el superior con numerosos gasterópodos y bivalvos.

El señor Aguilera con respecto a los terrenos cretácicos y terciarios del Estado de Veracruz, se expresa así:

"El cretácico representado por calizas negras y agrisadas, pizarras calizas y areniscas calcáreas está muy extendido en el territorio del Estado de Veracruz a lo largo de la vertiente de la Sierra de Zongolica, que se continúa hasta unirse al cretácico de la Sierra de Puebla, en los cantones de Jalapa y Jalacingo. En muchísimos lugares el cretácico se ve cortado por diques y macizos dioríticos y cubierto en grandes tramos por derrames andesíticos y por las erupciones más recientes de basalto."

"En las barrancas de Tuzamapa, Xilotepec, Jalcomulco, Songoantla y Tlacolula, estas calizas están cubiertas por el basalto y se hallan ligeramente metamorfizadas. En la hermosa y profunda barranca de Tatatila las calizas cretácicas se descubren debajo de las corrientes de andesita del Cofre de Perote, que las ha metamorfizado, trasformándolas en algunas partes en mármol que, impregnado de siliza en venillas, resulta no ser muy apropósito para la estatuaria. En esta barranca se ven numerosos diques de roca verde (diorita) que cortan a la caliza cretácica. En el cantón de Chicontepec, en la hacienda de Tantima, existen lomeríos de labradorita. Muy semejantes son los ejemplares de ésta a los de la mesa central; la labradorita se extiende encima de un grupo de areniscas y margas desprovistas de fósiles que muy bien pudieran ser los representantes de la división superior del cretácico o tal vez sea la continuación de la formación eocénica de Laredo. Vienen estas areniscas encima de las calizas cretácicas y no se nota discordancia de estratificación, pero la falta de fósiles y la rapidez con que han tenido que hacerse estos itinerarios no permiten precisar la edad de esta formación." Y en otro lugar dice:

"El sistema cretácico alcanza mayor desarrollo en los cantones de Orizaba, Córdoba y Zongolica, en donde se presentan series de capas calizas que tienen centenares de metros de potencia. A diferencia de las calizas del Norte del Estado que están todas más o menos despedazadas y metamorfizadas y desprovistas de fósiles, en las calizas cretácicas del W. y SW. del Estado de Veracruz, aunque sujetas al plegamiento que formó las montañas de la Sierra Madre Oriental, el metamorfismo es menos avanzado y contienen generalmente fósiles numerosos, la mayoría pertenecientes a las familias *Rudistae* y *Chamidae*....."

"La faja de tierras bajas que limita al Golfo de México está cubierta por los médanos y en algunos tramos, especialmente en donde las barrancas descubren el subsuelo se dejan ver las rocas pliocénicas marinas y aun algu

(1) Boletín del Instituto Geológico de México, número XIII. Geología de los alrededores de Orizaba por el doctor E. Böse.

nas que parecen por su fauna corresponder al Mioceno. Una zona paralela al Golfo se extiende desde Tamaulipas hasta Yucatán, está constituída por areniscas y margas arcillosas y calcáreas muy fosilíferas que en la parte superior contienen moluscos, cuyas especies en gran parte están representadas en la actualidad en el Golfo de México y parece que deben referirse al Plioceno y Pleistoceno; y debajo, las especies vivientes están representadas en número mucho más reducido y se hayan asociadas con equinodermos del Mioceno, como sucede también en la misma formación al Sur de Tabasco y porción de Chiapas limítrofe con el Estado de Tabasco. Es en la costa del Golfo de México en donde se conoce nada más la presencia del Terciario Marino en México, excepción hecha de la formación terciaria de la Baja California."

Por estudios posteriores acerca del Terciario de la costa del Golfo, hechos con motivo del desarrollo de la explotación de los yacimientos petrolíferos contenidos en estos terrenos sedimentarios, se ha llegado a comprobar la presencia del Eoceno Inferior y se ha sospechado la existencia del Oligoceno. Las capas de pizarra que se encuentran al W. de Tampico, en la Estación de Méndez del Ferrocarril de Monterrey a Tampico, han sido determinadas por Dall como pertenecientes al Eoceno Inferior; mientras las pizarras arcillosas, impuras y fosilíferas, las calizas y algunas veces los conglomerados que descansan sobre la citada pizarra de Méndez, se han considerado como del Oligoceno. El señor ingeniero don Juan D. Villarello refiere al Neógeno las formaciones terciarias de Tuxpan, Tantoyuca y Papantla (1). En Tuxpan el Neógeno representado por la parte superior del Mioceno y la inferior del Plioceno, está constituído por margas apizarradas, capas de arena y areniscas intercaladas en las margas que descansan sobre calizas amarillentas y fosilíferas con equinodermos del género *Clypeaster*. Rocas de un carácter semejante son las que constituyen el Neógeno de los otros dos cantones; en Tantoyuca son margas de color gris o gris azulado, plásticas y duras entre las cuales se intercalan arenas sueltas o areniscas calcáreas o arcillas; y en Papantla son calizas fosilíferas de color amarillo sobre las que se apoyan areniscas, pizarras, margas apizarradas de color gris azulado y arcilla de color rojo.

Con respecto a las rocas ígneas y la geología de las zonas volcánicas del Estado de Veracruz, debemos citar aquí los estudios del señor ingeniero don Ezequiel Ordóñez sobre el Cofre de Perote y las Barrancas de Las Minas y Tatatila (2) y el Itinerario Geológico de México a Jalapa (3); y las Observaciones Geológicas en el lado Sur del Pico de Orizaba del señor doctor Paul Waitz. (4).

Hemos tenido ocasión de mencionar dos de estos estudios con motivo de la Reseña Fisiográfica del Estado; a propósito de los volcanes y rocas ígneas diremos que el señor Ordóñez llama la atención sobre la naturaleza geológica del Cofre que corresponde enteramente a la sencillez topográfica que presenta esta montaña en su flanco occidental; y considera este volcán como relativamente viejo, costituído por un macizo de construcción monógena y formado por corrientes de lava superpuestas, que se han sucedido con tal rapidez que no se puede establecer ninguna distinción cronológica entre ellas.

Para nosotros la serie de crestas que unen el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, cuya orientación magnética aproximada es de 7° NE., coinciden con una línea volcano-tectónica cuya sismicidad se acentúa en la vertiente oriental de este tramo de la Sierra Madre, que da señales de actividad repetidas veces, bien por los movimientos sísmicos que origina, bien por los ruídos subterráneos que se producen de tiempo en tiempo de un volcán al otro.

---

(1) Boletín del Instituto Geológico de México, número 26.
(2) Boletín Soc. Geol. Méx., tomo I, páginas 119 y 151.
(3) Guide Geol. du Mex., Xme Gongrés Geologique International. México, 1906.
(4) Bol. Soc. Geol. Méx., tomo VII, 1ª parte, pág. 70.

Entre las rocas ígneas el señor Ordóñez clasifica como andesitas de hyperstena las que constituyen el Cofre de Perote, y dice, que contienen a veces augita en microlitas para poder llamarlas augíticas; y otras veces bastante augita en cristales primarios para poderlas llamar andesitas de hyperstena y augita. En su descripción de las barrancas de Las Minas y Tatatila, cita el señor Ordóñez como rocas ígneas: granitos, monzonitas, gabbros y dioritas que atraviesan las calizas cretácicas; y corrientes de rhyolitas y andesitas cubiertas por sus tobas y brechas respectivas. Estudia las zonas de contacto con las calizas, donde se encuentran los criaderos cupríferos y ferríferos de esta región. Los granitos son de biotita y augita, las monzonitas son cuarsíferas porfiroides o microlíticas, conteniendo unas veces hornblenda y otras augita transformada en parte en dialage.

En la región que visitamos tuvimos oportunidad de recorrer zonas volcánicas y terrenos cretácicos, que se encuentran cubiertos o atravesados por rocas ígneas terciarias. En los alrededores de Jalapa existen corrientes basálticas que se extienden formando una ancha faja hasta Coatepec, Xico y Teocelo, de la que surgen los numerosos conos volcánicos a que nos hemos referido en el capítulo anterior. Estas corrientes descienden a alturas comprendidas entre 1,200 y 1,000 metros sobre el nivel del mar y llegan un poco adelante de Teocelo.

En las barrancas que se atraviesan para ir de esta población a Cosautlán se ven terrenos de acarreo que rellenan sus thalwegs y que contienen grandes fragmentos andesíticos; estas formaciones continúan hasta cerca de las lomas de Baxtla y El Naranjal, donde aparecen las andesitas alteradas profundamente y con fenómenos muy avanzados de laterización, que son característicos de los climas húmedos y cálidos. Esta alteración profunda se observa en las andesitas de los alrededores de Cosautlán y de Barranca Grande. Fué principalmente en esta zona alterada donde se produjeron con el temblor, grietas ligeras, de preferencia en los bordes de los caminos. En el camino de Barranca Grande a Patlanalá se vuelven a presentar de nuevo los terrenos de acarreo y las andesitas, aunque allí están menos alteradas. Estas constituyen la mayor parte de las eminencias de los alrededores de aquella congregación, hasta algunos kilómetros antes de Camuxapa, en donde comienzan a aparecer las calizas cretácicas que forman la Sierra de Ocotene, cerros de Los Platos, Zeutla, Zacatlaminca y Espinazo del Diablo, y por último, los cerros de Taxcacapa, Quialiayo, Tepehícan y abruptas crestas que limitan el valle longitudinal de Patlanalá, de cuya fisonomía especial nos hemos ocupado ya. Las calizas están sumamente plegadas y dislocadas, con grandes porciones desprendidas de los flancos de las montañas y forman cerros o pequeñas eminencias. Entre el camino de Camuxapa o Patlanalá se presentan algunos bancos con fósiles, especialmente Rudistas, muy mal conservados. Las calizas están cubiertas en algunos lugares con tobas calizas o volcánicas o productos de acarreo de poco espesor; y en otros, están atravesadas por andesitas que aparecen bajo la forma de reventazones o diques mal definidos. Uno de estos diques andesíticos que atraviesa las calizas se ve en la extremidad del valle de Patlanalá, cuando se llega por el camino de Barranca Grande. La andesita de este dique fué estudiada al microscopio, en lámina delgada, por el señor don Rodolfo Martínez Quintero, quien hizo su descripción contenida en las líneas siguientes, así como de otras rocas colectadas en la región.

Petrografía. La mayor parte de la zona de la Sierra Madre que recorrimos durante nuestra excursión al Estado de Veracruz, está constituída por calizas plegadas del Cretácico Medio, las que en algunos lugares están cubiertas por rocas efusivas o atravesadas por rocas ígneas intrusivas.

Algunas de las calizas se presentan cubiertas por lateritas, así como muchas de las rocas ígneas se presentan en un estado avanzado de alteración, con sus feldespatos totalmente kaolinizados.

Entre las rocas ígneas que tuve oportunidad de examinar en el campo, citaré una andesita de hornblenda que se presenta entre las calizas afectando la forma de un dique en la bajada del valle de Patlanalá. Macroscópica-

mente tiene aspecto porfídico y muestra algunos cristales alargados de hornblenda de regular tamaño. Su examen al microscopio, en lámina delgada, muestra la misma textura porfídica y revela que su masa, en otro tiempo vítrea, se ha devitrificado posteriormente y se ve constituída por microlitos de plagioclasa; y parece ser por su corto ángulo de extinción una andesita muy ácida; los cristales de hornblenda que parecen estar a la simple vista en perfecto estado de conservación se ven al microscopio parcialmente alterados.

El examen microscópico anterior parece probar que la solidificación de la roca se efectuó de una manera muy rápida y que después se produjo la alteración de los cristales de hornblenda; se nota además, que el magma líquido envuelve un material cloritoso, producto de descomposición de los elementos ferromagnesianos pertenecientes probablemente a una andesita más antigua.

En cuanto a los lodos de las avenidas que cubrieron a varios pueblos de la zona recorrida, su examen microscópico reveló que contenían los mismos minerales que las andesitas, solamente que en ellos escasea mucho la hornblenda y abunda la hyperstena. Es probable que el material que constituye estos lodos no sea sino el resultado de la trituración mecánica y de la alteración química de estas andesitas.

Tectónica. La Sierra Madre Oriental se formó con materiales sedimentarios emergidos de los mares cretácicos. Los estratos de estos materiales sedimentarios constituídos principalmente por calizas, pizarras arcillosas, margas y areniscas, fueron plegados, torcidos, fracturados y dislocados por esfuerzos orogénicos que poblamente alcanzaron su máxima intensidad durante el Terciario; estos esfuerzos debidos al diastrofismo terrestre se han continuado después con menor energía y siguen realizándose hasta nuestros dias, por lo que puede decirse que muchos de los temblores ocurridos en esta zona no han sido sino fases más o menos débiles por las que está pasando el proceso orogénico de esta porción del país.

Por los estudios estratigráficos y tectónicos que se han hecho del Cretácico Mexicano, se sabe que de las tres divisiones que se consideran en este sistema, son, la inferior y la media las que han sufrido más movimientos y dislocaciones durante los tiempos geológicos pasados; el Cretácico Superior al contrario, no ha sufrido grandes vicisitudes y aún se llegan a encontrar sus rocas en posición ligeramente desviada de la horizontal.

Las formaciones sedimentarias pertenecientes al Cretácico Medio son las más comunes en el país y las que ocupan en él una mayor extensión superficial; son las que han suministrado el material de muchas de nuestras sierras calizas, pudiendo asegurarse que la Sierra Madre Oriental está constituída en su mayor parte por rocas pertenecientes exclusivamente a esta división.

Con motivo de las formas fisiográficas características que se presentan en la región sacudida por el terremoto del 3 de enero, hemos tratado ya de algunos de sus accidentes tectónicos, haciendo notar que se han producido fracturas y resbalamientos que han dado origen a hundimientos y fosas y a sistemas de fracturas y fallas, algunas de las cuales pueden considerarse como líneas sismo-tectónicas.

Los sistemas de fallas o fracturas que con más frecuencia se encuentran en la región recorrida, tienen los siguientes rumbos y echados: EW. con echado al S.; de 54° a 60° NE. (57° NE. en promedio) con fuerte echado al SW. o casi vertical; y NS. a 10° NE. de rumbo. Varias de las fracturas pertenecientes a algunos de estos sistemas, encauzan a los ríos de la región en ciertos tramos de su curso. En el río Huitzilapa, en los alrededores de Patlanalá, se encuentran con frecuencia fracturas del sistema 57° NE. y pocas del sistema 54° NW.; en cambio en los ríos Jamapa y Seco y en el de Metlac parecen dominar las de este último sistema.

En su Bosquejo Geológico (1), el señor ingeniero Aguilera señala como

(1) Boletines del Instituto Geológico de México, números IV, V y VI, pág. 212.

dirección más frecuente, tanto para las capas levantadas como para las crestas, la de NW. a SE. con ligeras oscilaciones entre 25° y 45°, siendo los echados de las capas muy variables, ya al NE., ya al SW.; pero en esta región, según nuestras observaciones, es dominante para las crestas elevadas la dirección NS. y la NE. SW., lo que parece corresponder a la desviación tan notable que sufre la Sierra Madre Oriental en el tramo comprendido entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote.

CAPITULO III.

Estudio del terremoto

I.—DESCRIPCION GENERAL DEL FENOMENO Y SUS EFECTOS EN LA ZONA MEGASISMICA

El sábado 3 de enero de 1920, poco antes de las diez de la noche se sintió en la ciudad de México un ligero temblor oscilatorio de corta duración, que fué notado solamente por algunas personas; pero casi inmediatamente después de este movimiento sobrevino un choque violento de mayor intensidad que el anterior, aunque también de corta duración; este último causó alguna alarma y fué sentido por todos los habitantes de la capital y de las poblaciones del Distrito Federal.

Este choque principal así como la primera sacudida fueron fases distintas del mismo megasismo. Los sismógrafos de la Estación Central de Tacubaya recibieron la primera onda a las 9 h. 48 m. 03 s., (tiempo medio de Tacubaya); habiendo registrado los aparatos durante el transcurso de la noche otros seis temblores de intensidades comprendidas entre los grados I y III de la escala de Cancani, de los cuales los más notables fueron los siguientes: a las 10 h. 23 m. 17 s.; a las 10 h. 26 m. 15 s., a las 11 h. 34 m. 07 s.; y a las 12 h. 46 m. 23 s.

Al día siguiente se recibió en la Estación Central el primer telegrama referente al temblor acaecido la noche del día anterior, procedente del puerto de Veracruz y redactado en los siguientes términos:

Veracruz, Enero 4.—8 a. m.—El día 3 a veintiuna cincuenta y ocho local, fuerte temblor oscilatorio, duración aproximada treinta segundos, repitiendo hasta una de la mañana tres veces ligero.—El Jefe del Observatorio. —*D. Larraga.*

Durante ese día y el siguiente se siguieron recibiendo telegramas de otros lugares del Estado de Veracruz, en los que se señalaban como poblaciones más afectadas por el temblor, a Jalapa, Teocelo, Cosautlán, Barranca Grande, Atotonilco, Calcahualco, Alpatlahua, San Juan Coscomatepec, Huatusco, Córdoba y Orizaba; y a las de Patlanalá, Quimixtlán y Chilchotla, del Estado de Puebla. Se recibieron además varios telegramas de otras localidades de la República en las que el temblor se sintió con más o menos intensidad. En la carta (Lám. XLII—A) que acompaña a este estudio, figuran señaladas con tinta roja las poblaciones de la República de las que se recibieron noticias de temblor.

Posteriormente a los días 3, 4 y 5 de enero, la prensa de la capital dió noticias que eran cada vez más alarmantes: se atribuía al fenómeno un carácter sumamente destructor y las desgracias causadas por él se comentaban como una verdadera hecatombe nacional; pero lo que vino a aumentar la alarma e hizo que creciera el interés público, fué la noticia propalada el día 9 por casi todos los periódicos de la capital: en ediciones extras se habló de la aparición de un volcán del cual se describían con vivos colores, sus erupciones, corrientes de lava, emisiones de gases, etc. Se localizaba este volcán al principio, en las cercanías de Jalapa, en el cerro de San Miguel del Soldado; después, entre los ranchos del Jacal y Tlacotiopan en las faldas

del Pico de Orizaba; más tarde, en los alrededores de San Miguel Huaxcaleca; y por último en las cercanías del pueblo de San Nicolás al W. de San Juan Coscomatepec; y aún se llegó a hablar de erupciones del Pico de Orizaba y del Cofre de Perote.

Al estudiar el fenómeno comenzaremos por fijar la situación, extensión y límites de su área megasísmica y nos ocuparemos después del carácter del movimiento, intensidad, dirección, propagación, etc., y de sus efectos geológicos en el terreno y de los destructores en los edificios de las principales poblaciones comprendidas dentro de la área que visitamos.

2.—EXTENSION, FORMA, LIMITES Y SITUACION GEOGRAFICA DEL AREA PLEISTOSISTICA Y CARACTER DEL MOVIMIENTO

Afecta esta área una forma toscamente triangular y se encuentra localizada en la Sierra Madre Oriental, entre las poblaciones de Patlanalá y Chilchotla del Estado de Puebla hacia Atotonilco del Estado de Veracruz, precisamente en la vertiente oriental de la arista de la Sierra Madre, comprendida entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote; su superficie es aproximadamente de 70 kilómetros cuadrados y se encuentra comprendida entre los paralelos 19° 09′ y 19° 18′ de latitud N. y los meridianos 1° 52′ y 2° 02′ de longitud E. del meridiauo de México. Está limitada al W. por las crestas que pertenecen a la arista mencionada; al N. por las montañas que bordean los valles de Patlanalá y Chilchotla; al S. y al E. por las serranías que corren entre Atotonilco y San Miguel Huaxcaleca con una dirección general de NE. a SW.

El carácter del movimiento en esta zona fué trepidatorio y de una duración muy corta; ésta no la pudieron apreciar los habitantes de las poblaciones sacudidas, porque la violencia e intensidad del choque principal les causó tal impresión y espanto que no les permitió darse cuenta de ello. Según la relación de las personas más caracterizadas de Patlanalá, el choque fué sumamente brusco y a causa de él, fueron lanzadas al suelo las lámparas de petróleo y otros objetos que se encontraban encima de las mesas; lo mismo que algunos líquidos que saltaron fuera de los recipientes que los contenían; y aún aseguran algunos vecinos que varias ciénagas que existían al pie de las montañas, se vaciaron.

Durante nuestra estancia en Patlanalá tuvimos oportunidad de sentir varios temblores de alguna intensidad y queriendo precisar el carácter de esos movimientos, suspendimos en nuestra tienda de campaña un cuerpo pesado de un hilo para que este péndulo nos sirviera a manera de sismoscópio y pudimos observar así, que los temblores subsecuentes fueron de un carácter francamente trepidatorio, pues este péndulo improvisado no osciló ni siquiera ligeramente, no obstante que algunos de estos temblores fueron de bastante intensidad.

En la misma ciudad de México, no obstante su distancia al epifoco (212 kilómetros), el movimiento fué más bien de carácter trepidatorio que oscilatorio, pues fueron muy ligeras las oscilaciones que se notaron en las lámparas y objetos suspendidos; no pudiéndose quizá percibir claramente estas oscilaciones por su corto período. La distancia epicentral para la Estación Central de Tacubaya fué determinada por la fórmula de Omori, utilizándose los datos instrumentales de los sismógrafos horizontales Wiechert de 200 y 125 kilogramos de masa.

En cuanto a la extensión de la área macrosísmica abarcada por este temblor puede apreciarse por la inspección de la citada carta de la República (Lám. XLII-A) en donde se señalan todas las localidades de las que se recibieron noticias del temblor, bien por telegramas oficiales o bien por noticias particulares y por informes que nos fueron dados durante nuestras excursiones a través de los Estados de Veracruz y Puebla. El área macrosísmica está limitada por una línea curva sinuosa que pasa cerca de los siguientes lugares: Puerto Lobos en la costa Norte de Veracruz, Tuxpan del mismo Estado, Pachuca capital del Estado de Hidalgo, Toluca capital

del Estado de México, Iguala del Estado de Guerrero, las poblaciones de Tlaxiaco y San Jerónimo del Estado de Oaxaca y las de Cosamaloapan y Tuxtla de Veracruz. No obstante la fuerte intensidad de este temblor, su área macrosísmica es relativamente pequeña si se le compara con las áreas conocidas de algunos otros grandes temblores mexicanos, por ejemplo, el del 14 de abril de 1907, cuyo epicentro estuvo en San Marcos, en la costa de Guerrero, cuya área macrosísmica abarcó una zona que por el E. llegó hasta San Juan Bautista, por el N. hasta Tampico y San Luis Potosí, y por el W. llegó más allá del puerto de Manzanillo. La superficie en kilómetros cuadrados del área macrosísmica del temblor de 1920 fué de 77,200 kilómetros cuadrados, es decir, una parte insignificante del total de la extensión continental de la República, en tanto que la superficie conmovida por el temblor del 14 de abril de 1907, fué de 529,583 kilómetros cuadrados, esto es, más del 29% de dicha extensión territorial, siendo solamente el 4% o sea aproximadamente la séptima parte del área de aquel temblor la que corresponde al del 3 de enero próximo pasado. Durante los temblores del 30 y 31 de julio de 1909 fué sacudida una extensión casi igual a la del 14 de abril de 1907 y ha habido temblores en el país, que conmueven macrosísmicamente casi la mitad del territorio continental de la República.

Hemos dividido el área macrosísmica de este temblor en una área epicentral y en cuatro zonas de intensidades, dada la imposibilidad que hay de poder trazar las isoseistas por falta de datos; otro tanto puede decirse de las homoseístas por carecer de datos exactos acerca del tiempo en que ocurrió el temblor en distintas localidades, pues hay horas trasmitidas en algunos telegramas recibidos de lugares cercanos entre sí, que difieren varios minutos; esto se debe a que nunca se corrigen los relojes públicos de las poblaciones, ni se ha podido unificar todavía la hora en el país; aún el tiempo suministrado a los sismógrafos de la Estación Sismológica de Oaxaca, tiene errores notables de tiempo, pudiendo sólo considerarse como exacta la hora de 9 h. 48 m. 03 s. en que llegó la primera onda longitudinal del terremoto a la Estación Sismológica Central de Tacubaya, pues ésta recibe directamente la hora del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, cuyos péndulos están sincronizados y el error probable del tiempo en los sismogramas es apenas de ± 0.2 de segundo.

En el área epicentral han quedado comprendidas las poblaciones en que se sintió el temblor con intensidades del grado XI al XII de la Escala de Cancani; en la zona de primera intensidad están las localidades en que la intensidad fué del grado IX al X—XI; en la de segunda del V al VIII; en la de tercera del IV al V, y por último, en la de cuarta intensidad, todas las demás localidades en que se sintió el temblor más ligeramente; pues como se sabe la isoseísta III es el límite de la percepción de las personas para los temblores de tierra y delimita por tanto la área macrosísmica. Las localidades más importantes y las intensidades que respectivamente alcanzó el movimiento en cada una de ellas fueron las siguientes:

Area Epicentral

Chilchotla, Pue. . . . . XI.—XII.
Quimixtlán, Pue. . . . . XI.—XII.
Patlanalá, Pue. . . . . XI.

Zona de primera intensidad

Alpatlahua, Ver. . . . . IX.
Ayahualulco, Ver. . . . . IX.—X.
Calcahualco, Ver. . . . . IX.
Cosautlán, Ver. . . . . X.
Chichiquila, Ver. . . . . IX.
Coscomatepec, Ver. . . . . VIII.—IX.
Saltillo Lafragua, Pue. . . . . X.
Ixhuacán, Ver. . . . . X.—XI.
Teocelo de Díaz, Ver. . . . . X.

Zona de segunda intensidad

Jalapa, Ver. . . . . IX.
Huatusco, Ver. . . . . VIII.
Xico, Ver. . . . . VIII.
Coatepec, Ver. . . . . VIII.
San Andrés Chalchicomula, Pue. . . . . VIII.

Zona de tercera intensidad

Esperanza, Pue. . . . . IV.—V.
Orizaba, Ver. . . . . IV.
Córdoba, Ver. . . . . IV. (?)
Rinconada, Ver. . . . . IV.
Tuxpan, Ver. . . . . IV.

Zona de cuarta intensidad

Veracruz, Ver. . . . . III.—IV.
Tecamachalco, Pue. . . . . III.—IV.
Tehuacán, Pue. . . . . III.—IV.
Teotitlán, Oax. . . . . III.
Cuicatlán, Oax. . . . . III.
San Jerónimo, Oax. . . . . III.
Otumba, Méx. . . . . III.—IV.
México, D. F. . . . . III.—IV.
Tacubaya, D. F. . . . . III. (?)
Calpulalpan, Tlax. . . . . III.—IV.
Huamantla, Tlax. . . . . IV.
Tlaxco, Tlax. . . . . III.—IV.
Chignahuapan, Pue. . . . . III.
Tetela, Pue. . . . . III.
Zacatlán, Pue. . . . . III.
Huauchinango, Pue. . . . . III.
Puerto de Lobos, Ver. . . . . III.

3.— DIRECCION DEL MOVIMIENTO

En cuanto a los datos que a ésta se refieren y que son en cierto modo importantes para darse cuenta de la propagación del temblor, tuvimos oportunidad de hacer observaciones en varias de las poblaciones situadas fuera del área epicentral, que nos permitieron determinar la dirección con alguna aproximación; en cambio en otras no pudimos hacerlo, por no existir en el terreno dato alguno de que poder partir para poderla deducir, ni ningún informe de los habitantes de los lugares visitados que nos mereciera fe. En general no hemos tenido en cuenta las direcciones que creyeron notar los habitantes de los lugares más conmovidos, pues sucede que hay muy pocas personas dotadas del suficiente espíritu de observación para tomar esta clase de datos y sobre todo, porque sin estar familiarizados con estos fenómenos, es difícil que tenga la calma necesaria en los momentos en que se efectúa un gran temblor para hacer observaciones precisas de esta naturaleza.

Por otra parte, son bien conocidas las dificultades que se presentan para la determinación exacta de la dirección del movimiento, pues parece que de hecho ésta cambia constantemente durante un temblor, y que sólo puede tomarse como general, la dominante durante el movimiento, la que tampoco coincide siempre, como pudiera creerse, con la de la línea que une el lugar de observación con el epicentro.

Para determinar la dirección del movimiento nos servimos de la dirección y sentido en que cayeron objetos libres, tales como muebles, espejos, cuadros, etc.; u objetos alargados como pilares, postes, cruces, etc., muchos

de los cuales, cuando llegó la Comisión no habían sido removidos del lugar en que cayeron.

Cosautlán.—En Cosautlán, (véanse Láms. XI-A y XII-A) los pilares de los portales de la plaza, cayeron hacia el NE.; lo mismo sucedió con los postes de la esquina del atrio de la iglesia, aunque hubo algunos que cayeron según la dirección NS. y en sentido contrario, pues unos cayeron para un lado y otros para otro; la dirección de la caída de los objetos libres del interior de la iglesia fué también hacia el NE.; y únicamente el cuerpo de la torre N. de ella cayó hacia el NW., pero no puede considerarse este cuerpo como un objeto libre y no se debe por consiguiente tener en cuenta su caída como dato para determinar la dirección general del movimiento sísmico en este lugar. (Lám. XIII-A, Fot. 1.)

Otra observación que parece confirmar la idea de que fué NE. la dirección del movimiento, es la que estando la iglesia orientada al NW. SE. 63°, fueron los muros NE. los que sufrieron más, habiendo quedado quebrados y machacados en forma de cruz, por las cuarteaduras (Lám. XIII-A, Fot. 2 y Láms. XIV-A y XV-A, Fot. 1), y mostrando efectos de esfuerzos de compresión, como si hubieran estado entre las quijadas de una quebradora; en tanto que los muros NW. presentaban cuarteaduras horizontales (Lám. XV-A, Fot. 2 y Lám. XVI-A.) como si hubieran oscilado únicamente.

Barranca Grande.—Aunque está situada fuera del área epicentral, no nos fué posible determinar la dirección del movimiento por haber quedado casi todas las casas de esta congregación en ruinas, cubiertas por el lodo de las avenidas o aludes que se produjeron simultáneamente con el temblor, de las cuales hablaremos más adelante.

Teocelo de Díaz.—En Teocelo la dirección del movimiento fué probablemente de W. a E.

En la casa del doctor Gonzalo Hernández, jefe del Puesto de Socorros, un espejo de sala que estaba colgado en un muro orientado de N. a S., cayó hacia el W., como si el movimiento hubiera venido en una dirección transversal a la del muro. Este movimiento causó efectos semejantes en otros muros orientados igualmente en otras casas de la ciudad. En la iglesia de Teocelo cayeron hacia el SW. los balaustres del barandal del altar (Lám. XVII-A, Fot. 1) y allí pudimos observar movimientos rotatorios en los pilares y balaustres de piedra artificial del altar, que giraron un ángulo de 40° hacia el NW. (Véase Lám. XVII-A, Fot. 2) y lo mismo sucedió con la estatua de Hidalgo que se encuentra en la plaza de ese lugar, la que giró sobre su pedestal un ángulo de 17° al NE. (Lám. XVIII-A, Fot. 1). Estos movimientos de rotación son solamente aparentes y no corresponden, como pudiera suponerse, a movimientos de vórtice durante el temblor, sino que son solamente el resultado de diferencias de frotamiento entre dos planos primitivamente horizontales, que al inclinarse el pedestal con el movimiento, hacen resbalar al objeto que descansa sobre él, designalmente, adelantándose una parte con respecto a la otra y produciendo así un movimiento aparente de rotación.

Jalapa.—En esta ciudad las calles están orientadas de N. a S. y de E. a W., y como veremos después al estudiar los efectos destructores en sus edificios, fué muy frecuente en la zona máxima de destrucción la caída hacia el NE. de los muros orientados EW., como si el movimiento hubiera venido en la dirección del SW. al NE., es decir, aproximadamente según la línea que une a dicha ciudad con el área epicentral. No nos fué posible apreciar con claridad la dirección de la caída de objetos libres por no haber sido allí el temblor de carácter francamente oscilatorio.

San Francisco La Peña.—En la casa de comercio del señor Benito Díaz Ribero, las botellas de la parte alta del armazón de la tienda y una lámpara, cayeron al SW. y según nos informó este mismo señor, el movimiento y ruidos subterráneos que lo acompañaron, parecieron venir de la tierra hacia el mar, rumbo SW., de modo que es probable que aquí haya sido también la dirección del SW. al NE.

Veracruz.—En este puerto, según informes de personas completamente dignas de fe, el movimiento fué oscilatorio y de dirección de E. a W.

4.—DURACION DEL CHOQUE

En cuanto a la duración del choque principal en diferentes puntos del Estado de Veracruz, se hace variar entre 3 y 30 segundos, según sus distancias al epifoco; estas duraciones se consignan en los telegramas trasmitidos y constan en el Catálogo de Macrosismos sentidos en la República durante el mes de enero de 1920, formado por el señor ingeniero Francisco Patiño y Ordaz, jefe de la Estación Sismológica Central de Tacubaya. (Véase la segunda parte de esta memoria.) En el mismo catálogo constan las direcciones y duraciones observadas en diferentes localidades de la República, situadas en los Estados de Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Guerrero, México y Distrito Federal.

5.—PROPAGACION DEL MOVIMIENTO SISMICO

Con respecto a la propagación del movimiento sísmico, debemos hacer notar que se efectuó preferentemente, según una zona de orientación general SW.—NE. (55° NE. de rumbo medio magnético) dirección según la cual el moviento alcanzó su máxima intensidad y en la que por consiguiente, se acentuaron los fenómenos geológicos y destructores del temblor. Coincide esta dirección con una antigua zona de fracturas y fallas pertenecientes a los sistemas EW. y 50° a 60° NE. En la carta topográfica de la área más conmovida (véase Lám. I-B) se puede localizar esta zona entre Chilchotla y Patlanalá (Estado de Puebla), comprendiendo Quimixtlán; después se alarga en la dirección indicada al NE., comprendiendo Cosautlán, Barranca Grande, Teocelo, Coatepec y Jalapa, donde tiene rumbos variables, pero siempre de SW. al NE.

CAPITULO IV

Efectos geológicos

Los efectos del temblor sobre el terreno, es decir, los fenómenos geológicos que durante el movimiento o después de él se produjeron, fueron muy notables y consistieron principalmente en derrumbes en las montañas, resbalamientos de terrenos sueltos, avenidas o aludes de lodo, variaciones en el gasto de los manantiales existentes en la región y alumbramiento de nuevos manantiales.

Los derrumbes en las montañas se perciben desde los alrededores de Barranca Grande hacia el W. (Véase Fot. Núm. 1. Lám. XVIII-A y Lám. XIX-A), (derrumbe de Tlatetela), después, en el cerro "El Vigía" y en el camino de aquella congregación a Patlanalá; y son muy notables en los cerros que circundan el valle de ese nombre, donde están localizados casi siempre en el borde de las crestas (Lám. XX-A, Fots. 1 y 2); estos derrumbes se ven unos a continuación de otros como jaloneando los sistemas de fallas que se presentan en los cerros que limitan al N. el cañón del río de los Pescados. Cuando tuvimos la oportunidad de observarlos en Patlanalá estaban aún muy recientes y el material desprendido, en un estado tal de equilibrio inestable, que el más ligero movimiento o temblor, provocaba su caída, produciéndose entonces el resbalamiento del material por las abruptas pendientes de los cerros de una manera brusca y repentina, y acompañado de un fuerte ruido por el choque de las piedras entre sí, que causaba durante la noche una impresión de terror a los asustados habitantes de la comarca. Era muy frecuente que durante el día, la caída de piedras aisladas en estos derrumbes (que se presentaban entonces secos, pues no había llovido en esos días en la región) hiciera que se formaran polvaredas (Lám. IX-A, Fot. 1) que causaban el efecto de una o de varias humaredas y que se veían desde lejos, dando a la región de Patlanalá un aspecto nublado que parecía producido por el humo.

Estos derrumbes se efectuaron durante el temblor, lo mismo que el deslizamiento de los terrenos sueltos, que en masa resbalaron por las laderas y al alcanzar el lecho del río Huitzilapa o de Los Pescados, forman enormes aludes o avenidas de lodo que arrasaron casi enteramente o por completo los poblados. En Patlanalá se originaron en la barranca de Acuatlatipa, (Láms. VII-A y VIII-A) siendo de notar que estas avenidas, comparables en su movimiento, por la pastosidad del lodo, a los ventisqueros, recorrieron grandes distancias y recibieron durante su recorrido varias avenidas afluentes: entre ellas ésta de Acuatlatipa, cuyos efectos desastrosos fueron muy grandes, pues cubrieron por completo el caserío de las congregaciones de El Rincón, Petlacuacán, Mecatitla y Acuitlatipa, dejando sepultados en el lodo a los habitantes de esas congregaciones que eran en número de 120 y causando así más víctimas que el temblor mismo. Algunos vecinos de Patlanalá, contaron hasta 36 fuertes avenidas de lodo, durante la noche del 3 al 4 de enero. Al llegar la avenida a Barranca Grande, congregación que contaba con unos 300 habitantes, cubrió las dos riberas del río a lo largo de las cuales se extendían las casas de esta congregación (Láms. XXI-A, XXII-A y XXIII-A), dejando solamente con vida a unos 80 individuos que pudieron salvarse y quedando solamente sin ser cubiertas, algunas pocas casas que se encontraban en la parte alta de la ladera de la montaña. Por los relatos de algunos hombres que escaparon del desastre en esta congregación, pudimos saber que momentos antes del temblor, se oyó un ruido subterráneo por el rumbo de Chilchotla, que comparaban, unos, a un trueno sordo prolongado, otros al rodar de muchas carretas por un piso empedrado, a cargas de caballería, etc.; que como unos cinco minutos antes del choque principal, oyeron otro ruido que atribuyeron, en medio del susto que les produjo el fuerte choque, a un segundo temblor, y que se preparaban a sentir éste, cuando solamente unos cuantos habitantes se dieron cuenta de que no era ruido subterráneo sino que era una creciente del río. Los pocos habitantes que se dieron cuenta de la causa del segundo ruido huyeron hacia la parte alta, tratando de salvarse; pero era tal la velocidad que traía la avenida, que varias de estas personas, no obstante haberse dado perfecta cuenta del peligro y haber corrido violentamente, siempre perecieron. Se nos contó, por ejemplo, el caso de un padre de familia que llevaba dos de sus hijitos de la mano, quienes tenían que correr solamente un espacio muy corto (de 300 metros) para escaparse de la corriente; pero no pudiendo los niños correr bastante aprisa, tuvo que soltarlos y dejarlos perecer para poder salvarse; y entre otros el caso de una familia que durante el temblor se arrodilló dentro de su casa a rezar, habiendo quedado un niño, perteneciente a esta familia, cerca de la puerta, el cual oyó gritar a un hombre que pasó por frente a su casa "que era creciente." El niño salió violentamente y echó a correr delante del hombre hacia arriba de la falda del cerro y pudo salvarse, pero el hombre que había dado el aviso de alarma pereció, por haber sido alcanzdo por la avenida; hubo también familias compuestas de numerosos miembros como la de don Eusebio Elos (de ocho personas), la de don Juan Deto (de seis personas), y otras que desaparecieron enteramente, dándose también casos en que se salvara sólo el jefe de ellas o al contrario familias en que murieron todos, excepto algunos de los miembros, y en fin, casos más o menos emocionantes que no relataremos aquí, por no parecer prolijos por tratarse de casos no comprobados.

Puede decirse que los lodos recorrieron todo el lecho del río Pescados desde los puntos en que alcanzaron los resbalamientos de los terrenos sueltos al lecho, hasta su desembocadura en el mar; pero la verdadera avenida, es decir, el lodo pastoso, recorrió distancias menores aunque bastante considerables como son, la comprendida entre Chilchotla y Patlanalá, que es de 11 kilómetros (según el curso del río) y la que media entre esta población y Barranca Grande que es de 9 kilómetros, es decir, en total 20 kilómetros. El espesor de estas corrientes fué de importancia en Chilchotla y en Barranca Grande donde se podía apreciar por la huella que dejó el lodo en los troncos de los árboles: alcanzó un espesor de 15 kilómetros.

Como un detalle de interés y con motivo de estas avenidas de lodo, incluiremos aquí un relato que nos hizo el coronel don Silviano García, de las condiciones en que se encontró en Quimixtlán al día siguiente del temblor. En la región, que se encontraba infestada de rebeldes en esa época, se preparaba por parte de los alzados un golpe la noche del sábado para apoderarse de Quimixtlán, que estaba ocupada por fuerzas del Gobierno, golpe que no se llevó a efecto por el temblor; sin embargo, el día siguiente, fué rodeada y balaceada esa población y el coronel se encontró atacado por los rebeldes, incomunicado de su base militar, que estaba en Patlanalá, por una gruesa avenida de lodo que ocupaba el lecho del río y que era imposible cruzar sin riesgo de hundirse en él. El coronel García quedó varios días allí en comprometida situación, aislado, y sólo podía comunicarse con los soldados del Cuartel General al otro lado de la avenida, por medio de notas escritas en papeles, en los cuales envolvían piedras, las que lanzaban de un lado a otro de la corriente de lodo por medio de hondas de mano.

Fenómenos geológicos semejantes han ocurrido y han sido estudiados en otros temblores extranjeros de fama mundial, como son los de Río Bamba, en el Perú, el de 4 de febrero de 1797, el de Asaam del 12 de junio de 1897, el de Mont Blanc el 13 de agosto de 1905 y algunos otros. "En el temblor de Río Bamba se produjeron varios profundos abismos y derrumbes de la parte alta de los cerros que cayeron a los valles y de las faldas de los cerros agrietados se precipitó una enorme cantidad de agua con mal olor, que se mezcló con el material procedente de los derrumbes, formando así lodo. Este llenó en poco tiempo valles de 1,000 pies de ancho por 600 pies de alto y cubrió edificios y pueblos enteros con sus habitantes, obstruyendo todos los manantiales; aunque el lodo se secó en pocos días, desvió la corriente de los ríos con su gran masa, haciendo que se salieran de su cauce, durante algún tiempo. Como aquí no se trata del desbordamiento de lagos, lo más probable es que hayan sido depósitos subterráneos de agua, que con el choque del temblor salieron a la superficie bruscamente. Esto puede suceder también lejos de las montañas calcáreas, en cuyas grutas se sabe que hay tales depósitos." (Wirkungen und Ursachen der Erdbeben, Wilhelm Branco, Berlín, 1902.)

Aristóteles, en su obra del Cosmos, capítulo 4.°, dice referente a estos fenómenos que acompañan a los temblores:

"Los temblores que producen abismos al abrir la tierra se llaman "rectos." De estos hay algunos que llevan delante vientos, otros piedras y otros lodo."

Puede decirse que en México es la primera vez que se presentan estos fenómenos con tal intensidad; y que constituyeron una de las características del temblor del 3 de enero próximo pasado.

Los terrenos que se resbalaban por las laderas, se encontraban remojados en parte por las lluvias del mes de diciembre del año anterior y en parte por los numerosos manantiales que existen en los bordes de las montañas, o alimentan las ciénagas que se forman en los escalones de la sierra. El volumen de estos terrenos puede estimarse en algunos millones de metros cúbicos que fueron puestos en movimiento primeramente, por las ondas sísmicas, durante los fuertes sacudimientos verticales que produjeron en el área epicentral; que descendieron después por gravedad por lo abrupto de las pendientes y que por último fueron arrastrados, mezclados ya con las aguas del río Huitzilapa a través de todo su curso.

Los manantiales que tuvimos oportunidad de ver durante nuestra excursión, eran todos de agua fría y hubo variación en su gasto, según informes de los habitantes de la región, habiéndose aumentado el de algunos de ellos o bien disminuído y aún desaparecido el de otros, siendo de notar que muchos de los nuevos que aparecieron, se encuentran alineados hacia el tercio superior de las montañas como si correspondieran a una grieta que se hubiera formado durante el temblor y hubiera quedado oculta por los derrumbes del terreno.

CAPITULO V

Efectos sobre las construcciones

Los efectos destructores de un temblor sobre las construcciones dependen de varios factores, entre los cuales influyen directamente los siguientes: situación topográfica y geológica de las construcciones, naturaleza del suelo y subsuelo en que se asientan, calidad del mortero y material empleado, y orientación de los muros más resistentes con respecto al rumbo y dirección según los cuales se verifican con más frecuencia los temblores en una localidad.

Vamos a referirnos con especialidad, a los efectos sobre las construcciones en la zona más conmovida por este temblor y señalaremos los peligros a que se expondrán las construcciones en la comarca recorrida, si no se construye ahora de una manera apropiada para resistir los futuros temblores, eligiendo los sitios apropiados para el objeto, pues son de esperarse futuros temblores dentro de lapsos más o menos largos, que no es posible fijar, pues la zona conmovida pertenece a una región sísmica del país, perfectamente caracterizada.

Nos ocuparemos de los efectos destructores del temblor comenzando por las localidades comprendidas dentro del área pleistocística, como Patlanalá, y en seguida de aquellas poblaciones que por estar situadas en la dirección en que se propagó el temblor, sufrieron más sus efectos destructores.

Patlanalá, Pue. Esta pequeña población que contaba antes del temblor con 150 habitantes, dispersados muchos de ellos en las congregaciones de sus alrededores, está formada por un reducido caserío que se asienta en el centro del valle de su nombre, sobre los depósitos recientes que rellenan dicho valle; y por cabañas situadas en las faldas de los cerros. La población es de aspecto triste y humilde y contrasta notablemente con la belleza de las montañas que limitan el valle. Al reducido número de casas, algunas de ellas de madera, se debe que no obstante la fuerte intensidad con que se efectuó allí el temblor del 3 de enero próximo pasado, no hayan sido muy notables los efectos destructores sobre las construcciones. Sin embargo, la iglesia (Lám. XXIV-A, Fots. 1 y 2) se cuarteó y derrumbó en gran parte, así como varias de las casas de mampostería de ese lugar; las casas de madera sufrieron muy poco. En los muros, las cuarteaduras fueron en su mayor parte horizontales y muchos de los pilares de las casas y portales se sintieron según sus juntas y se desviaron bastante de la vertical, efectos todos que corresponden a movimientos trepidatorios.

En la fotografía 2 de la Lám. XX-A, puede apreciarse cómo quedó el casco de esta población después del temblor y los intensos derrumbes que produjeron en los cerros de sus alrededores.

En el cuadro estadístico de las desgracias habidas en la región, que se expone más adelante, puede verse que en esta localidad hubo muertos y solamente dos heridos. De este número de víctimas, debe tenerse en cuenta que por la caída de las construcciones solamente hubo dos personas heridas y una muerta; en tanto que el resto pereció por la avenida de lodo que se originó en la barranca de Acuatlatipa y que cubrió por completo las chozas de la congregación de este nombre y las de El Rincón, Mecatitla y Petlacuacán, a las cuales se ha hecho antes referencia.

Cosautlán, Ver. Las casas de esta población se asientan en parte en la cima de una eminencia andesítica y en parte de la falda septentrional de la misma, quedando así dividida la población en dos cuarteles: uno alto y otro bajo. El caserío de Cosautlán situado en la parte alta, fué el que más sufrió con los efectos destructores del temblor del 3 de enero; y puede decirse que quedó reducido casi en su totalidad a ruinas. En el croquis de la Lám. XLIII-A, se indican las destrucciones habidas en los alrededores de la plaza y las fotografías re-

lativas dan idea de estas destrucciones. En las fotografías 1 y 2 de la Lám. IV-A, se ve la parte alta de Cosautlán, destruída; en las fotografías de la Lám. XXV-A las destrucciones de la plaza de dicha población y las del templo de la misma. (Láms. XIII-A y XVI-A). Como la dirección del movimiento sísmico fué allí de SW. a NE., los muros que se cayeron y los que se cuartearon horizontalmente, fueron los orientados de NW. a SE., mientras que los perpendiculares a éstos, presentaban grandes cuarteaduras en forma de cruz (véanse las fotografías de las láminas citadas); y mostraban, como se ha dicho en otro lugar, los efectos de esfuerzos de compresión, como si hubieran sido triturados entre las quijadas de una quebradora. Este templo era indudablemente una de las mejores construcciones de la población; sus muros hechos de piedra y mezcla tenían espesores variables entre uno y dos metros, habiendo sido los efectos del temblor favorecidos por la situación del templo en una eminencia, que con seguridad se sacudió enérgicamente como lo hubiera podido hacer un péndulo invertido, y esto produjo las notables destrucciones en el edificio y en la mayoría de las casas situadas en esta parte alta. Cuando la comisión estuvo en ese lugar, no habían sido removidas aún la mayor parte de las ruinas, y se veían las bóvedas del templo en el interior, formando un montón de escombros, en donde se destacaban las grandes pechinas de la bóveda central. La torre de la iglesia cayó hacia al NW. (Lámina XIII-A, fotografía 1) y debajo de ésta se encontraban aún los cadáveres de los soldados que hacían su servicio de centinelas en el momento del terremoto. Al caerse con el cuerpo de la torre quedaron sepultados debajo de ella, lo mismo que algunos otros soldados que estaban en el atrio. Los muros de la iglesia, aunque sumamente cuarteados se conservaron en pie; pero seguramente para la reconstrucción del templo, será necesario destruirlos completamente. Si el temblor hubiera tenido lugar al día siguiente, domingo a la hora en que se hubiera encontrado la gente reunida dentro de la iglesia, el número de víctimas hubiera sido mucho mayor. Según nos dijo el Presidente Municipal, habían llegado la noche del sábado gran número de comerciantes de la Sierra que se alojaron en las casas o durmieron en los portales, quienes se preparaban a vender sus mercancías al día siguiente, habiendo sido esta población flotante que ocupó la parte alta de la población durante la noche, la que sufrió más desgracias por el temblor. La población de Cosautlán pudo haber variado entre 1,500 y 1,800 habitantes por la llegada de aquellos comerciantes.

Cuando la comisión llegó a Cosautlán se iniciaba con actividad su reconstrucción bajo la dirección del señor ingeniero López, enviado desde Córdoba por el Gobierno del Estado para que se ocupara de acabar de destruir las casas que se encontraban arruinadas y levantar otras nuevas. En nuestra visita con este señor, a varios de los cuarteles más devastados, discutimos con él la conveniencia de cambiar de lugar el casco de la población, de adoptar el cemento armado para la construcción del nuevo templo, en caso de que no pudiera cambiarse de lugar el caserío; y propusimos que se construyeran casas de madera, solución esta última que parece la más práctica y económica, por la dificultad que hay en Cosautlán de conseguir materiales de construcción a precios cómodos por la falta de comunicaciones en esta fragosa porción de la Sierra Madre Oriental; y además porque las construcciones de madera son más adaptables al clima cálido de la región. Obsequiamos al señor ingeniero López varios folletos de los publicados por el Instituto Geológico acerca del arte de construir en los países en que tiembla; y cambiamos ideas con él acerca del criterio que debe regir en este importante asunto.

En cuanto al cambio de situación de Cosautlán, así como al de varias poblaciones de la región, los habitantes se oponen en general a efectuarla; alegan su cariño al terruño, los intereses creados, sus tradiciones, creencias etcétera; y es difícil, por lo tanto, realizar el cambio de las poblaciones mal localizadas para recibir los temblores de tierra. Supimos durante nuestras excursiones, que el Gobierno, tratando de prevenir desgracias futuras, había prometido a los pobladores de las localidades más afectadas, proporcionarles

tierras muy baratas, darles materiales de construcción, facilidades de transporte y toda clase de ayuda; pero no obstante esto, los habitantes insistían en quedarse en el lugar en donde se encontraban. Este hecho no es nuevo, ha sucedido lo mismo en localidades europeas visitadas por fuertes temblores y citaremos a propósito de esto las palabras del galano escritor francés Jean Cariére, (1) quien hace en su "Terre Tremblante" una descripción tan real y pintoresca de las condiciones en que se encontraron los habitantes de Calabria y Messina, durante el mes de octubre de 1907, a raíz del gran temblor que afectó tan intensamente esta región de la península Italiana. Dice Cariére, refiriéndose a las exageraciones que se cometen en la narración de las catástrofes causadas por los grandes temblores y a propósito de la ocupación de los mismos lugares y de las mismas casas después de pasados los temblores, lo siguiente:

"Muchas personas creen, por ejemplo, que la tierra se ha abierto y que ha podido tragarse seres vivientes; otros, basados en informaciones erróneas de la primera hora hablan de fragmentos del suelo desaparecidos bajo las ondas; otros, en fin, se imaginan una marea formidable que ha devorado jardines y palacios. Nada de esto es cierto: el único peligro que presenta un temblor de tierra—y esto desgraciadamente es más que suficiente para provocar desastres—es la demolición rápida de las casas y la acumulación de escombros bajo los cuales quedan sepultados los seres vivientes."

"He aquí por ejemplo lo que pasó en Messina. El choque duró 23 segundos. Durante los primeros segundos, 12 ó 13 más o menos, el choque fué oscilatorio y después durante los restantes, trepidatorio. Lo que sucedió fué que el temblor de Sur a Norte y de Norte a Sur sacudía las casas, hacía oscilar los muros, provocaba la ruptura de postes y amarres y algunas veces de los postes rotos hacía verdaderas catapultas que golpeaban los muros; después cuando esta agitación a lo largo y a lo ancho terminó, la tierra sufrió varios choques de abajo para arriba, que derribaron ya de un lado o de otro, los muros ya debilitados. Según el relato de un testigo, la tierra se portó como un caballo que para desembarazarse de su ginete, lo sacude primero y después lo derriba con un reparo."

"Por esta razón, en Reggio y Messina, casi todas las casas se cayeron, ya sea desmoronándose sobre ellas mismas o cayendo una contra la otra a través de las calles que pronto se cambiaron en montones de escombros y por esta misma razón, las tres cuartas partes de los habitantes quedaron sepultados."

"Pero cualquiera que sea la violencia del choque, si no está uno expuesto a la caída de las casas, no se tiene otro riesgo que sufrir un desvanecimiento y algunas veces la pérdida del equilibrio. Todo individuo que viva en una cabaña de madera, o bajo una tienda de campaña o en un buque en alta mar, puede dormir perfectamente tranquilo. Yo mismo he sentido en condiciones parecidas, cinco o seis choques de los cuales uno, el del 2 de enero acabó de destruir el "Palazzata" y no sufrí por eso ningún temor."

"Pero diría el lector, si esto es así, por qué los habitantes de los lugares en donde tiembla, insisten en vivir en casas de piedra. ¿Por qué no se conforman con ciudades de madera como ciertos pueblos del extremo oriente?"

"Preguntaré yo al lector: por qué vive usted en el cuarto piso de la casa, la cual puede incendiar su vecino del tercer piso sin que usted lo sepa? Por qué sube usted al elevador? Por qué monta usted en tranvía eléctrico? Por qué anda usted en automóvil? Por qué viaja usted en tren rápido? Creé usted estar fuera de todo peligro? En realidad para ser prudente debería usted dormir en una cabaña de un solo piso y en pleno campo y no viajar de otro modo que no fuera a pie o cuando mucho montado en un pacífico borrico como lo acostumbraba Sancho Panza. Si usted vive de otro modo, es porque usted

(1) J. Cariére. La Terre Tremblante. París 1909.

prefiere los riesgos problemáticos de la intensa civilización a la oscura prudencia de la vida campestre."

"Por esto lector, los habitantes de Messina y de Reggio que son de raza griega, aman más que usted la hermosura de la vida moderna y por esta razón en el mismo lugar, reconstruyeron sus ciudades con piedra labrada y esculpida, con balaustres y columnas al igual de antes. Más vale estar a sus anchas, aun con peligro, en amplios palacios de mármol que vegetar obscuramente en el campo."

Parece pues como decíamos, muy difícil en estos casos vencer las tradiciones de los pueblos para llevar a cabo un cambio en su primitiva situación. Sin embargo, insistiremos aquí el que debe modificarse la localización de los pueblos ribereños del río Huitzilapa, sino de una manera radical, cuando menos alejándolos del citado río, pues la triste experiencia de Barranca Grande y demás pueblos ribereños indica la necesidad de escapar de esas poblaciones de los trágicos efectos que causaran alguna vez los aludes o avenidas de lodo.

Teocelo, Ver. El suelo y subsuelo de la población de Teocelo que cuenta con cerca de 5,000 habitantes, están constituídos por terreno volcánico, que corresponde según hemos visto en la *reseña geológica de la región,* a las corrientes basálticas que forman una ancha faja al descender desde Jalapa por Coatepec y Xico hasta más al Sur de Teocelo. Su caserío se asienta sobre una loma, que aunque no muy elevada, sí es lo bastante para poder hacer en esta ciudad la distinción de dos barrios: el alto y el bajo. Aquí, como en Cosautlán, sufrió más la parte alta a consecuencia del temblor (Lám. XXVI-A, Fot. 1), pues en la parte baja, que puede considerarse comprendida entre la vía del ferrocarril de Jalapa a Teocelo y la plaza, hubo pocas casas parcialmente caídas y eso se debió a su mala construcción; en la calle que sube de la estación a la plaza sólo se vió una casa destruída en parte (Lám. XXVI-A, Fot. 2). En el costado E. de la plaza (cuyo lado mayor está orientado con un rumbo magnético de 2.° N. W.) se encuentra situado el hermoso templo con que contaba esta población (Lám. XXVII-A, Fot. 1), que sufrió considerablemente los efectos destructores del temblor. Al S. de la plaza y al E. de este templo se cayeron muchas casas, quedando algunas de ellas totalmente destruídas. Por el costado N. de la plaza, en el crucero de donde parte la calle que conduce a la estación, hubo tres casas también completamente destruídas (Lám. XXVII-A, Fot. 2) mientras que en el costado Poniente de la misma, casi todas las casas quedaron en pie y solamente sufrieron cuarteaduras y ligeros desperfectos.

El templo, de buena construcción de piedra y cemento de cal y arena, constaba de tres naves y un sagrario, de arquitectura gótica y sufrió los desperfectos que a continuación describimos: se cayó la parte superior de la torre Sur y con ella las campanas; se destruyó de una manera muy curiosa, pues de los cuatro pilares que sostenían su remate, los dos que ocupaban los extremos de una misma diagonal se destruyeron por completo, habiendo quedado intactos los otros dos. (Lám. XXVIII-A, Fots. 1 y 2) pudiendo así sostenerse las campanas. Se nos informó en Teocelo que un soldado se encontraba de centinela la noche del temblor en esa torre, acompañado de su mujer; murió aplastado allí mismo; mientras que la mujer fué protegida del derrumbe por una de las campanas, debajo de la cual quedó muy asustada y pudo más tarde ser salvada por un comerciante árabe, quien pocos momentos después del temblor, al oír los gritos de la mujer se aventuró a subir a la torre desde donde logró bajarla. Las fotografías 1 y 2 de la lámina citada muestran cómo quedó la torre y puede verse que en la fachada del templo se cayó parte de la cornisa situada entre las dos torres y al caer, rompió el barandal colocado arriba de las puertas del templo. La nave principal y las dos laterales sufrieron mucho, sobre todo estas dos últimas; uno de los arcos de la nave central, quedó muy resentido, con sus dovelas dislocadas y sostenidas en peligroso equilibrio (Lám. XXIX-A, Fot. 1). Las bóvedas

de las naves laterales (Lám. XXIX-A, Fot. 2 y Lám. XXX-A, Fot. 1), quedaron caídas en parte y los arcos también muy resentidos. El altar mayor fué totalmente destruído, pues la bóveda del extremo de la nave central se desplomó sobre él y las columnas del altar se rompieron, formando todo un gran montón de escombros (Lámina XVII-A, Fot. 1); todas las imágenes de los nichos cayeron y se despedazaron y casi todos los altares de los costados del templo se destruyeron, a excepción de uno de ellos cuyas columnas aunque se rompieron, no llegaron a caer, quedando apoyadas en el muro del N. Al visitar el interior del templo se notaba una destrucción mucho mayor, que la que podía apreciarse en el exterior, donde no eran tan aparentes estos efectos como en realidad lo fueron. Puede decirse que en este templo no hubo muro ni bóveda que no quedara caído o más o menos cuarteado.

Hemos dicho al ocuparnos del carácter y dirección del movimiento sísmico que en Teocelo pudimos observar movimientos aparentes de rotación de los objetos. El busto de Hidalgo giró sobre su pedestal un ángulo de siete grados. La estatua era de yeso y los rumbos respectivos del pedestal y de la base de la estatua después de movida, eran de 2.° NW. y 15° NE.; la cabeza y parte de la cara del busto se rompieron, cayendo los pedazos hacia el SE., siendo de notar que esta ruptura no fué causada por ningún objeto que hubiera caído sobre el busto, sino solamente por el choque del temblor. Los pilares y balaustres del altar mayor, hechos de piedra artificial, giraron también, pero en sentido contrario al del busto de Hidalgo y la rotación fué de un ángulo mayor: 40°; siendo el rumbo de la base casi de Oriente a Poniente y el del costado de los pilares movidos de 40° NW. Hemos dicho ya en el párrafo correspondiente, cómo pueden explicarse estos movimientos giratorios, que no corresponden en realidad a movimientos de vértice del temblor.

Según informes del señor Secretario del Ayuntamiento de Teocelo, hay en esta población 632 fincas empadronadas, que pagando el 12% anual de contribución, producen una entrada de $28,541.82 y de ese número total pueden considerarse destruídas, cuarteadas o más o menos resentidas el 60%.

Jalapa, Ver. (Para mayores detalles véase la SEGUNDA PARTE de esta memoria, en el informe relativo que rinde el señor Inspector de la Red Sismológica Nacional, don Manuel Muñoz Lumbier). Se encuentra situada esta ciudad en la dirección NE. de la zona según la cual se propagó el temblor y fué una de las poblaciones importantes, cuyos edificios sufrieron más, a pesar de encontrarse a alguna distancia del área epicentral. Sus construcciones se asientan sobre un terreno volcánico constituído por rocas basálticas y dada la importancia de esta población se encuentran en ella edificios y casas de todas categorías para cuya construcción se han usado materiales de muy variada calidad. El caserío de la ciudad se extiende como hemos dicho ya, por las faldas meridionales del cono volcánico del Macuiltepetl y ocupan una parte baja y otra elevada del terreno, estando las calles orientadas de N. a S. y de O. a P.

En el plano de esta ciudad, que acompaña el estudio del señor Muñoz Lumbier (Lám. XLIV-A), se señalan con tinta roja y azul, respectivamente, los cuarteles de destrucción máxima y de destrucción mínima, así como los edificios que se derrumbaron parcialmente o que sufrieron solamente cuarteaduras. Los edificios de la calle de Enríquez, que es una de las calles principales y de las más céntricas de Jalapa, pueden considerarse en su mayor parte de buena construcción, y sin embargo sufrieron bastante. A la llegada de la comisión a esa ciudad, se encontraban todas apuntaladas. (Lám. XXX-A, Fot. 2, y Láms. XXXI-A y XXXII-A). Estas obras de defensa llevadas a cabo después del terremoto fueron hechas sin criterio y sin dirección técnica de ninguna clase. La gran cantidad de puntales que muestran las fotografías, fué resultado de un acto de mercantilismo de albañiles y propietarios de madererías, que explotaron el estado de ánimo de los propietarios de las casas arruinadas. Muchos de estos puntales o no trabajaban o desarrollaban esfuerzos perjudiciales a la estabilidad de la construcción que aparentemente defendían.

Los edificios de la calle de Leona Vicario, situada en la parte baja de la ciudad sufrieron mucho también y son en su mayor parte de muy mala construcción. Estas dos calles, que están orientadas de Este a Oeste, se encuentran dentro del área del cuartel más devastado por el temblor. La calle que sube al calvario orientada de N. a S., sirve de eje a una zona de la ciudad que sufrió relativamente poco a consecuencia de este movimiento sísmico.

Puede decirse que en los templos de Jalapa se notan efectos destructores de mucha menor importancia que los ya descritos y que tan considerablemente afectaron los templos de las poblaciones de Teocelo y Cosautlán. En las fotografías 1, 2 y 3 de la lámina XXXIV-A pueden apreciarse estos efectos que fueron relativamente ligeros, con excepción de la iglesia de los Corazones, que perdió la parte superior de una de sus torres (Lám. cit., Fot. 3), debido a que ya desde antes del temblor se encontraba en malas condiciones. Los edificios que quedaron más maltratados fueron la mayoría de los situados en la calle de Enríquez, en la que realmente fueron muy sensibles los efectos destructores del temblor, pues no obstante la buena construcción y la buena calidad del material empleado en ella, casi todos se resintieron más o menos. Sin embargo, quedaron inmunes los muy bien construídos y citaremos entre éstos el del Banco Mercantil y la residencia de los señores Pasquel, construídas recientemente.

Los principales edificios que sufrieron derrumbes parciales y cuarteaduras, fueron los siguientes: Administración de Correos, Seminario Conciliar, Misión Presbiteriana, Palacio de Justicia, Agencia del Banco Nacional, Iglesia de los Corazones, Hotel Juárez, Hotel México; y los que sufrieron solamente cuarteaduras fueron: el Palacio de Gobierno, la Catedral, el Colegio Preparatorio, el Casino Jalapeño, los teatros Caus y Limón, la capilla del Calvario, los cuarteles, el Gran Hotel y la Estación del Ferrocarril de Jalapa a Teocelo. En el Palacio de Justicia se derrumbaron un torreón, varios muros y gran parte de la cornisa de la fachada que cayó hacia el W.; la nave central de la catedral se cuarteó longitudinalmente, habiéndose resentido ligeramente las laterales; la fachada de este edificio no sufrió en lo más mínimo, no obstante lo delicado de su ornamentación (Lám. XXXIV-A, Fot. 1); el Palacio de Gobierno se cuarteó muy poco en su parte S. y en los techos, principalmente en la parte correspondiente al departamento de archivo: el edificio de la antigua Comisión Geográfica Exploradora, que es hoy Hospital, nada sufrió debido a su buena construcción.

Las fotografías de las láminas XXXV-A, XXXVI-A y XXXVII-A, muestran los efectos destructores tanto en el exterior como en el interior de una casa situada en la esquina que forma la 11.ª calle de Zamora (continuación de la de Enríquez) con la calle de Alba. En esta casa se encontraba la tienda denominada "El Puerto de Trieste," propiedad de los señores Miguel y Fernando Vignola, quienes tuvieron que vaciarla por encontrarse en peligro de derrumbe. El ángulo superior de la casa (Lám. XXXVI-A, Fot. 1), se cayó sobre el balcón torciendo las varillas de fierro; y todos los muros tanto principales como divisorios se cuartearon arriba y a los lados de las puertas; los arcos del corredor de la casa se agrietaron mucho y hubo necesidad de sostenerlos con puntales: los notables efectos del temblor en esta casa se deben en primer lugar a su mala construcción y en seguida a su situación en esquina.

Los materiales de construcción que se emplean en Jalapa son la piedra cortada, el cemento armado, la mampostería, el tabique y el adobe; la piedra cortada, bastante bien labrada, se ha usado con éxito en los edificios más importantes de la población; el cemento armado, que es el material indicado para las construcciones asísmicas, se ha empleado hasta ahora muy poco; el tabique se usa con más frecuencia, pero algunas veces con mortero de mala calidad, lo que hace que los muros no resistan bien, como pasó en ciertas casas habitaciones, caídas en la calle de Leona Vicario, en las cuales además de esta circunstancia, se notaba que los muros eran sumamente delgados y sin amarre alguno entre ellos (Lám. XXXIII-A, Fots. 1 y 3). Las bardas ais-

ladas de gran longitud, hechas de adobes, se caen con facilidad durante un temblor, aunque tengan pilastras o cadenas de tabique, pues estos dos materiales por su diferencia de dureza relativa, no se ligan bien uno con otro; cerca de la estación del Ferrocarril de Jalapa a Teocelo, se cuarteó en toda su longitud una de estas bardas, que estaba orientada de N. a S. y cayó gran parte de ella hacia el E.

En Jalapa no se notaron en ninguna de las casas de los parques, movimientos de rotación aparente; el busto de Juárez, en el parque del mismo nombre, sufrió solamente leves desportilladuras en la parte donde se asienta sobre su pedestal.

CAPITULO VI

Fenómenos acompañantes

1.—*Efectos sobre seres orgánicos.* Las desgracias personales causadas por el temblor fueron debidas principalmente, como antes hemos dicho, a los efectos de los aludes o avenidas de lodo que al invadir repentinamente el caserío de las poblaciones situadas en las montañas, en cuyas pendientes se efectuaron los resbalamientos de terrenos sueltos o en las riberas del río Huitzilapa, quedaron sepultados en el lodo y ahogados la mayor parte de sus habitantes. Puede decirse que los muertos o heridos por los derrumbes de las casas fueron pocos. Según los datos que nos proporcionó el señor don Manuel Carbonell, Presidente Municipal de la ciudad de Jalapa, fueron en aquella ciudad de 3 y 10 respectivamente. En el siguiente cuadro constan los datos relativos a las desgracias personales habidas en las principales poblaciones del Estado de Veracruz, que fueron más perjudicadas y por él puede juzgarse del número de víctimas registrado en este temblor.

Poblaciones	Núm. de habitantes	Muertos	Heridos
Jalapa, Ver.....	20,000	3	10
Teocelo, Ver.....	5,000	35	85
Cosautlán, Ver.....	1,500	85	60
Barranca Grande, Ver.....	300	180 (1)	...
Patlanalá, Pue.....	1,500	239 (2)	2
Quimixtlán, Pue.....	.....	80	10
Izhuacán, Ver.....	.....	1	...
Ayahualulco, Ver.....	.....	25	...

(1) Ahogados en el lodo.
(2) En Patlanalá hubo un muerto por la caída de las casas y 238 sepultados en el lodo.

En la costa del Golfo, durante el temblor, el mar se agitó bastante y en Veracruz nos informaron que en la playa Norte habían aparecido, después del temblor, peces muertos en gran número (especialmente anguilas y bobos)

y que cerca de la desembocadura del río de la Antigua, se habían recogido los cadáveres de un hombre y una mujer, y cajas con mercancías, procedentes probablemente de las poblaciones arrasadas, que se encuentran a lo largo de este río, que no es otro que el de Huitzilapa o Pescados.

En San Francisco de la Peña, cerca de Puente Nacional, se encontraron también varios cadáveres; y el río de los Pescados al volver a cabar su lecho, que momentáneamente quedó desviado por el lodo de las avenidas, estuvo desenterrando por varios días cadáveres de gentes y de animales, que iba dejando a lo largo de su curso, detenidos por los obstáculos que encontraba o que condujo hasta el mar; siendo de llamar la atención que algunos cadáveres se encontraron amarrados a los troncos de árbol, que arrastró también la corriente del río; hecho que atribuían las personas que nos informaron, a que algunas de las víctimas trataban de defenderse amarrándose de los árboles, no logrando salvarse, porque el árbol mismo fué arrancado de su lugar y arrastrado con los demás despojos que llevaba la corriente.

La región del Estado de Veracruz devastada por este temblor es bastante agrícola; se cultivan en ella el café, la caña de azúcar, naranjas, limas, limón real, la zarzaparrilla, la raíz de Jalapa, etc., y varios de los plantíos de las poblaciones y de los ranchos y congregaciones ribereñas quedaron completamente perdidos, al ser cubiertos por el lodo.

2.—*Fenómenos Acústicos.* Tanto el temblor del 3 de enero como algunos de los choques subsecuentes, fueron ecompañados de ruidos subterráneos, que pueden compararse la mayor parte de las veces con truenos muy sordos; todos los habitantes de la área epicentral y aun de localidades alejadas de ella tuvieron oportunidad de oírlos; muchos de estos ruidos precedían momentáneamente a los temblores y los habitantes de las localidades cercanas al área epicentral han adquirido tal costumbre de oírlos, que se hincan luego que los oyen y se preparan con unos cuantos instantes de anticipación a recibir el temblor. Los habitantes comparan estos ruidos, según sus sensaciones particulares, a los truenos de una tempestad lejana, al ruido producido por una descarga de artillería, a zumbidos, bramidos, etc. Los que tuvimos oportunidad de oír en Cosautlán durante los temblores de la noche del 21 al 22 de enero (8 h. 52 m. p. m.) y (3 h. y 2 m.) de la madrugada fueron sumamente sordos y apenas perceptibles y parecían venir del rumbo SW. de aquella población.

En Jalapa, el señor don Alberto López, propietario del Gran Hotel, donde estuvimos alojados, nos dijo que el ruido subterráneo que allí se percibió durante el temblor de la noche del 3 de enero, fué muy fuerte, que tuvo lugar segundos antes del temblor y que era comparable al ruido que producen muchas carretas caminando sobre un piso empedrado.

El señor don Heliodoro Chimal, de Cosautlán, nos informó que había venido una especie de "zumbido" por el rumbo de Barranca Grande, y después el movimiento trepidatorio del temblor, sumamente fuerte de abajo para arriba, que él comparaba a la sensación que se experimenta en el acto de saltar.

Hemos dicho ya que en Barranca Grande, unos cuantos minutos después del choque principal que vino acompañado allí de ruidos subterráneos sordos, se oyó un segundo ruido, de la naturaleza del cual solamente pocos de los habitantes de esta congregación pudieron darse cuenta, pues procedían de la creciente del río y no era de origen subterráneo.

En las otras poblaciones situadas dentro del área epicentral, nos dijeron los habitantes, que fué tal el susto que recibieron, que no se dieron buena cuenta ni del carácter del movimiento ni de los ruidos o fenómenos que lo acompañaron.

3.—*Temblores anteriores procedentes del mismo foco.* Hemos dicho ya, que la zona conmovida por el temblor del 3 de enero de 1920 es una zona sísmica bien caracterizada del país. En efecto, desde tiempos muy remotos se tiene noticias de temblores que han asolado aquellas regiones, las que, como consecuencia de la falta de estudios anteriores, son bastante deficientes, pues en la mayoría de ellas sólo se relatan los efectos de los temblores en las

ciudades grandes y no se mencionan los habidos en pequeñas poblaciones de la sierra, alejadas de las principales vías de comunicación, ni los efectos geológicos, ni las causas probables de los movimientos respectivos. Sin embargo, por los datos que existen sobre temblores ocurridos en las principales poblaciones del Estado de Veracruz, podemos citar los siguientes como probablemente procedentes del mismo foco o de focos más o menos cercanos al del 3 de enero:

1523.—Temblor en Veracruz.

1545.—Erupción del volcán de Orizaba, en la que arrojó gran cantidad de lava y materias encendidas. Continuó arrojándolas durante muchos años. (Probablemente acompañado de temblores.)

1546.—En este año quedó arruinado el primer templo de Jalapa, construído por los franciscanos, a consecuencia de un temblor.

1566.—Erupción del volcán de Orizaba. Arrojó lavas y materias encendidas. (No se menciona ningún temblor.)

1613.—Erupción del volcán de Orizaba.

1663.—Del 5 de febrero al 17 de julio se sintieron varios temblores en Puebla, Veracruz y otros lugares de la República.

1667.—El 30 de abril tembló en Veracruz.

1687.—Erupción del volcán de Orizaba, que se cuenta entre las más fuertes que ha tenido. (Probablemente acompañado de temblores.)

1691.—23 de agosto, eclipse total del sol y frecuentes temblores en este período de tiempo en Jalapa.

1695.—24 de agosto, se sintieron en Jalapa y en el Estado de Veracruz los temblores más fuertes que se recuerdan.

1696.—23 de agosto, víspera de San Bartolomé, fuerte temblor que se sintió en todo el Estado de Veracruz; en Orizaba se destruyó por completo la iglesia antigua y el Hospital de San Juan de Dios.

1697.—En febrero hubo un fuerte temblor en el Estado de Veracruz y otras partes de la República.

1699.—29 de septiembre, Orizaba fué asolada por un temblor.

1711.—16 de agosto, fuerte temblor que se sintió en Veracruz, Orizaba y Córdoba.

1714.—6 de febrero, a las 12 de la noche, fuerte temblor en Córdoba.

1715.—5 de mayo, este temblor causó horribles estragos en Córdoba y Orizaba.

1768.—3 y 4 de abril; fuerte temblor en Veracruz, Orizaba y Córdoba.

1776.—Del 26 de abril al 12 de mayo, hubo más de 20 terremotos que causaron estragos en varias poblaciones. Casi todos se sintieron en Veracruz.

1783.—5 de abril; se sintieron varios temblores de tierra en Veracruz y otras ciudades.

1784.—11 de diciembre; leve temblor en Orizaba.

1786.—3 de abril y 26 de junio tembló en Veracruz.

1787.—Del 28 de marzo al 17 de abril se sintieron varios temblores en Veracruz y Ulúa, siendo el más fuerte el del 30 de marzo. En el mismo año el 4 de septiembre, 7 de noviembre y 14 de noviembre, tembló en Veracruz.

1789.—14 de enero, a las 12 del día hubo un fuerte temblor en Veracruz.

1790.—20 de abril, tembló en Córdoba.

1793.—2 de marzo, tembló en Córdoba.

1800.—8 de marzo, temblor de San Juan de Dios, se sintió en Veracruz y Córdoba. En el mismo año el 17 de marzo, hubo un fuerte temblor en Veracruz y la parte Oriente de la República.

1801.—27 de julio hubo un fuerte temblor en Veracruz.

1806.—25 de marzo, temblor de La Encarnación, que se sintió en Córdoba, Jalapa y Veracruz; el 11 de julio hubo dos fuertes temblores en Orizaba y Jalapa.

1815.—3 de mayo, temblor de La Santa Cruz, que se sintió en Veracruz y otras poblaciones.

1817.—4 de abril, Viernes Santo, tembló en Córdoba y Jalapa.

1818.—31 de mayo, tembló en Orizaba, Córdoba, Perote, Jalapa y Veracruz. Toda la provincia veracruzana sufrió terriblemente en esta ocasión. Las poblaciones que sufrieron más fueron Coscomatepec y Huatusco y todas las demás que se reclinan en las faldas orientales de la montaña del Citlaltepetl, el cual cambió de forma, perdiendo la perfectamente cónica que hasta entonces tenía. (Probablemente a causa de derrumbes.)

1819.—12 de marzo, fuerte temblor en Orizaba que ocasionó la caída de la torre de la Concordia. Se sintió en San Andrés Chalchicomula y Córdoba y derribó la bóveda de la iglesia de San Juan Coscomatepec.

1820.—4 de mayo; fuerte temblor que ocasionó en los cerros algunos derrumbes y se sintió en Orizaba, Córdoba y Veracruz; fué uno de los más fuertes de este siglo.

1837.—3 de octubre; fuerte temblor en Veracruz. El mismo año el 22 de noviembre, temblor de Santa Catarina, que fué muy fuerte en Chalchicomula, Orizaba, Córdoba, Jalapa, Perote y otros lugares. El Norte en Veracruz trajo una multitud de peces muertos, entre los cuales se encuentran sargos, pargos, mulatos y huachinangos de altura, grandes y muy gordos, habitante el que menos de más de 50 brazas.

1838.—9 de enero, tembló en Veracruz. En la madrugada se escucharon allí ruidos semejantes al rodar de carretas. Flujo y reflujo cada dos minutos. En este año tembló en Huatusco los días 4 y 7 de agosto y el 9 de agosto hubo un temblor fuerte en Veracruz.

1845.—9 de marzo, tembló en Veracruz. El 6 de abril y el 7 de abril, temblor del Señor de Santa Teresa, hubo un fuerte temblor en Chalchicomula, Huamantla, San Martín, Orizaba, Córdoba, Jalapa, Perote y Veracruz. El 10 de abril volvió a temblar en Orizaba, San Andrés Chalchicomula, Córdoba, Jalapa y Veracruz; el 14 de julio hubo dos fuertes temblores en Veracruz.

1846.—1.° y 5 de enero, 30 de marzo, 7, 16 y 25 de abril y 29 de noviembre, temblores en Orizaba.

1847.—8 de enero, tembló en Orizaba y toda la costa de Sotavento; el 11 de julio en Orizaba y Veracruz; el 8 de septiembre en Orizaba.

1848.—3 de mayo, temblor de la Santa Cruz, se sintió en varios lugares del Estado de Veracruz.

1849.—25 de octubre a las 10 h. 50 m., a. m. temblor oscilatorio de E. a W. en Córdoba.

1851.—5 y 6 de noviembre, tembló en Córdoba y Orizaba.

1852.—4, 5, 6 y 7 de diciembre, tembló en San Andrés Chalchicomula, Orizaba, Córdoba, Jalapa y Veracruz.

1854.—5 de mayo, temblor oscilatorio, fuerte, de E. a W. en Jalapa; este temblor duró 90 segundos en Córdoba, maltratando la parroquia y la mayor parte de los edificios públicos y casas particulares; se sintió también en Orizaba, San Andrés Chalchicomula y Veracruz. El día 2 de octubre del mismo año se arruinó a consecuencia de un temblor de tierra en San Juan Coscomatepec, una parte de la iglesia en construcción.

1855.—1.° de febrero, dos fuertes temblores en Jalapa a las 11 h. 7 m. y 11 h. 20 m., p. m. que se sintieron también en Orizaba y Córdoba, sintiéndose otros el 28 de febrero en Jalapa, Veracruz, Córdoba y Orizaba.

1856.—13 de mayo, a las 6 p. m. tembló en Teocelo; el 17 de mayo entre 3 y 4 a. m. hubo un temblor oscilatorio ligero en Veracruz; el 21 de mayo a las 7 p. m. en Teocelo y el 29 de mayo a las 12 h. 45 m., p. m. tembló nuevamente en Teocelo.

1857.—18 de mayo, a las 8 h. 40 m., p. m. tembló en Córdoba y el 19 de agosto del mismo año en Orizaba y Córdoba.

1858.—19 de junio, fuerte temblor en San Andrés Chalchicomula y Orizaba; en Córdoba se sintió este temblor a las 9 h. 16 m., a. m. primero oscilatorio de E. a W., después de N. a S., terminando en trepidación, durando 50 segun-

dos. En Jalapa se sintió fuerte a las 9 h. 10 m., a. m. y repitió el siguiente día a la misma hora.

1860.—2 de marzo, a las 12 h. 20 m., p. m. temblor oscilatorio en Jalapa.

1864.—3 de octubre, temblor de San Gerardo; este temblor fué fortísimo en Orizaba a la 1 h. 55 m., a. m. empezando por trepidaciones violentas, cambiando luego a oscilaciones de N. a S. y terminando en movimiento circular. Durante el temblor se escucharon ruidos subterráneos, sordos y prolongados que parecían venir del Citlaltepetl. Rancheros llegados a Orizaba dicen que una hora antes del temblor oyeron salir del cráter del Pico de Orizaba un ruido como cañonazo. El temblor duró dos minutos, muchos edificios padecieron y se cayó la torre de la iglesia. En Córdoba se sintió el temblor poco antes de las 2 a. m. con duración de 1 minuto, siendo al principio trepidatorio y al final oscilatorio. Muchos edificios sufrieron desperfectos. En San Juan de los Llanos fué fuerte a las 2 a. m. derribando la iglesia. En San Andrés Chalchicomula, a las 2 h. 10 m., a. m.; hubo varias desgracias personales y sufrieron las casas y templos. El temblor fué primero oscilatorio de E. a W. Se observaron varias grietas en la sierra del volcán de Orizaba. En Tehuacán quedó casi destruída la población. Este temblor se sintió también fuerte en Soledad y Paso del Macho y en Veracruz; fué primero trepidatorio y después oscilatorio a la 1 h. 50 m., a. m.

1866.—2 de enero, fuerte temblor a las 6 h. 35 m., p. m. en Orizaba, primero oscilatorio de E. a W. terminando en trepidatorio, durante 20 segundos, hubo deterioros en los edificios; en Córdoba a la misma hora con los mismos caracteres. San Andrés Chalchicomula sufrió mucho con este temblor. Antes del terremoto se escucharon allí ruidos subterráneos, que parecían venir de Norte a Sur. El temblor mismo fué en San Andrés primero trepidatorio y luego oscilatorio de Norte a Sur, cambiando después de Este a Oeste. Casi todas las casas de la población se vinieron al suelo. En Veracruz fué fuerte, oscilatorio, lo mismo que en Maltrata. En Coscomatepec quedó totalmente destruída la iglesia nueva.

El día 10 de mayo del mismo año tembló nuevamente en Orizaba a las 9 h., 30 m., a. m. primero trepidatorio, después oscilatorio de Norte a Sur; en Córdoba presentó los mismos caracteres; en Jalapa se sintió a las 9 h. 45 m., a. m., primero trepidatorio, después oscilatorio de E. a W. con duración de 20 segundos; en Veracruz se sintieron oscilaciones ligeras de Norte a Sur entre las 9 h. 30 m. y 10 h., a. m.

1868.—22 de mayo, temblor oscilatorio de E. a W. a las 12 h. 28 m., p. m. en Orizaba y Córdoba; con los mismos caracteres se sintió en Veracruz a las 12 h. 33 m., p. m. con duración de 50 segundos.

1870.—11 de mayo, a las 11 h. 30 m., p. m., fuerte temblor oscilatorio de E. a W. en San Andrés Chalchicomula; en Orizaba fué precedido por una fuerte detonación. El temblor fué sumamente fuerte en esta ciudad, siendo primero trepidatorio y después oscilatorio de E. a W., terminando en trepidación; su duración fué de 40 segundos y muchos edificios sufrieron. En Córdoba, Paso del Macho y Jalapa se sintió a la misma hora, trepidatorio primero y después oscilatorio de E. a W. En Jalapa duró 90 segundos. En Perote se sintió a las 11 h. 26 m., p. m., siendo oscilatorio, de NW. a SE., primero, cambiando luego de E. a W., con una duración de 40 segundos. En Veracruz se sintió a las 11 h. 32 m., p. m., trepidatorio primero y después oscilatorio de E. a W., durando ahí 35 segundos.

1871.—6 de febrero, a las 5 h. 50 m., p. m. oscilatorio de E. a W. en Puebla, Córdoba y Orizaba; en Veracruz se sintió otro temblor el mismo día a las 7 h., p. m., oscilatorio de E. a W., con duración de 10 segundos.

1872.—27 de marzo, temblor del Miércoles Santo a las 7 h. 52 m., a. m. se sintió en San Andrés Chalchicomula, Jalapa, Córdoba, Orizaba y otros lugares.

1873.—8 de febrero, a las 4 h., a. m., se sintió un temblor ligero oscilatorio en Orizaba, Córdoba y Veracruz.

1874.—7 de enero, temblor trepidatorio en San Andrés Chalchicomula acompañado de ruidos subterráneos. En la misma población volvió a temblar el 12 de enero a las 3 h. 10 m. y a las 7 h., a. m., siendo el primero más fuerte

que el del 7 de enero y también acompañado de ruidos subterráneos. El 13 de noviembre tembló nuevamente en San Andrés a las 3 h. 50 m., a. m., sintiéndose este temblor también en Jalapa a las 3 h. 55 m., a. m., donde se derrumbó el convento de San Francisco; en Veracruz se sintió a las 4 h. a. m., y en Orizaba y Córdoba fué fuerte trepidatorio a las 3 h. 55 m., a. m.

1875.—28 de noviembre, a las 8 h. 40 m., p. m. temblor fuerte oscilatorio de N. a S. en Orizaba, con duración de 5 segundos y a las 8 h. 33 m., p. m., oscilatorio de N. a S. en Córdoba con duración de 3 segundos.

1877.—3 de julio, temblor corto y fuerte, trepidatorio a las 11 h., 8 m. p. m. en Orizaba.

1877.—3 de julio, temblor corto y fuerte, trepidatorio a las 11 h., 8 m., p. m. en Orizaba.

1879.—28 de enero; a las 3 h. 25 m., a. m., temblor ligero oscilatorio de NW. a SE. en San Andrés Chalchicomula, Córdoba, Veracruz y Jalapa. En el mismo año, el 17 de mayo, a las 5 h. 10 m., a. m., tembló en San Marcos, a las 5 h. 03 m., en Soledad, oscilatorio ESE. a WNW., principiando con trepidación y durando de 25 a 30 segundos; a las 5 h. 15 m., a. m., se sintió oscilatorio de E. a W. en Perote, durando 11 segundos; a las 5 h. 15 m., a. m., en Jalapa, primero trepidatorio, después oscilatorio, de 16 segundos de duración; a la misma hora se sintió en Orizaba, siendo al principio oscilatorio de N. a S., seguido por 3 temblores trepidatorios y terminando por oscilaciones con duración total de 16 segundos. Este temblor fué acompañado por ruidos subterráneos de 10 segundos de duración y hubo algunos derrumbes. En Córdoba tembló este mismo día a las 5 h. 10 m., a. m., primero trepidatorio, luego oscilatorio, durando el terremoto 10 segundos. Varios edificios se cuartearon, como en Orizaba sucedió. A las 5 h. 15 m., tembló en Veracruz con oscilaciones de N. a S., seguido por varios choques trepidatorios acompañados con ruidos subterráneos, durando el temblor 40 segundos. En el mismo año, el día 1.° de diciembre, se sintieron cuatro oscilaciones de E. a W. a las 2 h. 59 m., p. m., en Orizaba, precediendo a este temblor fuertes ruidos subterráneos. En Córdoba se sintió este temblor a las 3 h., p. m., oscilatorio de N. a S., acompañado por ruidos subterráneos y durando 25 segundos. En Fortín fué oscilatorio de N. a S. a las 2 h. 44 m., p. m. En Soledad, Esperanza y Veracruz se sintió a la misma hora, siendo el movimiento trepidatorio primero y oscilatorio después, con duración de 8 a 10 segundos.

1880.—21 de enero; a las 9 h. 30 m., p. m., se sintió un ligero temblor oscilatorio de E. a W. en Veracruz. El día siguiente, 22 de enero, tembló a las 4 h. 39 m., a. m., en Esperanza, con oscilaciones de N. a S. y con duración de 15 segundos; en Orizaba y Córdoba se sintieron oscilaciones fuertes de E. a W. a las 4 h. 55 m., a. m., durante 15 segundos; en Veracruz tembló a las 5 h. 15 m., a. m., con oscilaciones de E. a W. y en Boca del Monte se sintió el sismo oscilatorio a las 5 h., a. m., durante 10 segundos. El día 2 de mayo, a las 9 h., a. m., se sintió un temblor ligero oscilatorio en Córdoba y Orizaba, y a las 9 h. 35 m., a. m., una oscilación ligera de 4 segundos en Fortín. El 3 de diciembre tembló en Orizaba y varias poblaciones de los Estados de Veracruz y Puebla. El 5 de diciembre se sintió una oscilación ligera en Orizaba a las 4 h., p. m.

1881.—25 de febrero; temblor ligero entre 12 y 1 a. m. en Córdoba. El 27 de mayo hubo un temblor ligero oscilatorio de N. a S., a las 12 h. 40 m., p. m., en Córdoba y en Orizaba. El 30 de mayo tembló en Córdoba y Orizaba. El 16 de agosto se sintió un temblor oscilatorio en la tarde en Córdoba; volviendo a temblar en la misma ciudad el 5 de octubre, a las 8 h., p. m., con movimiento oscilatorio, y el 3 de diciembre se sintió un temblor ligero a las 8 h., a. m., en Orizaba y Córdoba.

1882.—8 de abril; temblor ligero oscilatorio a las 3 h. 25 m., p. m., en Orizaba, Córdoba y Esperanza; trepidatorio a las 3 h. 45 m., p. m., con duración de 3 segundos en Huatusco.

El día 19 de julio se sintió un temblor oscilatorio fuerte que terminó con oscilaciones de E. a W. y con duración de 45 a 50 segundos, a las 2 horas 35 minutos, p. m. Por causa de este temblor, se derrumbaron algunas rocas de la

Malinche. En Esperanza se sintió este temblor, primero trepidatorio después oscilatorio de E. a W., a las 2 h. 35 m., p. m., siendo fuerte y largo. En San Marcos duró este terremoto 19 segundos, habiendo principiado a las misma hora. En Orizaba, a las 2 h. 48 m., p. m., fué primero trepidatorio fuerte, cambiando luego a oscilatorio de NE. a SW., terminando con oscilaciones de E. a W.; la duración en esta ciudad fué de sesenta segundos y se escucharon durante el temblor ruidos subterráneos.

En Fortín fué de oscilaciones de N. a S. y duró 35 segundos; en Córdoba fué primero trepidatorio y después oscilatorio durante 25 segundos; en Veracruz se sintió oscilatorio durante 20 segundos a las 2 h. 27 m., p. m., y en Coscomatepec principió a las 2 h. 40 m., p. m., con trepidaciones, terminando con oscilaciones de N. a S.; en Jalapa y Perote fué oscilatorio de N. a S. a las 2 h. 35 m., p. m., con duración de 45 y 35 segundos, respectivamente; en Huatusco fué este temblor de trepidación primero, terminando con oscilaciones de N. a S. y después de E. a W., a las 2 h. 35 m., p. m., y con duración de 90 segundos. Este temblor ocasionó varios derrumbamientos en el Cofre de Perote y en la Sierra de Orizaba.

1883.—7 de febrero: temblor ligero oscilatorio a las 4 h. 12 m., p. m., en Maltrata; el 15 de febrero, a las 9 h. 25 m., p. m., temblor oscilatorio de N. a S. en Córdoba; el 13 de agosto tembló dos veces en Orizaba con oscilaciones de N. a S. a las 7 h. 25 m. y a las 11 h. 07 m., p. m.; el 8 de octubre volvió a temblar en Orizaba a las 11 h. 45 m., a. m., siendo el movimiento oscilatorio de N. a S., precedido por ruidos subterráneos, y a la misma hora se sintieron movimientos oscilatorios en Esperanza, Córdoba y Coscomatepec. El 24 de octubre, a las 11 h. 30 m., a. m., hubo un temblor en Huatusco, oscilatorio, al principio ligero, terminando fuerte con dirección de N. a S.; en Orizaba se sintió un temblor a las 11 h. 22 m., p. m., precedido por ruidos subterráneos, siendo las oscilaciones fuertes de E. a W.; en Coscomatepec fué de oscilaciones fuertes de N. a S., y en Esperanza se sintió a las 11 h. 45 m., p. m., siendo el movimiento oscilatorio de N. a S.

1884.—El 7 de enero tembló ligeramente en Orizaba en la noche, siendo el movimiento oscilatorio. En la misma ciudad volvió a temblar el 26 de agosto a las 6 h. 50 m., p. m., oscilatorio de N. a S., con duración de 3 segundos, repitiendo poco después con movimiento giratorio de 1 segundo de duración; el 18 de noviembre, a las 2 h. 20 m., a. m., se sintió un temblor ligero, y el 20 de noviembre hubo un temblor ligero oscilatorio de N. a S., a las 7 h. 15 m., a. m., en la misma ciudad.

1887.—4 de marzo; tembló en Córdoba, con movimiento oscilatorio ligero a las 6 h. 30 m., p. m.; el 5 de marzo se sintieron 14 sacudidas a las 6 h. 46 m., a. m., con dirección de SE. a NW., durando el temblor 122 segundos. El 29 de mayo tembló a las 3 h., a. m., en San Andrés Chalchicomula, con oscilaciones de N. a S.; a las 2 h. 48 m., se sintieron oscilaciones durante 20 segundos en Esperanza; a las 2 h. 43 m., a. m., oscilaciones de N. a S. en Córdoba, y en Jalapa y Coatepec, a las 2 h. 50 m., a. m., oscilaciones también de N. a S., durando el temblor en Jalapa 20 segundos. En la madrugada del día 6 de julio se sintió un temblor oscilatorio de 23 segudos en Orizaba, y en la misma ciudad el 13 de julio, a las 3 h. 42 m., a. m., hubo un temblor oscilatorio de duración instantánea. El 1.° de agosto se sintió un temblor oscilatorio a las 8 h. 20 m., p. m., en Córdoba, y a las 8 h. 30 m., p. m., con duración de 20 segundos, primero trepidatorio, después oscilatorio en Orizaba. El 28 de agosto hubo oscilaciones ligeras en Orizaba a las 5 h. 22 m., 5 h. 33 m., 5 h. 46 m. y 6 h. 10 m., p. m. Durante el mes de septiembre se sintieron temblores en Orizaba los días 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 27 y 28, siendo todos éstos ligeros. Durante el mes de octubre, también en Orizaba, se registraron temblores ligeros los días 1, 2, 7, 8, 9 y 12, el día 10 a las 5 h. 58 m., p. m., y a las 6 h. 12 m., p. m., siendo el último acompañado por ruidos subterráneos. En el mes de diciembre hubo en la misma ciudad un temblor el día 13, a las 5 h. 21 m., a. m., siendo oscilatorio de NE. a SW., con duración de 3 segundos, y el día 14, a las 4 h. 17 m., p. m., oscilatorio de W. a E., con duración de 3 segundos.

1888.—26 de febrero; se registró un temblor oscilatorio en Orizaba y Veracruz; el 17 de abril se registraron dos temblores en Orizaba, a las 7 h. 57 m., p. m., el primero oscilatorio de E. a W. de 1 segundo, y el segundo más fuerte que el anterior, oscilatorio de S. a N. de 2 segundos de duración. El 1.° de julio volvió a temblar en Orizaba a la 1 h. 57 m., a. m., siendo el movimiento oscilatorio de WSW. a ENE., con duración de 6 segundos. En el mes de octubre se registraron dos ligeros temblores en la misma ciudad el día 7, a las 7 h. 40 m., p. m., y el día 10, a las 10 h. 25 m., a. m.

1889.—Durante este año se registraron los siguientes temblores en Orizaba: 22 de febrero, a las 9 h. 52 m., a. m.; 4 de abril, a las 4 h. 20 m., a. m.; 31 de mayo, a las 4 h. 41 m., a. m.; 2 de julio, a las 11 h. 25 m., p. m.; 21 de julio, a las 3 h. 31 m., 5 h. 32 m., y 8 h. 03 m., a. m.; 27 de agosto, a las 8 h. 19 m., p. m., siendo este movimiento primero oscilatorio y después trepidatorio; este temblor se sintió también en Córdoba; 1.° de octubre, a las 12 h. 12 m., p. m.; 7 de octubre, a las 8 h. 02 m.; 23 de octubre, a las 6 h. 59 m., a. m., siendo este temblor oscilatorio; 11 de diciembre, a las 8 h. 00 m., a. m. Todos estos temblores tuvieron de intensidad la correspondiente al grado XI de la escala de Rossi-Forel, con excepción del día 27 de octubre, cuya intensidad corresponde al grado III de la misma escala.

1890.—En la misma ciudad de Orizaba se registraron en este año los siguientes temblores: 11 de febrero, a las 3 h. 19 m., a. m., oscilatorio de NW. a SE., intensidad, XI; marzo 18, a las 9 h. 00 m., a. m., intensidad, XI; 29 de marzo, a las 9 h. 31 m., a. m., intensidad, XI; 18 de abril, a las 9 h. 30 m., a. m., oscilatorio de N. a S. y E. a W., intensidad, XI; 22 de abril, a las 7 h. 05 m., p. m., oscilatorio de N. a S. y de NW. a SE., intensidad, XI; 10 de mayo, a las 12 h. 38 m., a. m., oscilatorio de NW. a SE.; 10 de junio, a las 10 h. 38 m., a. m., oscilatorio de SW. a NE. y de W. a E., intensidad, XI; 29 de septiembre, a las 4 h. 00 m., p. m., oscilatorio de N. a S. y de SW. a NE., intensidad, XI; 16 de octubre, a las 6 h. 49 m., a. m., oscilatorio de N. a S. y de E. a W.; intensidad, XI; 26 de octubre, a las 2 h. 11 m., p. m., oscilatorio de SE. a NW. y de SW. a NE., intensidad, XI; 1.° de diciembre, a las 6 h. 58 m., p. m., intensidad, XI; 2 de diciembre, a las 6 h. 03 m., p. m., se sintió también en Córdoba, Paso del Macho y Veracruz, y fué en Orizaba oscilatorio de NNW. a SSE. y de SW. a NE., con una intensidad correspondiente al grado VI de la escala Rosso-Forel; sonaron las campanas de la parroquia y se paró el reloj, mientras que produjo mareo en las personas; 7 de diciembre, a la 1 h. 54 m., p. m., intensidad, XI, y el 31 del mismo mes, a las 10 h. 07 m., p. m., también de intensidad XI.

Hemos creído conveniente, para dar idea de la sismicidad de la línea que une a la ciudad de Orizaba con el volcán de El Citlaltepetl, línea orientada 45 grados NW., incluir la Roseta sísmica de dicha ciudad, construída con los datos de C. Mottl.

4.—*Temblores subsecuentes.*—Este megasismo, como casi todos los grandes temblores, fué precedido de algunos otros y seguido después por numerosos choques, que estuvieron efectuándose durante todo el resto del mes de enero y los meses de febrero, marzo y abril. Según informes que tuvimos en la localidad el día 2 de noviembre del año anterior de 1919, se sintieron en Chilchotla, Quimixtlán y Patlanalá, dos temblores fuertes: uno un poco después del medio día y el otro a las 7 h. 15 m., de la noche; éstos fueron los que precedieron al terremoto del 3 de enero próximo pasado. Los choques subsecuentes fueron una serie de numerosos y repetidos macrosismos en la zona epicentral; algunos de los cuales se hicieron sentir en Jalapa y algunas otras poblaciones del Estado de Veracruz. De esta serie, los que se sintieron con más o menos intensidad, fueron los de la misma noche del terremoto; y pocos días después los días 21, 22, 23, 28 de enero y 9 de febrero.

En la SEGUNDA PARTE de esta Memoria, se tratará con mayor detalle de los choques subsecuentes desde el punto de vista sismográfico; aquí sólo consignamos los resultados de nuestras observaciones macrosísmicas en el terreno.

CAPITULO VII

Conclusiones generales y causa del temblor

En los párrafos anteriores hemos expuesto los datos recogidos y las observaciones que pudimos hacer durante nuestras excursiones a través de la zona más conmovida por el temblor del 3 de enero de 1920, datos y observaciones que se refieren a la fisiografía, hidrografía, geología y tectónica de esa zona; así como el carácter, propagación, extensión, intensidad, etc., del movimiento sísmico y sus efectos mecánicos. Trataremos ahora de utilizar estos datos y observaciones para investigar la causa probable de este megasísmo.

Como hemos visto, su área epicentral se encuentra en una porción sumamente dislocada de la Sierra Madre Oriental. Esta porción corresponde a un tramo orientado casi de N. a S. de dicha Sierra, que se desvía notablemente de la dirección general de esa importante cordillera, que es sensiblemente paralela a la costa del Golfo. Está situada esta región en la parte más elevada de la vertiente oriental de la Sierra mencionada, puesto que cerca de ella se encuentra la montaña más alta de la República Mexicana (el volcán de Orizaba), y es una zona de las más inestables, pues han sido numerosos los temblores que ha habido en tiempos pasados, los cuales han tenido su origen en esta zona, que es por consiguiente claramente sísmica, como lo podemos ver por los datos consignados en el capítulo anterior.

Al tratar de los rasgos fisiográficos característicos de esta zona, hemos visto que en la formación de su relieve topográfico han intervenido principalmente las dislocaciones de las rocas cretácicas sedimentarias, que aparecen allí plegadas, torcidas o fracturadas, mostrando claramente los efectos de los esfuerzos orogénicos que fracturaron y dislocaron los estratos de esas rocas, produciendo accidentes de desnivelación del terreno, que han dado lugar a la formación de valles alargados o a fosas profundas. Los accidentes orográficos de esta región, con sus elevadas sierras, cuyas laderas bajan bruscamente hasta el fondo del lecho del Río de Los Pescados, y con sus líneas principales de drenaje coincidiendo con las dislocaciones del suelo, tienen estrechas relaciones con su estructura geológica.

Al hablar de la tectónica del cretácico medio mexicano, hemos hecho notar que esta división, juntamente con la inferior, son las que más movimientos y dislocaciones han sufrido en los tiempos geológicos pasados y hemos señalado en los sedimentos cretácicos (del cretácico medio), que constituyen el material de las referidas altas sierras de la región, sistemas de fallas y fracturas cuyas direcciones se han enumerado, sistemas que dividen a la región en blocks orográficos.

Si admitimos con Suess, que las rocas ígneas han desempeñado en la constitución de la corteza terrestre en general, un papel enteramente pasivo y que, al bascular los estratos que pesan sobre ellas, éstas escapan y aparecen en la superficie, cuando cesa la presión que estos estratos ejercen; y es natural que las dislocaciones y fallas hayan servido de salida a la mayor parte de las rocas efusivas que hoy existen en la región, contribuyendo así a elevar su relieve topográfico; y hemos dicho de acuerdo con estas ideas, que para nosotros, la serie de crestas que unen el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, cuya orientación magnética es de 7° NE., coincide con una línea volcano-tectónica de gran sismicidad.

La estrecha relación que hay entre las dislocaciones y la aparición muchas veces según ellas de cráteres volcánicos o masas de rocas ígneas alineadas, hace pensar en relaciones de causa y efecto entre la tectónica y el vulcanismo.

En la región del Estado de Veracruz que recorrimos, encontramos las huellas de una gran actividad volcánica pasada, pero en el área epicentral misma, aunque existen rocas volcánicas, sobresale principalmente la red de fallas ya descrita, en la cual las de los sistemas EW. y 57° NE. parecen

haber sido las más conmovidas durante el temblor que nos ocupa, a juzgar por el alineamiento de los enormes derrumbes que se produjeron en las cimas y faldas de las montañas, situadas dentro del área epicentral; derrumbes que revelan movimientos a lo largo del plano de las fallas. Estos movimientos, posteriormente al temblor del 3 de enero, parecen haber tenido lugar también según este plano, pero en distintos puntos de él, como parecen probarlo las pequeñas variaciones de las distancias epicentrales que corresponden a los choques subsecuentes registrados por el sismógrafo vertical que se instaló en Jalapa; estas distancias estuvieron variando entre 30 y 45 Km., y ya hemos dicho, que esto parece indicar la migración del foco a lo largo del plano de falla.

Podemos pues considerar la causa del temblor del 3 de enero de 1920, como un movimiento del block orogénico complexo, comprendido entre las poblaciones de Chilchotla y Patlanalá y limitado por fallas de los sistemas NS., EW. y 57° NE., habiéndose manifestado el movimiento especialmente a lo largo de los planos de las fallas pertenecientes a los dos últimos sistemas que acabamos de citar.

Por el estudio que antecede, puede llegarse a las conclusiones siguientes:

1). El área epicentral del temblor del 3 de enero de 1920, estuvo localizada en una porción de la Sierra Madre Oriental, situada entre las poblaciones de Patlanalá y Chilchotla, cerca de la cresta de esta sierra, comprendida entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote y en su vertiente oriental.

2). Esta área es de forma triangular, corresponde a una fracción de las formaciones sedimentarias del Cretácico Medio mexicano, que se encuentran allí muy plegadas, fracturadas y dislocadas.

Alcanza esta área una superficie de 70 a 90 kms. cuadrados. Quedando comprendida en su mayor parte en terrenos de la jurisdicción política del Distrito de San Andrés Chalchicomula, en el Estado de Puebla, en la región limítrofe de este Distrito con el Estado de Veracruz.

3). El movimiento sísmico fué muy violento y sumamente fuerte, habiéndose efectuado su propagación según una zona alargada orientada de SW. a NE. (37° NE. magnético), según la cual alcanzó el movimiento su máximum de intensidad y en ella se acentuaron más las destrucciones, habiendo sido éstas muy notables en las poblaciones de Cosautlán, Teocelo y Jalapa, extendiéndose según la dirección indicada el área megasísmica desde San Andrés Chalchicomula hasta Jalapa.

4). Los efectos geológicos del temblor consistieron principalmente en derrumbes en las montañas y resbalamientos de terrenos sueltos en sus laderas, los que humedecidos por la lluvia y sobre todo acompañados por el alumbramiento brusco de manantiales en el momento del terremoto, formaron avenidas o aludes de lodo que fueron muy desastrosos por la magnitud con que se presentaron y que pueden considerarse como una de las características del terremoto.

5). El origen del temblor fué tectónico y producido probablemente por movimientos que se efectuaron según los planos de las fallas de los sistemas EW. y 57° NE., que se encuentran cerca del nacimiento del Río Huitzilapa o de Los Pescados.

6). La zona en que se originó este temblor corresponde a una antigua zona sísmica bien caracterizada del país, en la cual han estado localizados los epifocos de numerosos temblores que se han registrado con intensidad en tiempos pasados; y es probable que en épocas futuras vuelvan a producirse otros movimientos que afecten nuevamente este territorio de la República.

7). En previsión de futuros temblores, es un deber del Gobierno intervenir directamente en la vigilancia de las construcciones que se levanten de nuevo en las poblaciones destruídas; y los ingenieros al reedificar casas y edificios públicos, deberán sujetarse a las reglas que se han publicado en varias ocasiones por el Instituto Geológico sobre el arte de construir en países en que tiembla; deberán elegirse sitios bien situados topográfica y geoló-

gicamente para emplazar las construcciones; alejándolas, al menos, de los lechos de los ríos y de las faldas de las montañas, lugares en que fueron tan trágicos los efectos de las avenidas de lodo.

8). Por último, indicaremos aquí la conveniencia de hacer obligatoria por la ley la aplicación de estas reglas y cambiar de localidad sobre todo los edificios públicos, tales como templos, escuelas, cuarteles, oficinas, etc.; pues de no hacer esto, los pueblos de esta región volverán a quedar expuestos a los mismos peligros y desastres que produjo el terremoto que estudiamos.

México, D. F., 1.º de mayo de 1920.

Teodoro Flores,
Ingeniero de minas.

SEGUNDA PARTE

ADVERTENCIA

Como siempre sucede en el caso de un megasismo, su estudio principia por las observaciones sismográficas que se hacen en las estaciones de la Red Sismológica, de tal manera, que siguiendo un orden cronológico esas observaciones deberían figurar en la primera parte de la Memoria; pero para describir el fenómeno sísmico en la forma más completa, de tal manera que el conjunto de él y sus características más notables no se perdieran en detalles y accidentes, pensamos en que la forma mejor ajustada al orden sería anteponer los datos recogidos en el campo por la comisión que visitó en primer lugar la zona megasísmica del Estado de Veracruz; y dar en seguida los datos instrumentales que contiene el informe del señor inspector de la Red Sismológica que formó parte de la comisión y las observaciones del jefe de la Estación Sismológica Central. A continuación se expone el estudio sismográfico completo, utilizando las indicaciones de los sismógrafos de la Red Nacional y los datos de algunas estaciones extranjeras. Las pequeñas diferencias que puedan notarse entre las observaciones sismográficas del primer momento, y las que se consignan en el estudio posterior no indican discrepancias censurables; por el contrario, son la mejor prueba de la unidad de acción e independencia de criterio con que se han realizado; y demuestran simplemente que al verificarse el estudio sismográfico se tenían a la vista los datos geológicos, tectónicos y macrosísmicos de la región estremecida y los sismográficos de un número mayor de estaciones. Por lo tanto, el trabajo era más fácil, se podían enlazar, y discutir las observaciones y discernir su importancia con mejores juicios. Así es que el criterio final ha sido más amplio y a la vez más concreto que en los primeros momentos de la catástrofe. En resumen, no hay contradicciones ni repeticiones inútiles al presentar en esta forma la segunda parte de la Memoria, sólo existe una comprobación provechosa de los datos obtenidos, lo que está de acuerdo con el proceder de todas las ciencias de observación, que ensanchan su criterio y establecen conclusiones con el acopio de datos.

I

Informe que sobre los fenómenos sísmicos del 3 de enero de 1920, rinde el inspector de la red sismológica

La noche del 3 de enero último, los sismógrafos de la Estación Sismológica Central, registraron varios temblores, siendo el de mayor intensidad el que principió a las 9 h., 48 m. 03 s. (tiempo medio de Tacubaya) y que fué sentido por todas o casi todas las personas, pues su intensidad alcanzó en México, el grado IV de la escala absoluta de Cancani.

En atención a que actualmente la Red Sismológica Nacional ha pasado por una crisis, bien lamentable por cierto, varias de sus estaciones han dejado de funcionar, pues las de Mérida, Zacatecas, Monterrey y Guadalajara hace tiempo que quedaron fuera de servicio; únicamente las de Mazatlán y Oaxaca trabajaban, aunque de manera deficiente. Por este motivo, en los temblores de que se ocupa el presente estudio, fué muy difícil situar, desde luego, la porción epicentral. La dirección del Instituto Geológico trata de reorganizar a la mayor brevedad la Red Sismológica y crear algunas estaciones más, que permitan hacer el estudio completo de aquellos temblores que tienen lugar en territorio nacional. Así, los fenómenos del día 3 de enero habrían sido observados ventajosamente, si en las ciudades de Puebla y Veracruz, por ejemplo, se hubiera dispuesto de estaciones sismológicas, pues en estos lugares la intensidad de los movimientos no habría causado ningún desperfecto en los instrumentos y, por lo tanto, las fases de los temblores habrían sido registradas con toda claridad, permitiendo localizar el foco con precisión; estas estaciones vendrían a aumentar el campo de acción de la red actual.

La catástrofe del 3 de enero nos ha venido a recordar una vez más la necesidad de legislar prohibiendo cierta clase de construcciones que ponen en peligro la vida de sus moradores y la pérdida de capitales; y además, la importancia de que se establezcan en el país estaciones sismológicas en número suficiente y condiciones determinadas, divulgando los conocimientos sobre la ciencia sismológica, a fin de evitar, o por lo menos disminuir los efectos de los terremotos. Los gastos que estos estudios demanden no deben conceptuarse como perdidos, pues para saber dónde es de esperarse que se produzcan temblores, y por lo mismo, prevenir a los habitantes de las regiones afectadas, hay necesidad de hacer observaciones sistemáticas y continuas, dotando al país de una red completa.

De gran utilidad habrían sido los datos que suministraran personas de criterio, respecto de los temblores del 3 de enero en las regiones afectadas; pero desgraciadamente esta ha sido una de las veces en que se han alterado más las noticias, imprimiendo a los acontecimientos un giro fantástico y dando proporciones a la catástrofe, que afortunadamente no tuvo. Aquí debemos hacer mención del sinnúmero de falsedades asentadas en todos los diarios de la metrópoli.

Para evitar toda alteración en las noticias que provienen de las poblaciones en que tiembla con frecuencia, podría crearse una especie de policía sismológica, así como la hay minera, encomendando a personas de cierta ilustración y de buen criterio, la adquisición de los datos, siempre que un fenómeno sísmico tuviera lugar, para lo cual se dividiría la población en cuarteles, teniendo el jefe de cada uno la obligación de formar estadísticas, dar avisos, noticias, etc. Esto sería de gran interés para el estudio de la sismología, cuyo campo bien yermo aún se encuentra en nuestro país.

Nuestras observaciones instrumentales las hicimos en Jalapa con un sismógrafo vertical de Wiechert de 80 kilogramos de masa, instalado provisionalmente en la Escuela Industrial de Señoritas. Dicho instrumento era el único en disponibilidad, habiendo sido indispensable uno horizontal para el estudio completo de los movimientos.

2.—LOS CHOQUES PREMONITORES

En algunos puntos del Estado de Veracruz aseguran haber sentido un temblor el día 2 de noviembre del año próximo pasado; y como en la Estación Sismológica Central registraron los sismógrafos varios movimientos en ese día, pudieran tomarse como choques premonitores, es decir, como la iniciación de la serie de movimientos, de los cuales fué el más importante el del día 3 de enero de 1920.

Algunos de estos movimientos discrepan un poco en la distancia que se ha calculado para el temblor principal, distancia que es de 234 kilómetros de la Estación Central al epifoco; y ha habido, además, un intervalo de tiempo considerable entre la presentación de aquellos choques y la del terremoto principal. Fuera del movimiento que se anota en el cuadro adjunto en primer término, y que por el carácter con que se registró en el sismógrafo de 17,000 kilogramos de masa de la Estación Central, pudo haber sido sentido en la zona conmovida por el del día 3 de enero, los demás, podemos afirmarlo, han sido únicamente instrumentales.

Fecha	Instrumento	Carácter	P.	L.	M.	C.	Fin	Km.
Nbre. 2	17,000 K. NS.	III_v	1.40.59	1.41.30	1.41.33	1.42.38	1.46.38	264
,, ,,	,, ,, ,,	I_v	2.14.15	2.15.16	.....	2.15.56	2.17.08	264
,, ,,	,, ,, ,,	I_v	3.00.33	3.01.04	3.01.18	3.01.54	3.04.54	271
,, ,,	,, ,, ,,	I_v	3.45.36	3.46.06	.....	3,46.44	3.48.44	264
,, 5	,, ,, ,,	I_v	13.51.58	13.52.26	13.52.30	13.52.54	13.53.47	234
,, 14	,, ,, ,,	III_v	6.39.42	6.40.15	.....	.....	.....	271

Las fases de estos temblores están dadas en tiempo medio de Greenwich, según lo convenido en la Asociación Internacional de Sismología.

Con frecuencia los grandes temblores son precedidos de ligeros movimientos llamados choques premonitores, interesantes, porque ellos, como los choques subsecuentes, pueden en varias ocasiones servirnos para comprobar la distancia del foco, darnos cuenta de la actividad, etc. En muchos casos el temblor principal se presenta desde luego, y a veces las sacudidas principales son varias, sin que haya choques premonitores.

En mi concepto, los temblores anotados en el cuadro anterior y que he llamado premonitores, no satisfacen del todo para considerarlos como tales, pero el hecho de haberse sentido, como antes quèda enunciado, un temblor en Jalapa y en otras localidades del Estado de Veracruz el día 2 de noviembre de 1919, me ha hecho consignarlos en esta parte del trabajo. El único temblor que tiene una distancia igual a la encontrada para el del 3 de enero, es el registrado el día 5 de noviembre a las 13 h., 51 m., 08 s., tiempo de Greenwich. Los demás tienen una diferencia con la distancia anterior, que es de 234 kilómetros, de 30 y 37 kilómetros.

En los sismógrafos de la Estación Sismológica de Oaxaca, 5 m. antes del temblor se registró un microsismo, pero como las fases están mal definidas, no se puede comprobar si fué del mismo foco del temblor principal.

3.—HORA DEL TEMBLOR

Ya queda dicho al principio de este trabajo que los sismógrafos de la Estación Central registraron el temblor principal a las 9 h., 48 m., 0.3 s., único dato que debemos considerar como exacto, ya que el tiempo marcado en los instrumentos lo da el Observatorio Astronómico a cuyos cronómetros sincronizados se les aplica la corrección debida. Los datos ministrados por la Estación Sismológica de Oaxaca, siempre han tenido una diferencia en tiempo muy notable; y la Estación de Mazatlán pocas son las veces que proporciona datos para el estudio de los temblores del país, pues generalmente sus registros son de temblores lejanos que llegan a nuestras costas por el Pacífico.

La falta de cuidado para corregir los relojes en ciertas ciudades de

importancia, ha sido causa de que se tropiece con dificultades en los cálculos del tiempo. Así, en Jalapa, según manifiestan varias personas de la localidad, la hora en que sintieron el temblor principal, varía entre las 9.45 y las 9.52. El hecho de estar situada esta ciudad aproximadamente a 40 kilómetros del foco, nos da derecho a considerar que allí el temblor debe haberse sentido pocos momentos antes de las 9.48 03, hora del registro en Tacubaya, y que se debe tener como hora exacta. Esta, referida a tiempo de Greenwich, corresponde a las 4 h., 24 m., 50 s. Hecha la determinación de la fase "CERO," es decir, el momento preciso en que el temblor se verificó en el epifoco, nos dió la siguiente hora: 4 h., 24 m., 16 s. en tiempo medio de Greenwich. Tacubaya tiene una diferencia en tiempo con Greenwich, de 6 h., 36 m., 47 s.

El estudio de estos registros puede verse en el adjunto informe que rinde el señor ingeniero Francisco Patiño y Ordaz, jefe de la Estación Sismológica Central:

"Tacubaya, 21 de enero de 1920.—Sr. Director del Instituto Geológico. —México.—Tengo el honor de remitir a usted el registro que formé con el estudio de los temblores registrados en la Estación Central, la noche del día 3 del presente y la mañana del día 4, no habiéndose registrado después ningún movimiento; así como una noticia formada con los telegramas llegados a la oficina de las distintas poblaciones en las que se sintió el fenómeno.

El temblor principal o inicial se verificó a las 9 h., 48 m., 03 s., p. m. (tiempo medio de Tacubaya) y fué registrado por todos los instrumentos de la estación que estaban en funcionamiento; siguiendo después una serie de movimientos, repeticiones del anterior, de menor intensidad.

En el sismógrafo de 17 toneladas, únicamente se obtuvo la fase inicial del temblor, no habiéndose registrado las otras fases por haberse caído los estiletes.

Por el examen atento de los diagramas del referido temblor, se ve que es del tipo impetuoso o explosivo, notándose con toda claridad una desviación del estilete en ambas componentes, hacia el Norte y hacia el Este en las tiras del sismógrafo de 17 toneladas y con semiamplitudes de 6 y 66 milímetros, respectivamente.

La fase L—P en los diagramas de los sismógrafos horizontales de 200 y 125 kilogramos es de 27 segundos, encontrando igual intervalo para los verticales. Calculando con este intervalo la distancia del epicentro con la conocida fórmula del profesor F. Omori: *x Km. = 7,27 y seg. + 38 Km.*, se obtienen 234 Km. al epifoco.

Para localizar el epicentro no se cuenta en la actualidad con más datos que los obtenidos en la Estación Central y los de la Estación de Oaxaca. Los diagramas de esta última estación, dieron un buen registro y la fase L—P es de 30 seg. y corresponde a una distancia de 256 Km. al epifoco, calculando con la misma fórmula.

Con las medidas de las semiamplitudes de la desviación inicial en la primera fase de los sismogramas del péndulo de 17 toneladas y calculando el rumbo con la fórmula: $\text{tg.a} = \frac{A_e}{A_n}$ se obtiene un ángulo azimutal de 84° 49′ aproximadamente para el rumbo del epifoco; y haciendo una construcción gráfica con las mismas medidas se obtiene un ángulo de 84° 45′, resultado que concuerda con el anterior.

Los sismógrafos verticales de 1,300 y 80 kgs. señalan una desviación positiva para el primer impulso, lo que indica que la onda de llegada fué de compresión y el desalojamiento del suelo debe haberse verificado desde el epifoco y como los estiletes del citado sismógrafo se desalojaron al Norte y al Este, es de afirmarse que el rumbo del epicentro se encuentra al Norte 84° 49′ E. de la Estación Central.

Trazando un círculo con un radio igual a 234 Km. y como centro la Estación Central y trazando otro con un radio de 256 Km. y con centro en Oaxaca, ambos se cortan en un punto al Sur de Jalapa.

Es de notarse que a las 10 h., 26 m., 17 seg., p. m. se verificó un temblor de distinto foco del que se trata, pues la gráfica obtenida en los diagramas de los sismógrafos de 200 y 125 kilogramos, así como en los verticales de 1,300 y 80 kgs. dan una prefase de 3 seg. Calculada la distancia para el epifoco con la fórmula x Km. = 7,48y seg., se obtiene 22 Km., de distancia al lugar de la perturbación.

Este movimiento fué acompañado de ruidos subterráneos y se sintió con suma violencia. En la población de San Angel, D. F., según informes verbales obtenidos de algunas personas, el temblor fué muy fuerte y de corta duración, llamando la atención el ruido prolongado que acompañó al fenómeno.—Protesto a usted mi atenta y respetuosa consideración.—*Francisco M. Patiño y Ordaz.*"

A continuación se dan a conocer el catálogo de macro y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central el día 4 de enero de 1920 y el de macrosismos sentidos en la República durante el mes de enero de 1920.

Cuadro de los Macro y Microsismos registrados en la Estación Sismológica Central el día 4 de enero de 1920

Número progresivo.	Fechas.	INSTRUMENTOS WIECHERT						FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH				FIN	Amplitud.	T.	Δg.	Distancia en kilómetros.	OBSERVACIONES
		Masa	Componente	V.	e.	T_0		P.	L.	M.	C.						
1	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	4 24 50	.....	.....	.....	.....	...	...	...	.....	Se cayeron los estiletes.
1	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	4 24 50	.....	.....	.....	.....	...	...	...	.....	" " " "
1	4	200	N.-S.	80	3:5	5.	III_v	4 24 51	4 25 18	4 25 30	4 36 06	?	?	...	...	234	
1	4	200	E.-W.	80	3:5	5.	III_v	4 24 50	4 25 17	4 25 32	4 36 32	?	?	...	...	234	
2	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	5 00 04	5 00 31	5 00 41	5 01 50	5 02 55	17	1	68	234	
3	4	200	N.-S.	80	3:5	5.	III_d	5 03 02	5 03 05	5 03 05	5 03 50	5 05 11	...	...	...	22?	
3	4	200	E.-W.	80	3:5	5.	III_d	5 03 02	5 03 05	5 03 05	5 03 41	5 05 17	...	...	...	22?	
4	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	I_v	6 04 45	6 05 11	.....	.....	6 07 37	...	...	...	227	
5	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	6 10 54	6 11 21	6 11 32	6 12 42	6 15 42	4	1	16	234	
5	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	6 10 54	6 11 22	6 11 28	6 12 14	6 14 44	3	1	12	242	
6	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	7 23 10	7 23 36	7 23 44	7 25 02	7 31 44	19	1	76	227	
6	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	7 23 10	7 23 36	7 23 45	7 26 15	7 31 50	23	1	92	227	
7	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	II_v	8 36 58	8 37 24	8 37 36	8 38 11	8 41 07	1	1	4	227	
7	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	II_v	8 36 58	8 37 25	8 37 30	8 38 00	8 41 07	2	1	8	234	
8	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	I_v	8 57 19	8 57 46	8 57 50	8 58 22	9 00 35	2	1	8	234	
8	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	I_v	8 57 19	8 57 47	8 57 50	8 58 15	9 00 30	1	1	4	242	
9	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	II_v	10 06 51	10 07 17	10 07 22	10 09 16	10 12 46	7	1	28	227	
9	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	II_v	10 06 51	10 07 18	10 07 23	10 08 46	10 11 46	5	1	20	234	
10	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	I_v	10 39 59	10 40 26	10 40 32	10 41 06	10 43 26	1	1	4	234	
10	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	I_v	10 39 58	10 40 26	.....	.....	.....	...	...	...	242	
11	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	13 20 40	13 21 06	13 21 12	33 22 55	13 26 55	7	1	28	227	
11	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	13 20 39	13 21 05	.....	.....	.....	...	...	...	227	
12	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	18 28 54	18 29 21	18 29 34	18 31 41	18 34 20	12	1	48	234	
12	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	18 28 55	18 29 23	18 29 29	18 31 44	18 34 24	10	1	76	242	

CATALOGO DE LOS MACROSISMOS SENTIDOS EN LA REPUBLICA DURANTE EL MES DE ENERO DE 1920

DIAS	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
4	Amecameca, Méx.....	4 21 47	III.	Oscilatorio.....	1 minuto.....	E.-W.		
4	Apizaco, Pueb.....	4 24 47	II.	„	Poca.			
4	Calpulalpan, Tlax.....	4 26 47	III.	„	5 segundos.....	N.-S.		
4	Córdoba, Ver.....	4 26 01	III.	Oscilatorio y giratorio.....	47 segundos.....	N. W.-S. E.		
4	„ „	4 49 47	II.	Oscilatorio.				
4	„ „	5 05 47	II.	„				
4	„ „	5 44 47	II.	„				
4	„ „	5 54 47	I.	„				
4	„ „	6 13 56	I.	„				
4	„ „	6 52 36	I.	„				
4	„ „	8 40 07	I.	„				
4	„ „	9 00 40	I.	„				
4	„ „	10 44 17	I.	„				
4	Coscomatepec, Ver.....	4 16 47	VII.	.....	.....	.....	.....	Causó desgracias y derrumbes.
4	Cuautla de Jiménez, Oax	4 25 47	IV.	.....	40 segundos.....	E.-W.....	Ruidos subterráneos	
4	Cuicatlán, Oax.....	4 31 47	II.	.....	10 „	.....	.....	Siguieron dos sacudidas de menor duración e intensidad.
4	Chignahuapan, Pue.....	4 25 47	II.	Trepidatorio.....	10 a 12 segundos.			
4	Huamantla, Tlax.....	4 21 47	III.	Trepidatorio y oscilatorio	25 a 30 „	.....	.....	Repitió débilmente a las 4h. 36m. 47s.
4	Huauchinango, Pue.....	4 21 47	III.	Trepidatorio.....	30 segundos.			
4	Jalapa, Ver	4 32 47	VIII.	„	40 segundos.....	.....	Ruidos subterráneos	Causó muchos derrumbes y cuarteaduras en el 30% de las construcciones.
4	Orizaba, Ver.....	4 31 47	III.	„	.....	.....	.....	Repitió 7 veces, sisendo ocilatorio, con intervalos de una hora.

DIAS	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
4	Orizaba, Ver.....	13 06 47	II	Oscilatorio.				
4	Otumba, Méx	4 24 47	III	„	20 segundos.....	NE.-SW.		
4	Puebla, Pue.....	4 35 47	IV	„	15 „	NW.-SE. y NE.-SW.		
4	Puerto Lobos, Ver.....	4 18 47	III	„	30 „	E.-W.		
4	Río Blanco, Ver.....	4 34 47	III	Trepidatorio.....	30 „	.....	.....	Repitieron movimientos oscilatorios.
4	San Jerónimo, Oax.....	4 24 47	III	„	15 „			
4	San Marcos, Pue.....	4 21 47	IV	Oscilatorio.....	20 „	N.-S. y E.-W.	.....	Repitió 3 veces, ligeramente, con intervalos de 15 minutos.
4	Santa Rosa, Ver....	4 23 47	IV	Trepidatorio	Corta	....	....	Precedido de ligeras ondulaciones, con intervalos muy cortos.
4	Tecamachalco, Pue.....	4 21 47	IV	Oscilatorio.....	20 segundos.....	E.-W		
4	Tetela de Ocampo, Pue.	4 25 47	IV	„	50 „	NW.-SE.	....	Al disminuir en intensidad hubo un sacudimiento trepidatorio.
4	Tehuacán, Pue	4 22 47	IV	Trepidatorio y oscilatorio.....	50 „	N.-S.		
4	Teotitlán, Oax.....	4 21 47	III	Trepidatorio	35 „			
4	Tlatlauqui, Pue.....	4 25 47	IV	Oscilatorio.....	50 „	NW.-SE.		
4	Tlaxco, Tlax.....	4 25 47	III	„	10 „	E.-W.		
4	Tuxpan, Ver.....	4 21 47	III	„	30 „			
4	Tacubaya, D. F.....	4 24 50	IV	„	10 „	E.-W.		
4	Tacubaya, D. F.....	5 03 04	IV	Trepidatorio.....	2 „	....	Fuertes ruidos subterráneos.	
4	Veracruz, Ver	4 34 47	IV	Oscilatorio.....	30 „	.....	.....	Repitió tres veces, ligero, hasta las 7h. 36m. 47s.
4	Zongolica, Ver.....	4 31 47	V	Trepidatorio y oscilatorio	.....	S.-N.....	....	Causó varios desperfectos en los edificios públicos y particulares. Repitió nueve veces, con menor intensidad.
4	Zacapoaxtla, Pue.....	4 26 47	III	Trepidatorio y oscilatorio	40 segundos.....	SW.-NE.	Precedido de detonación subterránea.	
4	Zacatlán, Pue...	4 25 47	IV	Oscilatorio...	25 „	SE.-NW.		
4	Córdoba, Ver.....	13 40 57	II	Trepidatorio.....	.....	.....	Ruidos subterráneos.	Débil.

Día	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
4	Córdoba, Ver	16 47 47	II	Trepidatorio				Débil.
5	Coscomatepec, Ver	4 16 47	VII					Causó desgracias personales y derrumbes. Siguen sacudimientos de corta intensidad.
5	Rinconada, Ver	5 56 47	III		1 minuto		Se osbervó disminución del caudal de Río Grande, a consecuencia del terremoto de fecha 4.	
6	Coscomatepec, Ver	4 16 47	II	Oscilatorio.				
6	Coscomatepec, Ver	8 36 47	II	,,				
7	Coscomatepec, Ver	6 06 47	II	,,				
7	Coscomatepec, Ver	15 51 45	II	,,				
7	Córdoba, Ver	16 01 57	III	,,	10 segundos	NW.-SE.		
7	Zongolica, Ver	3 41 47	III	,,	5 ,,	W.-E.		
7	Zongolica, Ver	15 56 47	III	,,	5 ,,	E.-W.		
7	Zongolica, Ver	16 06 47	II	,,	3 ,,			
10	San Jerónimo, Oax	3 26 47	III	Trepidatorio	30 ,,			
14	Zongolica, Ver	sin hora	III	Oscilatorio	5 ,,	NW.-SE.		
15	Zongolica, Ver	6 36 47	III	Trepidatorio	5 ,,			
17	Salina Cruz, Oax	2 56 47	II	,,	4 ,,			
18	Acapulco, Gro	10 16 47	II	,,	3 ,,			
21	Salina Cruz, Oax	5 06 47					Se oyeron al W. algunos retumbos lejanos.	
22	Córdoba, Ver	9 45 37	III	Trepidatorio	8 segundos.			
22	Coscomatepec, Ver	9 36 47	III	Oscilatorio.				
22	Orizaba, Ver	9 2 47	III	,,	25 ,,			
22	Orizaba, Ver	9 36 47	III	,,	6 ,,	N.-S.		
22	Teziutlán, Pue	9 51 47	II	,,	4 ,,			
22	Tlatlauqui, Pue	9 36 47	III	,,	5 ,,	SE.-NW.		
22	Veracruz, Ver	9 50 47	II	,,	Corta.			
22	Zacapoaxtla, Pue	9 36 47	III	,,	3 a 5 segundos	SE.-NW.		
23	Coscomatepec, Ver	4 36 47	III	Trepidatorio	10 segundos.		Fuertes ruidos subterráneos.	
23	El Hule, Oax	3 51 47	III	Oscilatorio	15 ,,	NW.-SE.		

Día	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
23	El Hule, Oax.	6 36 47	II	Oscilatorio				
23	Orizaba, Ver.	4 41 47	III	,,	25 segundos.	N.-S.		
23	Córdoba, Ver.	4 56 07	III	Trepidatorio	26 ,,			
23	Rinconada, Ver.	4 46 47	III	,,	26 ,,		Ruidos subterráneos.	
23	Salina Cruz, Oax.	4 24 47	II	,,	4 ,,			
23	Tetela, Pue.	4 46 47	III	Oscilatorio	Corta	NE.-SW.		
23	Tlatlauqui, Pue.	4 42 47	II	,,	5 segundos.			
23	Zacapoaxtla, Pue.	4 41 47	III	,,	10 ,,			
23	Zongolica, Ver	4 43 47	III	,,	5 ,,	NW.-SE.		
24	San Jerónimo, Oax.	4 31 47	III	,,	30 ,,			
25	Zongolica, Ver.	2 36 47	III	,,	5 ,,	NW.-SE.		Repitió 5 veces lento, hasta las 6 h. 36 m. 47 s.
25	Orizaba, Ver.	5 51 47	III	,,	6 ,,	N.-S.		
29	Orizaba, Ver.	5 36 47	II	,,	Corta	N.-S.		
29	Córdoba, Ver.	5 55 47	II	Trepidatorio.				
30	Huajuapan, Oax.	11 51 47	II	Oscilatorio			Precedido de fuertes ruidos subterráneos.	
31	Coscomatepec, Ver.	4 48 47	II	,,				
31	Coscomatepec, Ver.	6 36 47	II	,,				
31	Coscomatepec, Ver.	9 36 47	II	,,				

Posteriormente a los choques registrados en los cuadros anteriores, el jefe de la Estación Central expidió el siguiente boletín:

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO
BOLETIN DE LA ESTACION SISMOLOGICA CENTRAL.

Principio del temblor	Onda de máxima intensidad	Fin del temblor	Distancia al epifoco
3h. PWm. PUs.....	3h. 02m. 40s.....	3h. 03m. 16s.....	234 kilómetros

Las fases están dadas en tiempo medio de Tacubaya. El temblor estudiado fué registrado por el sismógrafo de 17 toneladas; su principio bien definido señala una ligera desviación al E. y al N. le corresponde el grado I de la escala de Cancani y III de carácter en el sismograma.

Es de suponerse que el epicentro se encuentra al NE. de la Estación Central. Tanto por la distancia como por las desviaciones iniciales, debe encontrarse en la región recientemente perturbada.

Tacubaya, 22 de enero de 1920.

Francisco M. Patiño y Ordaz.—Rúbrica.

Nota: Acabo de recibir del Observatorio Meteorológico, tres mensajes telegráficos que avisan haberse sentido el temblor a que hago referencia, en Orizaba, Tlatlauqui y Zacapoaxtla.

4.—DURACION E INTENSIDAD

Igual dificultad que para determinar la hora exacta en los lugares conmovidos más intensamente, existe para determinar la duración del temblor por medio de observaciones personales. En el sismógrafo horizontal de 17,000 kilogramos, de la Estación Sismológica Central, la duración de las ondas máximas fué de 12 segundos, como se puede ver en el cuadro del informe del señor ingeniero Francisco Patiño y Ordaz, jefe de la Estación Central, pero en Jalapa muchas personas afirman que el temblor tuvo una duración de 15 segundos, en tanto que otras la elevan hasta 30. Es cuerdo suponer que la duración de la porción sensible de este movimiento para las personas no fué mayor de 12 segundos, en primer lugar, por el dato instrumental; en segundo, porque un temblor trepidatorio de la intensidad del que nos ocupa, en una región donde las construcciones dejan mucho que desear, habría acabado con todos los pueblos cercanos a la región epicentral, inclusive la ciudad de Jalapa, donde existen algunas casas bien construidas. Debemos hacer constar que en la ciudad de Jalapa, solamente hubo tres muertos por los derrumbes, según los datos recogidos en la Presidencia Municipal.

Varias pruebas tenemos de que el movimiento fué demasiado rápido, sólo que generalmente la excitación en los momentos del peligro, la aprehensión, alarma o pánico que sigue a la percepción del temblor, depende de la emotividad de los individuos. Depende también de la costumbre de sentir temblores. En Oaxaca he tenido oportunidad de observar temblores de fuerte intensidad y larga duración, y allí, donde las construcciones son en lo general buenas, se tiene confianza en ellas y no se observan las escenas que en Guadalajara se observaron con la serie de temblores del año de 1912, donde no están familiarizados con esta clase de fenómenos y donde las habitaciones no dan ninguna garantía.

En Jalapa, punto en que hice la mayoría de las observaciones por haber tenido que instalar allí un sismógrafo que llevamos, sentí tres temblores, los días 21, 22 y 23; éstos fueron claramente de carácter trepidatorio, no imprimieron a los objetos suspendidos ninguna oscilación. Además, su duración estuvo comprendida entre 3 y 5 segundos. La intensidad fué aproximadamente del grado IV de la escala de Cancani. (Para estimar la intensidad de los temblores se han formado varias escalas, entre las que figuran las de Mercalli, Omori, Rossi-Forel y otras, pero nosotros hemos usado siempre la de Cancani, por ser la más completa y a ella nos referiremos siempre en nuestros cálculos.)

En la ciudad de México el temblor principal, pues ya hemos dicho que los choques fueron tres, debe haber tenido el grado IV de la escala mencionada, en Jalapa estuvo comprendida su intensidad entre los grados VIII y IX, según la tantas veces mencionada escala, pues para que un temblor cause destrucciones y contusiones, debe tener el grado VIII o más; aunque es fácil comprender que con el grado VII, por la caída de las tejas puede muy bien haber heridos y debemos tener presente que en esta región, como casi en todas aquellas donde llueve mucho, se emplean techos de teja de dos aguas.

Por la narración de las personas se sabe que casi en toda la región conmovida, el suelo sufrió un levantamiento repentino, descendiendo con gran violencia; sin embargo, muchas personas manifiestan haberse dado cuenta de ligeras oscilaciones. En Jalapa, donde no había ningún sismoscopio ni sismógrafo para determinar la dirección del movimiento, se guiaron naturalmente por la sensibilidad, teniendo esto sus inconvenientes, pues cuando el temblor es ligero, la dirección se puede percibir, no así cuando es fuerte y se está en o muy cerca del área epicentral. Igualmente, se estima la dirección por las oscilaciones de los objetos suspendidos, pero en este caso se debe tener en cuenta que el impulso inicial del péndulo puede ser perturbado por algún otro motivo. Por todo esto, creí conveniente guiarme para obtener una dirección aproximada (dirección de la acción sensible o destructora del temblor) por la caída de objetos, muros, etc.

Mallet y varios otros sismólogos, después de repetidas observaciones, admiten que las paredes que han sido derribadas, fueron atacadas por ondas perpendiculares a ellas; y las agrietadas lo han sido por ondas paralelas a la posición de esas paredes. Si nos hemos de guiar por esto, comprobaremos que la dirección del movimiento del 3 de enero, en la ciudad de Jalapa, fué de Poniente a Oriente; y en el capítulo correspondiente se verá la acción de estos temblores en las construcciones de la ciudad citada.

5.—CHOQUES SUBSECUENTES

A los temblores del día 3 de enero sucedieron algunos temblores, sin que su número haya llegado al que en Jalapa pretenden, pues allí dicen que después del temblor principal o sea el de las 9 h., 48 m., 03 s., siguió temblando con gran frecuencia. En el cuadro formado en la Estación Sismológica Central, se puede estimar el número de ellos, hora, carácter, intensidad, etc.

A los pocos días de instalado el sismógrafo vertical en la ciudad de Jalapa, se registraron tres choques subsecuentes, cuyas fases son:

Fecha	Instrumento	Carácter.	P.	L.	M.	C.	Fin	Dist. en Km.
			H. M. S.	H. M. S.	H. M. S.	H. M. S	H. M. S.	
Enero 21	Wiechert.....	II_d	3.10.20	3.10.24	3.10.27	3.10.45	3.11.10	30
„ 22	Z. 80 Kgs	III_d	10.05.15	10.08.18	10.05.23	10.05.55	10.06.35	22.4
„ 23	.....	I_d	11.15.12	11.15.15	11.15.19	11.15.25	11.16.15	22.4

Tiempo medio de Tacubaya

En seguida del temblor que se registró en la Estación Sismológica Central la noche del 3 de enero, a las 10 h., 23 m., 17 s., se registró también uno de origen doméstico, probablemente del Pedregal de San Angel, tipo de temblores que nos es bastante conocido, pues desde la instalación de la Estación Central, el año de 1910, se vienen registrando con relativa frecuencia. Sus distancias han variado entre 3 kilómetros y medio y 24, al Sur de Tacubaya. Una lista de estos temblores registrados el año de 1912 y un ligero estudio, pueden verse en el boletín número 18 del Instituto Geológico, páginas 43-44.

Podría muy bien haber acontecido que los temblores del día 3 hubieren venido a acelerar la presentación de este otro temblor, pero en todo caso este movimiento no debe considerarse como un after-shock. Este temblor vino acompañado de fuerte ruido subterráneo.

Como al referirse la prensa a este movimiento, le diera proporciones catastróficas, el director del Instituto Geológico me comisionó para hacer un ligero reconocimiento en San Angel e inmediaciones del Pedregal. Como resultado de esta pequeña excursión, le manifesté no haber encontrado ninguna grieta en la Huerta del Carmen, grieta que *"vieron"* algunos reporteros de los diarios de la metrópoli. No hubo allí ninguna cuarteadura, derrumbe o desgracia personal, pues así me lo manifestaron el Presidente Municipal de San Angel, los vecinos del lugar, el encargado de la Sección de Excavaciones de la Dirección de Antropología, los operarios que trabajan en la explotación del basalto para la Secretaría de Comunicaciones, y muchas otras personas, pues tomé cuanto dato se pudo, por tener gran interés en este asunto.

Ruidos subterráneos.—En Jalapa como en casi todos los puntos del area epicentral, los temblores han sido acompañados de retumbos, que según algunos observadores, han tenido semejanza con el ruido producido por la creciente de un río, otros como fuerte viento, otros como el trueno del rayo lejano. También se han dado cuenta del ruido producido por los techos al ser sacudidos por el temblor.

Larde, observador salvadoreño, dice que los retumbos pueden ser en muchos casos reputados como verdaderos temblores de tierra, pues que un terremoto está constituído por movimientos oscilatorios de diversas clases de las partículas terrestres; los sonidos son también movimientos vibratorios que, como aquéllos, se propagan por ondas y los retumbos subterráneos son oscilaciones de las partículas terrestres. Las ondas sísmicas longitudinales y las ondas sonoras no difieren más que por el período, esto es, la duración de cada oscilación.

6.—EFECTOS DE LOS TEMBLORES DEL 3 DE ENERO DE 1920 EN LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE JALAPA

Pocas personas manifiestan haber sentido ligeras oscilaciones en los temblores del día 3 de enero y sin embargo, en esta ciudad hubo una zona,

que, como puede verse en el plano de la Lám. XLIV-A, fué la que mayores daños sufrió, y que tiene una dirección aproximada de E. a W. en su mayor longitud.

En Jalapa se emplean para la construcción la piedra cortada, la mampostería, el ladrillo, el adobe y el lodo; la madera es empleada pocas veces. Las habitaciones que menos resintieron los temblores fueron las de mampostería; y en lo general, todas aquellas cuyos techos eran muy pesados fueron muy averiadas. Las casas de la clase más humilde, construídas de madera con techos de paja, resistieron perfectamente, debido a la ligereza de los materiales empleados. Estas chozas sólo sufren desperfectos cuando los "horcones" que sostienen el techo no están clavados en el suelo a profundidad conveniente, pues entonces al oscilar los techos salen de su posición vertical. En esta ciudad son muy pocas las construcciones de cemento armado (construcción ideal para los países sísmicos), pues yo sólo conocí tres casas construídas por este sistema. Una de ellas, de los señores Pasquel. ubicada en la calle de Enríquez, tuvo ligeras cuarteaduras en algunos de los muros y en los arcos de los corredores; y estos desperfectos de ninguna manera se pueden considerar como serios para haber sido desocupada, cosa más bien debida a un exceso de precaución, porque en ella los habitantes estarán más seguros que en cualquiera otra de la ciudad.

En la zona mayor de las dos marcadas en el plano, las destrucciones más importantes fueron sobre las casas cuyas paredes maestras están orientadas de N. a S. y que, por lo tanto, recibieron las ondas perpendicularmente. En la zona marcada con tinta azul, las destrucciones no fueron tan importantes como en la parte que hemos indicado, pero el hecho de estar situada en la parte de mayor inclinación de la ciudad, fué motivo de que hubiera varios deslizamientos, ya de paredes aisladas, ya de casas en conjunto. Con objeto de darme cuenta de los desperfectos y ver si se podía apreciar el rumbo de llegada de las ondas, visité el cementerio, porque en estos lugares, por la diversidad de las construcciones, formas, materiales, etc., se llegan a conseguir buenos datos; pero en Jalapa el cementerio no tiene monumentos importantes, y los pocos desperfectos que allí se notaron, más bien son debidos a la acción del tiempo. No hubo en este lugar ningún caso de vórtice.

Los edificios que más sufrieron en la ciudad, fueron los siguientes: el Palacio de Gobierno, con cuarteaduras en la parte S. y en los techos, principalmente en los de la Biblioteca Pública; Palacio de Justicia: derrumbes de varios muros, de un torreón, caída al Poniente de gran parte de la cornisa de la calle que ve al Oriente; Colegio Preparatorio: grietas en algunas piezas, como la dirección, sin que éstas fueran graves; hospital, derrumbes; cuarteles, únicamente cuarteaduras; la catedral tiene una cuarteadura a lo largo de la nave central y de menor importancia en las naves laterales, además, cayó parte del aplanado; la iglesia del Calvario, sufrió derrumbes en una torre y cerca de la sacristía; la Administración de Correos, sufrió desplomes de importancia, derrumbes y cuarteaduras serias, pues este edificio como todos los que están en la parte más inclinada, resintió más los efectos del movimiento. El Seminario Conciliar tiene derrumbes muy notables y grandes grietas; la Misión Presbiteriana tiene, igualmente, varios derrumbes. De las estaciones, la única que sufrió cuarteaduras fué la del ferrocarril de Jalapa a Córdoba.

El Hotel Juárez tuvo algunos derrumbes, caída de la cornisa en parte, y ligeras grietas; la Capilla de la Cruz, cuarteaduras; la de los Corazones, derrumbe en las torres y varias cuarteaduras; la agencia del Banco Nacional, derrumbes y cuarteaduras, el Casino Jalapeño y los teatros Cáuz y Limón, sólo cuarteaduras. Casi todos los edificios de la calle de Enríquez sufrieron cuarteaduras y desplomes, pero en esa calle hubo algunos casos de inmunidad, como el Banco Mercantil, la casa nueva de los señores Pasquel y la dulcería.

Cerca de las estaciones, por la del ferrocarril de Jalapa a Teocelo, se

derrumbó una barda de mampostería de regular altura, situada en dirección NS., se partió en toda su longitud, como 50 centímetros del suelo y cayó en gran parte hacia el Oriente. En las estatuas de los parques y en las columnas de algunos edificios no se descubrió tampoco ningún caso de vórtice. Examinando con cuidado la columna del busto del señor Juárez, en el parque del mismo nombre, se distinguen leves desportilladuras en la parte que ésta se une al pedestal.

Para terminar diremos que aún es imposible predecir los temblores de tierra, de suerte que el público debe recibir con toda reserva las noticias alarmantes que la prensa suele publicar. La sismología no llega todavía a ese supremo ideal, por lo mismo, en esas regiones donde los temblores del 3 de enero causaron tantos estragos como lo suelen sufrir todos los pueblos de las regiones sísmicas, deben los habitantes buscar su defensa en las construcciones apropiadas, pues el caso probablemente se repetirá, ya que se trata de una zona notoriamente sísmica.

El Instituto Geológico ha repartido folletos en los que trata el problema de las construcciones asísmicas, ha demarcado, aún cuando de una manera general, cuáles son las zonas sísmicas del país, y si los habitantes de la hoy región devastada por estos temblores, al reconstruir sus heredades toman en cuenta ciertos consejos basados en las observaciones y reglas deducidas de la práctica, en los temblores subsecuentes no habrán de lamentar en tan considerable cantidad ni las desgracias personales ni la pérdida del capital que representan sus propiedades.

México, D. F., 10 de abril de 1920.

Manuel Muñoz Lumbier.
Inspector de la Red Sismológica.

II

Estudio sismográfico

A.

Observaciones instrumentales directas

1.—Estación Sismológica Central. Tacubaya, D. F.—Coordenadas: $\lambda = 99° 11' 37''$ W. de Greenwich; $\varphi = 19° 24' 18''$ N. Altura sobre el nivel del mar 2,290 metros (nivelación topográfica corrida desde Veracruz).

La noche del 3 de enero de 1920, fué registrado por los sismógrafos de la Estación Central el terremoto que nos ocupa, como un macrosismo del grado III-IV, que fué sentido por la mayoría de los habitantes de la población, aunque con menos intensidad de la que tuvo en la ciudad de México; porque en las colinas de Tacubaya los choques sísmicos son menos enérgicos que en el fondo del Valle. La onda de llegada fué impetuosa y se registró a las 21h., 48m., 63s., (tiempo medio de Tacubaya), o sea a las 4h., 24m., 50s., del día 4 en tiempo medio de Greenwich. Los instrumentos que la registraron fueron el gran péndulo horizontal de 17 toneladas del doctor Wiechert, los péndulos horizontales de 200 y 125 kilogramos del mismo autor, los Bosch-Omori de 10 kilogramos, y los verticales de 80 y 1,300 kilogramos.

Primer impulso.—Fué claramente definido, los instrumentos horizontales se desalojaron bruscamente hacia el NE. (casi al E.); el suelo se movió al SW. (casi al W.); los instrumentos verticales acusaron un choque inicial dirigido de abajo hacia arriba (+ Z), por lo que la onda de llegada fué de *compresión* o *externa,* esto es, el primer impulso fué *desde el epifoco* (el esque-

ma de la figura 3, lámina III-B da idea del funcionamiento de los péndulos horizontales de la Estación Central a la llegada de la primera onda).

Longitud de las ondas de la primera fase.—En el péndulo de 17 toneladas (componente N—S), se registraron 13 ondas longitudinales que forman la fase L—P, con duración de 24 segundos, la componente registró aún durante 8 segundos más, quedando fuera de servicio por la violencia de las ondas superficiales. La primero onde de la fase L—P, fué rápida, T=1 segundo, presenta un ripple en su primer cuarto. El período medio de las ondas L—P, fué de 1s, 85; y aceptando la velocidad de 6.1 Km. para las ondas, P_1, según el valor encontrado por K. Haussmann, dentro de los 250 Km. en derredor del epifoco, resulta para la longitud de las ondas P_1:

$$\lambda = vT = 6.1 \times 1.85 = 11,285 \text{ metros.}$$

El registro de la componente E-W, fué muy deficiente y sólo pudo aprovecharse la dirección del primer impulso.

Fase L—P. Con el fin de calcular la distancia epicentral, promediamos la duración de la fase L—P en los registros de los sismógrafos pequeños de la Estación Central:

Instrumento y componente	L — P Segundos	Δ Km. al Epifoco
Wiechert.		
200 Kgs. NS.....	24	212,48
„ „ EW.....	24	212,48
125 „ NS.....	25	219,75
„ „ EW.	27	234,39
Bosch-Omori.		
10 Km. NS.....	27	234,29
„ „ EW.....	27	234,29
Sumas.....	154	1,347,58
Promedios.....	25,6	224,59

Aceptamos para Δ el valor de 225 kilómetros. El péndulo vertical de 80 kilogramos, dió L—P =28 segundos. La misma fase en el registro del vertical de 1,300 kilógramos, es dudosa.

Determinación de las coordenadas del epifoco.—(Método del Príncipe Boris Galitzin).

Sabiendo que la primera onda longitudinal fué de compresión por el signo positivo de Z, y que el impulso fué por eso mismo externo, el epifoco debió haber quedado dentro del cuadrante NE. Siendo sensiblemente iguales las constantes de ambas componentes horizontales en cada uno de los sismógrafos, calculamos el azimut con las lecturas directas del sismograma en cada instrumento, tanto más, cuanto que la emergencia del choque inicial fué tan enérgica, que prácticamente anuló las pequeñas diferencias que pudieran haber existido entre dichas constantes. Encontrando para el sismógrafo de 17 toneladas:

$$\text{tg. } i = \frac{A_E}{A_N} = \frac{66,00}{5,75} = 11,4783 = \text{tg. } 85° 01'. \text{ De donde el azimut es: N. } 85° 01' \text{E.}$$

Respecto de los demás instrumentos horizontales, obtuvimos los siguientes resultados, que después promediamos:

Wiechert.: 200 Kgs.: $\text{tg. } i = \frac{3.6}{0.2}$ 18.0000 = tg. 86° 49′

„ 125 „ : $\text{tg. } i = \frac{6.5}{0.3}$ 12.3333 = tg. 87° 18′

B.-Omori. 10 „ : $\text{tg. } i = \frac{5.0}{0.4}$ 12.5000 = tg 85° 25′

Promedio del azimut: N. 86° 30′ E.

El cálculo de las coordenadas se hizo utilizando los siguientes datos: Tacubaya: $\lambda = 99° 12'$ W. de Greenwich; $\varphi = 19° 24'$ N.; $\Delta = 225$ Km.; Az = N. 86° 30′ E.; y fueron éstas, que comparamos con las del Cofre de Perote y las del Pico de Orizaba: (véase Lám. I.-B.)

Lugar	Latitud	Longitud	Observaciones
Epifoco (I).....	19°32′ N.	97°03′ W.	(Lámina II.—B; figura 5)
P. de Orizaba.....	19°02′ N.	97°16′ W.	Estas posiciones están determinadas por la Comisión Geográfica Exploradora.
C. de Perote.....	19°30′ N.	97°08′ W.	

Estos resultados indican que el epifoco debería estar más o menos a 11 Km. al NE. del Cofre de Perote, muy cerca de Jalapa y a 29 Km. (ca) del centro de la isoseista XI., trazada en vista de las observaciones macrosísmicas sobre el terreno (Lám. I.-B). Este error que no sale de los límites de la tolerancia, encierra para nosotros útiles enseñanzas.

La Estación Central tiene la obligación, por cierto justamente establecida, de proporcionar a la mayor brevedad posible, las coordenadas del epifoco de cualquier macrosismo vecino, antes de recibir telegramas de las estaciones foráneas o de la región epicentral. En el supuesto de que se cuente con los datos indispensables para aplicar el método del Príncipe B. Galitzin, estos datos son: distancia epicentral, signo de Z., desviación inicial del suelo y azimut del epifoco. ¿Debe exigir la curiosidad pública, que siempre está ávida de noticias, que se festine un trabajo delicado? Creemos que no y mucho menos sensato es el propalar la idea de que los temblores de tierra pueden pronosticarse. Aún la lectura de los sismogramas, ofrece dificultades que pueden orillar a error, porque es más fácil la distinción de los intervalos L—S y S—P en el registro de un telesismo a más de 5,000 Km., dado que la diferenciación de las ondas se hace más clara con la distancia, tal como si el interior terrestre obrando como un prisma, separase por su interposición las ondas que lo atraviesan, según su orden de refrangibilidad; y a mayor masa de medio refringente corresponde una separación más definida de los grupos de ondas que emergen en la estación de observación, es decir, las ondas se clasifican por sí mismas. Tratándose de terremotos vecinos, especialmente entre 100 y 500 Km., no son siempre iguales las dificultades que ofrece su interpretación; en estos registros interviene mucho la intensidad del movimiento; fijar la duración de la fase L—P en el sismograma de un temblor intenso y cercano es tarea difícil: las ondas longitudinales presentan amplitudes exageradas; entre el período de ellas y el de las ondas L, no hay diferencia apreciable, el punto crítico se marca por la interferencia de los grupos de ondas, es decir, sin terminar la emergencia de las ondas P, se verifica la llegada de las ondas L, y la mezcla de ambas determina por lo general una suspensión casi instantánea (igual al período de las ondas), de las oscilaciones del péndulo, como si éste tratase de reaccionar para dejarse llevar por las más enérgicas. El problema es fijar este punto crítico, sin recurrir muchas veces al cambio de período y amplitud que deben corresponder al principio de la fase L, como sucede con un microsismo instrumental, en el que la transición de una fase a otra se caracteriza por los elementos de onda diferentes. El observador en caso de duda acerca de la duración de L—P, en el registro de un megasismo, debe consultar los choques microsísmicos anteriores y posteriores al movimiento principal, descubrir si hay entre ellos, algunos cuya fase P, sea constante, ya sea en el diagrama que retiró del sismógrafo o en el que a continuación reciba los trazos del instrumento; recurrir también a la carta sísmica del país y al catálogo de macrosísmos para asegurarse de la mayor o menor certidumbre que tiene su lectura en el registro del megasismo que estudia. Es así como procedimos en el caso del terremoto de Acambay-Tixmadejé, ocurrido a 125 Km. al N. 58° W. de Tacubaya el 19 de noviembre de 1912. Este papel auxiliar de los choques anteriores y de los recurrentes, es muy importante y permite asegurar la distancia epicentral con mucha aproximación. Se ne-

cesita criterio para seleccionar entre los distintos microsismos que acompañan al megasismo, cuáles provienen del mismo foco o de sus cercanías, porque los temblores de *relais* o simpáticos que se presentan algunas veces, como ha sucedido con el terremoto del 3 de enero, tienen sus epifocos a distancias considerables del foco principal que los hizo entrar en actividad, y pueden conducir a una equivocación.

Hemos señalado las dificultades en la lectura del diagrama de un megasismo cercano y la manera de vencerlas; pasemos ahora a las causas de error en la determinación del azimut del epifoco.

Entre las condiciones que debe tener el sismógrafo horizontal, se cuenta como esencial la independencia de las dos componentes rectangulares, esta independencia material tiene un límite como es natural, esto quiere decir que no es absoluta; si suponemos un rayo sísmico longitudinal, cuya proyección horizontal coincida con la línea EW., que pasa por la estación sismológica al llegar el impulso accionará a la componente EW., que registrará una amplitud mucho mayor que la que corresponde a la dirección NS., que teóricamente debería ser nula; de aquí resulta que la relación: $\text{tg.i} = \frac{A_E}{A_N}$, tiende al infinito, porque $\text{tg.}90^\circ = \infty$. Esto significa en la práctica que en las cercanías de las direcciones principales: NS. y EW., como los valores de la tangente cambian muy rápidamente en relación con las variaciones angulares del azimut, resultará mayor incertidumbre en el cálculo que si el rayo incidente llega en las cercanías del plano bisector de ambas direcciones. Se cometerá menor error al calcular el rumbo de un epifoco en el segundo que en el primer caso. Para corregir estos eventos posibles, deben orientarse de distinta manera los sismógrafos que funcionan en la Estación Central. Actualmente, todos están orientados según la meridiana y la línea EW.; debemos tener alguno cuyas componentes correspondan a las direcciones intermedias; así como contamos con una escala de distintas sensibilidades en los diferentes instrumentos, es indispensable también orientarlos de tal manera, que uno u otro reciba el rayo en las condiciones más favorables para disminuir en lo posible el error en el azimut. Precisamente, en el terremoto del 3 de enero la separación entre el epicentro localizado por el método del Príncipe B. Galitzin y el epicentro real del movimiento, según las observaciones sobre el terreno, se debe a un error de azimut, pues el que se cometió en la distancia epicentral no tiene importancia; y ya se vió que el primer impulso emergió con una dirección que difiere poco de la línea EW.

Fases del movimiento.—Como estos datos constan en el catálogo de la Estación Central, aquí sólo daremos a conocer el análisis de los registros del sismógrafo horizontal Wiechert de 200 kilogramos; por la misma razón no consignaremos las fases de los choques anteriores recientes del mismo foco y de los choques subsecuentes, cuando a estos movimientos nos refiramos.

Constantes del instrumento: $T_0 = 5^s$.; $V = 80$; $e = 5:3$. (ambas componentes).

INSTRUMENTO			Carácter.	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH					FIN	Máxima		△ Km.
Autor	Masa.	Comp.		O.	P_I.	L.	M.	C.		A.	T.	
				h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.			
Wiech.	200 Kgs.	N.-S.	III_v	4 24 19	4 24 51	4 25 15	4 25 30	4 36 06	4 49 16	50	3	212.5
„	„	E.-W.	„	4 24 18	4 24 50	4 25 14	4 25 32	4 34 32	4 49 16	60	3	212.5

A es la semiamplitud de la onda máxima y como los instrumentos fueron afectados en su funcionamiento normal por la violencia del sacudimiento, omitimos el cálculo de la aceleración máxima. El error cometido en tiempo es ± 1 segundo.

2.—*Estación sismológica de Oaxaca, Oax.*—Coordenadas: $\lambda = 96^\circ\ 42'\ 33''$ W. de Greenwich; $\varphi = 17^\circ\ 01'\ 14''$ N.; altura sobre el nivel del mar:

1,571 metros. (Estación de segundo orden). Dotación de instrumentos: un sismógrafo horizontal Wiechert de 200 kilogramos y un vertical de 80 kilogramos del mismo autor.

Los sismogramas que proporcionaron los instrumentos de Oaxaca, pueden calificarse de excelentes, son los registros característicos del tipo de macrosismo cercano. Desgraciadamente las tiras llegaron a nuestro poder mutiladas y el tiempo suministrado a los sismógrafos, está afectado de un error desconocido. Por esta circunstancia nos vemos imposibilitados para dar a conocer las fases del movimiento, pues ninguna utilidad reporta su conocimiento. Hemos medido los intervalos que a cada fase corresponden y son los siguientes:

$$(L - P)_N = 29 \text{ segundos}; \ (L - P)_E = 29 \text{ segundos}; \ (M - L)_N = 12 \text{ segundos};$$
$$(M - L)_E = 10 \text{ segundos}; \ (C - M)_N = 6^m.12^s; \ (C - M)_E = 6^m.25^s.; \ (F - C)_N = 27^m.08^s;$$
$$(F - C)_E = 27^m.23^s.$$

Semi-amplitudes y períodos de la onda máxima en ambas componentes: NS.: A m.m.=59.; T segs=3.; EW.: A m.m.=59, 5; T segs=3. Distancia epicentral: 249 Km.

La tira del sismógrafo vertical llegó en las mismas condiciones, los intervalos son:

$$(L - P) = 30 \text{ segundos}; \ (M - L) = 20 \text{ segundos}; \ (C - M) = 3^m.45^s.; \ (F - C) = 19^m.52^s$$
$$A = 39{,}5^{mm}.; \ T = 4 \text{ segundos; distancia epicentral: } 256 \text{ Km.}$$

El principio fué impetuoso. Se desconocen las constantes instrumentales, excepción de la amplificación que era de 80 veces para las tres componentes.

Aplicación del método del Príncipe Boris Galitzin.—El suelo fué impetuosamente movido hacia el SE. y el sismógrafo vertical acusa un impulso inicial dirigido de abajo hacia arriba (+Z), por lo que la onda de llegada fué de compresión o externa y el epifoco quedó al NW. de Oaxaca; hechas las medidas del primer choque, resulta: $\text{tg.i} = \frac{A_w}{A_n} = \frac{1.5}{6_o} = 0.2500 = \text{tg. } 14° \ 0.2'$; por lo que el azimut es: N. 14° 02′ W. Haciendo uso de la distancia epicentral de 249 Km., situamos el epifoco gráficamente con los datos de la estación de Oaxaca en el punto II, de la lámina II-B, figura 5., cuyas coordenadas son: $\varphi_{II} = 19° \ 14'$ N.; $\lambda_{II} = 97° \ 18'$ W. de Greenwich. El punto así determinado, viene a quedar entre el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba, por su latitud; pero su longitud está afectada de un error que se cuenta al E. del epifoco real del terremoto; lo que quizá se debió a un rozamiento de los émbolos de los amortiguadores del sismógrafo horizontal de Oaxaca, que se descubrió posteriormente en una visita de inspección a esa estación.

Las ondas P_1 fueron muy amplias, tuvieron un período de 2 segundos; la que se registró en segundo lugar fué muy intensa e igualó en amplitud a las ondas L, en la componente NS.

A los 24 minutos, 11 segundos del principio de las ondas P_1, se registró el primer choque subsecuente del terremoto, bajo la forma de un microsismo instrumental cuyas ondas se sobrepusieren en las de la coda del registro principal que todavía no terminaba; este after-shock, fué registrado también como del mismo foco en la Estación Central a los 24 minutos, 16 segundos de la llegada de la primera onda a Tacubaya. Estos intervalos deberían ser iguales, si consideramos que fué igual la velocidad de las ondas P_1 en el terremoto y en el choque que le siguió, y si fué el mismo el foco de vibración; como hay una diferencia de 5 segundos, es probable que el reloj de la estación de Oaxaca, haya tenido un error de 4 segundos, porque la prefase para el after-shock en Oaxaca, mide 30 segundos en vez de 29 que corresponden a la fase (L—P) del movimiento principal. En los diagramas procedentes de Oaxaca se presentan dos choques subsecuentes, microsísmicos, además del que ya hicimos notar; en todos la duración de la fase (L—P) es de 30 segundos. Esto demuestra que las vibraciones procedan del mismo foco de extremecimiento, es decir, que prácticamente no hubo "migración

del foco;" hecho que comprueban los registros de los choques recurrentes obtenidos en la Estación Central; en los que, como se verá después, los valores del intervalo (L—P) variaron dentro de límites muy restringidos. Esto no sucedió con los choques subsecuentes del terremoto de Acambay-Tixmadejé, del 19 de noviembre de 1912, varios segmentos de la falla sismotectónica entraron sucesivamente en acción, convirtiéndose en nuevos focos de vibración, que se acercaban o alejaban al E. y al W. del primitivo foco del sacudimiento.

Antes de registrarse el terremoto de Chilchotla-Patlanalá en los diagramas de Oaxaca, los instrumentos registraron un microseismo local característico de la región, pues son abundantes los registros de este tipo en la Estación de Oaxaca; la prefase duró 11 segundos y le corresponde una distancia epicentral de 82 Km.

3.—*Estación Sismológica de Jalapa, Ver.*—(Provisional.) Coordenadas: λ =96° 54′ 49″ W. de Greenwich: φ = 19° 31′ 35″ N.; altura sobre el nivel del mar: 1,427 metros.

Dotación de instrumentos: un sismógrafo vertical Wiechert de 80 kilogramos.

La estación de Jalapa comenzó a prestar sus servicios algunos días después del terremoto del 3 de enero, en vista de la necesidad de registrar los choques recurrentes en los límites de la área megasísmica. Como no se tenía en disponibilidad otro instrumento más apropiado, se instaló un sismógrafo vertical de 80 kilogramos tipo Wiechert, en una pieza baja de la Escuela Industrial de señoritas en Jalapa.

Actualmente se ha quitado de ese lugar el instrumento para que forme parte de la dotación de una estación de segundo orden, que funcionará dentro de poco tiempo en el puerto de Veracruz, conforme a un proyecto de localización de las estaciones que forman el Servicio Sismológico Nacional, cuya reorganización y mejoramiento sobre bases verdaderamente racionales, es objeto preferente de la atención del actual director del Instituto Geológico de México.

Los after-shocks registrados en Jalapa, fueron poco numerosos, no tiene interés presentar una lista de ellos, porque ninguna ley preside a su presentación en el tiempo; pertenecen al tipo general de domésticos o locales, todos microsísmicos y no se pueden relacionar con los registros de las estaciones de Tacubaya y Oaxaca que no recibieron esos movimientos, porque provinieron de un foco demasiado superficial.

Del 21 al 24 de enero fueron registrados tres movimientos del mismo foco.

El día 21 por la noche (el diagrama no tiene tiempo) se registró con la fase (L—P)=5 segundos, que da una distancia epicentral de 37,4 Km. Su duración fué de 4 minutos 12 segundos; la semiamplitud de la onda máxima mide 5 milímetros y el período T=1,2 s. La onda de llegada fué de dilatación (—Z).

El día 22 por la noche a las 10h. 05 minutos (ca) (el diagrama no tiene tiempo), se registró un microsismo. (L—P)=4,6s., de donde la distancia epicentral es de 34,4 Km. Duración 3 minutos: A=21 m.m.; T=1 seg. no se distingue el signo del primer impulso.

La noche del 23 de enero a las 11 h., 15 m. (ca), se registró un microsismo: (L—P) =3 s., por lo que la distancia epicentral es de 22,4 Km.; duración 1 m. 30 s.; A=0,5 m.m.; T=1 seg. (?). No se distingue el signo del primer impulso.

Promediando los intervalos leídos en los anteriores registros, obtenemos (L—P)=4,2., que da una distancia epicentral de 31,4 Km.

Después de estos movimientos los registros fueron cada vez más raros. Sin embargo, dada la constancia de las fases (L—P) observadas en Tacubaya y en Oaxaca, que demuestran que el foco no se ha desalojado mucho a lo largo del accidente tectónico que lo produjo, hemos utilizado las indicaciones del sismógrafo de Jalapa para hacer una localización "retrospectiva" del epifoco

del 3 de enero por el método elemental de intersecciones, obteniendo gráficamente el punto III de la figura 5, lámina II.-B; cuyas coordenadas son: $\varphi_{III} = 19° 16'$ N. y $\lambda_{III} = 97° 05'$ W. de Greenwich. Las coordenadas del epifoco real localizado por las observaciones macrosísmicas sobre el terreno son: $\varphi_0 = 19° 17'$ N. $\pm 1'$ y $\lambda_0 = 97° 09' \pm 2'$.

Los puntos I y II de la figura 5, lámina II-B, se obtuvieron aisladamente por el método del Príncipe B. Galitzin para las estaciones de Tacubaya y de Oaxaca.

Empleando el método de intersecciones, sin recurrir a ningún procedimiento tendente a forzar favorablemente los resultados de las observaciones instrumentales, hemos obtenido un punto, el III, dentro de la isoseísta XI (lám. I.-B), *que casi coincide con el centro de gravedad de esta área, lugar ocupado por la falla de Ocoxochocan.* Para tener a la vista estos resultados de las observaciones microsísmicas y relacionarlos con las observaciones macrosísmicas sobre el terreno, que constan en la TERCERA PARTE de esta memoria, hemos formado el siguiente cuadro, refiriendo las localidades a los dos puntos más notables del relieve en la región extremecida el 3 de enero de 1920.

LOCALIDAD	Latitud	Longitud	OBSERVACIONES	METODO
I.....	19°32'N.	97°03'W.	Tacubaya, Est. Central.....	B. Galitzin.
II.....	19°14' ,,	97°18' ,,	Oaxaca, Oax	,, ,,
III.....	19°16' ,,	97°05' ,,	Tacubaya, Oaxaca y Jalapa.	Intersecciones.
Falla de Ocoxochocan..	19°17' ,,	97°09' ,,	Observaciones de campo.	
Cofre de Perote	19°30' ,,	97°08' ,,	Comisión Geográfica Expl.	
Pico de Orizaba..	19°02' ,,	97°16' ,,	,, ,, ,,	

Desgraciadamente no pudimos utilizar los diagramas de la estación de segundo orden de Mazatlán, Sin., porque los sismógrafos estaban en malas condiciones y el instrumento horizontal marcó una prefase que no correspondió absolutamente a la distancia epicentral.

4.—Registros de los choques anteriores, recientes del mismo foco.—No hay duda de que el área epicentral del 3 de enero pertenece a una región sísmica ya reconocida como tal, por sus movimientos anteriores, cuidadosamente recopilados y consignados en las efemérides sísmicas mexicanas del señor don Juan Orozco y Berra.

En la carta sísmica de la República Mexicana, publicada en 1892 por el Conde F. de Montessus de Ballore, se incluye la región que estudiamos (San Andrés Calchicomula-Jalapa), dentro de una extensa área que llega por el S. hasta el litoral de Oaxaca, área que por su sismicidad se coloca en segundo lugar, entre todas las regiones sísmicas de nuestro país, ocupando el primero el Estado de Guerrero.

Aquí nos referiremos únicamente a los choques premonitores que tuvieron una relación bastante íntima con el terremoto del 3 de enero. Los vecinos de Saltillo Lafragua y los de Chilchotla, recordaban después de la catástrofe del 3 de enero, que 2 meses antes se habían dejado sentir repetidos temblores en esas localidades, produciendo la alarma de las poblaciones por la frecuencia con que se sucedían y la intensidad de algunos de ellos. Este período sísmico se inició poco después del mediodía del primero de noviembre de 1919 y terminó en la madrugada del día siguiente, sintiéndose 16 movimientos en ese lapso de tiempo. En esta forma se inició el fenómeno sismotectónico que algunos días después había de manifestarse bruscamente y con grande intensidad.

El equilibrio que buscaban las capas superiores de la corteza, principió con movimientos pequeños que no fueron suficientes para evitar otro mayor y de graves consecuencias.

El péndulo de 17 toneladas de la Estación Central de Tacubaya, registró en noviembre, del 1.° al 2, nueve de los choques de la región epicentral Chil-

chotla-Patlanalá (Estado de Puebla); aunque algunos de ellos fueron perceptibles para las personas al SW. hasta Saltillo Lafragua y al NE., hasta Jalapa.

Damos a continuación las horas de llegada de los choques premonitores (T. M. G.) a la Estación Central, los intervalos L—P, las distancias epicentrales y el carácter de los movimientos por su aspecto en los diagramas. (Las fases constan en el catálogo de la Estación Central.)

NOVIEMBRE — 1919	Componente	P. T. M. G.	L.-P. Segundos	Kilómetros	Carácter
		h. m. s.			
1º	N.-S.	19 35 06	26	227	II_v
,,	E.-W.	19 35 05	25	220	,,
2	N.-S.	1 42 51	25	220	III_v
,,	E.-W.	1 42 51	24	212	,,
,,	N.-S.	1 49 32	25?	220	I_v
,,	E.-W.	1 49 32	26?	227	,,
,,	N.-S.	2 16 34	26?	227	,,
,,	E.-W.	2 16 34	25?	220	,,
,,	N.-S.	3 01 22	26	227	,,
,,	N.-S.	3 14 54	24?	212	,,
,,	N.-S.	3 19 58	22?	198?	,,
,,	N.-S.	3 47 27	28?	252?	,,
,,	N.-S.	8 14 32	Apenas visible.		

Nuestros últimos registros son ligeramente perceptibles en los diagramas. Los choques del primero al dos de noviembre, no fueron registrados por ningún otro instrumento.

Nótase la constancia de la duración de la fase (L.—P.) que se ha mantenido la misma para el registro del choque megasísmico del 3 de enero de 1920 y para los choques recurrentes.

En virtud de que la región Saltillo Lafragua, Cosautlán, no tiene vías de comunicación (falta servicio postal y telegráfico en Chilchotla, Quimixtlán, Patlanalá, Camuxapa y Barranca Grande), la Estación Central no tuvo conocimiento de los movimientos sentidos con tanta frecuencia en esa zona en el mes de noviembre de 1919; es seguro que debido a este aislamiento no se hayan tenido noticias anteriores de otros choques sísmicos de la misma región. En la carta sísmica de la República que ha estado en formación desde el año de 1909 en la Estación Sismológica Central de Tacubaya, anotamos en el año de 1911 algunos focos sísmicos cercanos a la zona epicentral que nos ocupa, por noticias telegráficas recibidas de Huatusco y Coscomatepec, Ver.

5.—Choques recurrentes registrados en la Estación Central.—Los movimientos sísmicos que siguieron al terremoto del día 3 de enero, no fueron numerosos si se compara ese período de inquietud, con el que ha seguido a otros megasismos. Durante las dos primeras horas que siguieron al choque principal, fueron incontables los sacudimientos en los lugares cercanos al epifoco. Por eso al preguntar a uno de los nativos de Chilchotla algo acerca de la duración del movimiento, dijo: "que había temblando durante dos horas." Esta frecuencia decreció rápidamente durante los primeros días y después fueron escasos los temblores, que siempre estuvieron acompañados de ruidos subterráneos y seguidos de los que producían los nuevos derrumbes en las montañas, cuyo material superficial removido y fracturado había quedado en malas condiciones de estabilidad. La Comisión del Instituto Geológico que visitó la zona epicentral a mediados del mes de marzo, no tuvo ocasión de sentir ningún movimiento sísmico en 10 días de permanencia; sólo se oyeron algunos ruidos subterráneos en Chilchotla.

El período sísmico que despertó el terremoto de Acambay-Tixmadejé en 1912, se prolongó por más de un año y la frecuencia sísmica decreció con lentitud; pero en este terremoto, el equilibrio se restableció con mucha mayor rapidez. Uno que otro temblor se dejó sentir hasta mediados de marzo. La Estación Central registró algunos de los más intensos que siguieron al movimiento principal dentro de las primeras 48 horas en que aquél ocurrió.

Los after-shocks que acompañan a un terremoto, son interesantes para el estudio en el terreno y para el sismográfico, por las razones siguientes:

1.ª La variación de la duración del intervalo (L—P) puede servir para demostrar la migración del foco dentro del accidente tectónico que produjo el terremoto; y por tanto se pueden fijar las dimensiones de él o por lo menos las de su proyección en el terreno, como lo hemos hecho en el presente caso.

2.ª Facilita el trabajo del sismologista y le sirven de comprobación para adquirir seguridad sobre la lectura de la fase L—P. en el sismograma principal.

3.ª Si con el transcurso del tiempo los choques subsecuentes van teniendo una área macrosísmica más y más limitada, significará que los nuevos focos de sacudimiento son cada vez más superficiales.

4.ª Si el período sísmico formado por los after-shocks es largo y la frecuencia sísmica decrece conforme a una ley más o menos conocida a la que pueda asimilarse la curva del período de inquietud, será posible, dentro de límites restringidos y en el terreno de la probabilidad, pronosticar el tiempo en que estas sacudidas deberán desaparecer de la área epicentral.

5.ª El estudio dentro del área epicentral, haciendo uso de tromómetros apropiados, dará mucha luz sobre la localización más aproximada de los focos de estremecimiento y de su profundidad; y si las observaciones son numerosas pueden formarse las ecuaciones para calcular en lo sucesivo distancias epicentrales en las que intervengan las constantes más aproximadas en vista de la densidad y elasticidad de las rocas que forman el medio trasmisor de las ondas en el área epicentral.

En la zona que estudiamos decreció rápidamente la frecuencia sísmica, lo que significa que el movimiento máximo del 3 de enero restableció el equilibrio de una sola vez en las capas estructurales que sirven de soporte al compartimiento de la corteza en que se encuentra el epifoco.

Hemos utilizado los diagramas que trabajaron en la Estación Central inmediatamente después del terremoto y hemos construído la discontinua de la Fig. 4, Lám. III.-B., que contiene 14 movimientos posteriores al terremoto. Este está representado por la línea gruesa y entre los que le siguen debemos distinguir: 1.º *las réplicas o sismos reflejados desde el anti-epicentro* y cuya periodicidad obedeció bastante bien a la ley establecida por el sabio profesor don Emilio Oddone. La Estación Central registró tres que se representan en la discontinua de Gredner (Lám. III-B., Fig. 4) por ordenadas llenas de 5 centímetros de longitud; y marcadas con (R) en sus extremos; los intervalos de tiempo que mediaron entre el choque principal y cada dos de ellas fueron los siguientes: $P(R)_1$—P(principal)= 35m., 14s.; $P(R)_2$—$P(R)_1$= 38m., 39s.; $P(R)_3$—$P(R)_2$= 32m., 11s. Estos intervalos tienen por promedio: 36m., 41s.; y este retardo de 2m., 41s., con respecto a la constante sísmica descubierta por el señor profesor Oddone puede explicarse por nuestra distancia epicentral (225 Km.) o por las perturbaciones que ocasionaron las ondas directas procedentes del mismo foco sobre las ondas reflejadas desde el anti-epicentro.

2.º Constan en la discontinua que presentamos, los choques subsecuentes o recurrentes propiamente así llamados, representados por ordenadas llenas de 2 cm. de longitud. 3.º Un temblor de "relais" o simpático, que se presentó a las 5h., 03m., 04s. (T. M. G.), del tipo doméstico, cuyo epifoco estuvo a 22 Km. de la Estación Central de Tacubaya y que fué sentido en esa ciudad, en la de México y en la población de San Angel, D. F., como macrosismo del grado IV y de breve duración, se representa en la figura citada por una ordenada puntuada. En diez horas fueron registrados 14 choques por el péndulo de 17 toneladas:

Número progresivo	P.	L—P	Kilometros	OBSERVACIONES
	T. M G.	Segundos		
1	4 49 06	?	?	
2	5 00 04	27	234.29	Réplica $(R)_1$
3	5 03 04	3	22.44	¿Del Ajusco?
4	0 13 04	?	?	I_V
5	5 38 43	?	?	Réplica $(R)_2$
6	6 04 45	?	?	I_V
7	6 10 54	26,5	230.68	Réplica $(R)_3$
8	7 23 10	26	227.02	I_V
9	8 36 58	26,7	232.11	I_V
10	8 44 21	?	?	I_V
11	8 57 19	28,5	245.20	I_V
12	10 06 51	26	327.02	II_V
13	10 39 58	26,5	230.08	I_V
14	13 20 39	26	227.02	II_V

Después se registraron otros 3 choques en el péndulo de 17 toneladas, el primero, a las 18h., 27m., 59s. (T. M. G.), del día 4, su prefase fué de 25 segundos, que corresponde a una distancia epicentral de 219,75 Km.; es un microsismo de fases bien definidas; los otros 2 ocurrieron el día 5 de enero a las 3h., 46m., 42s., y a las 7h., 15m., 00s. (T. M. G.), siendo sus prefases de 26 segundos y de 27,5 segundos y sus distancias epicentrales respectivas de 227,02 y 234,29 Km.; estos movimientos fueron apenas perceptibles en el diagrama. Así se cerró el registro de after-shocks en la Estación Central.

Posteriormente, el 28 de agosto de 1920, la Estación Central registró un microsismo a las 10h., 14m., 27s. (T. M. G.), cuya prefase fué de 26,5 seg. y su distancia epicentral de 230,68 Km.; este terremoto fué sentido con violencia en la región epicentral del 3 de enero. Particularmente hemos obtenido informes por vecinos de Saltillo Lafragua, de que no han cesado desde enero, los movimientos sísmicos. En Chilchotla y en Patlanalá han sido frecuentes los ruidos subterráneos. En el Valle de Chilchotla, los temblores recientes de junio y julio del año actual, han producido el alumbramiento de aguas subterráneas; y se nos ha asegurado que al pie de las montañas se han formado ciénegas.

B.

Observaciones instrumentales extranjeras

Deseando el señor Director del Instituto Geológico de México, que la información acerca de este terremoto fuese lo más completa que se pudiera hacer, solicitó de los señores directores de los observatorios e instituciones oficiales y privadas que se ocupan de las observaciones sísmicas, sistemáticas, datos acerca de los registros que hubiesen obtenido con motivo de esta perturbación. Han llegado a nuestro poder los datos de cinco estaciones extranjeras: Spring Hill College, Mobile, Alabama; St. Louis University, St. Louis, Mo., George Town University, Wáshington, D. C.; Harvard University, Cambridge, Mass; y Ottawa, Dominion Observatory. Los datos son muy escasos, y no es que haya sido desairada su solicitud, sino que una característica del sacudimiento del 3 de enero, fué precisamente la de que sus ondas no se propagaron demasiado lejos del epicentro. En cartas muy atentas, los señores directores de algunas instituciones, manifestaron que sus instrumentos no habían registrado el terremoto; mencionaremos entre estas cartas las siguientes: del señor doctor don Eduardo Fontseré, Director del Observatorio de Fabra, Barcelona, quien hace notar que tampoco se registró en ninguna de las estaciones españolas; del señor Director de la Weather Bureau, Central Office de Manila, Islas Filipinas, profesor don Miguel Saderra y Masó S. J.; del señor Director del

Observatorio de la Plata, profesor don J. Aguilar; del señor Director del Observatorio Nacional del Río de Janeiro, Brasil, don Henrique Morez; del señor Director de la Huaptstation Fõr Erdbebenforschung am Physikalischen Stats-Laboratorium zu Hamburg, profesor y doctor R. Schütt, quien dice que el temblor mexicano proporcionó un registro demasiado débil, las estaciones italianas no lo registraron. Esto constituye una prueba de que el foco del terremoto fué muy poco profundo, además de las que presentaremos en la tercera parte de esta memoria. Daremos a continuación los datos de las cinco estaciones mencionadas en primer lugar, transcribiendo algunas de las opiniones autorizadas que emiten acerca de los registros los distinguidos sismologistas: J. B. Woodworth, F. A. Tondorf S. J. y Cyril Ruhlmann S. J.

1.—SPRING HILL COLLEGE, MOBILE ALABAMA

Coordinadas, latitud 30° 41′ 44″ N.; longitud 88° 08′ 46″ W. de Greenwich. Altura sobre el nivel del mar, 60 metros. Instrumento: Wiechert 80 kilogramos. (La componente NE. no está amortiguada.)

ENERO 1920	FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREEENWICH			Fin	Amplitud T.			Km.
	Pe.	S ó L	M.		E.	N.	S.	
4	h. m. s. 4 26 48	h. m. s. 4 29 14	h. m. s. 4 29 18	h. m. s. 4 43 00	5.3	5.3	3.5	1,410?

"De México: registro peculiar. Período corto; PS. tienen el mismo período (3.5); intervalo S—P muy corto; falta L; E. amortiguada; N. sin amortiguamiento, dieron registros idénticos, parecen ser una superposición de ondas P. de diferentes choques."

Director *Cyril Ruhlmann S. J.*

El señor Ruhlmann manifiesta además, que la distinción de P. y S. es muy clara, siendo la misma la lectura sobre ambas componentes, aunque la N.—S. no estaba amortiguada, lo que se explica por el período demasiado corto de las ondas. Después añade, y esto es importante para nosotros, "los temblores mexicanos me dan muy raras veces una distinción entre S. y L. ¿es esto porque entre nosotros no hay otra cosa que agua?"

Esta misma dificultad la hemos experimentado en la Estación Central de Tacubaya, cuando se registran movimientos de la América Central, cuyas distancias epicentrales oscilan entre 1,000 y 2,000 Km. y en estos casos, el medio trasmisor de las ondas no es siempre el fondo del Océano, sino el banco continental; es posible que se trate de una constante desconocida entre los intervalos de emergencia de las ondas S. y de la llegada de las ondas L., lo que podía aclararse cubriendo con puntos de observación, el espacio que media entre nuestras estaciones actuales y las del país vecino, circunstancia que ya se ha tomado en consideración al discutirse un proyecto de reinstalación de estaciones sismológicas en México y que se realizará en breve.

2.—ST. LOUIS UNIVERSITY, ST. LOUIS MO.

Coordenadas: latitud 38° 38′ 17″ N. Longitud 90° 13′ 58″, 5 W. de Greenwich. Instrumento Wiechert de 80 kilogramos (astático horizontal). Tiempo medio de Greenwich.

Enero 4 de 1920.

P_n: $4^h.\ 26^m.85$ P_e: $4^h.\ 26^m.85$
S_n: $4^h.\ 30^m.65$ S_e: $4^h.\ 30^m.70$

"L no se distingue en ninguna de las dos componentes."

$M_N = 4^h.37^m,5$ $M_N = 4^h.37^m,5$

$F = 4^h.58^m$

$\Delta = 2,310$ kilómetros.

Director, *J. B. Goesse, S. J.*

3.—GEORGETOWN UNIVERSITY, WASHINGTON, D. C.

Coordenadas: latitud: 38° 54′ 25″ N.; longitud: 77° 04′ 24″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar: 42,4 metros.

ENERO 4 — 1920	FASES EN T. M. G.			FIN	Kilómetros
	Pe	S.	eL.		
	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	
Componente E.-W.....	4 27 53	4 32 52	4 35 18	5 20 00	3,230
" N.-S.....	4 27 53	4 32 46	4 35 18	5 20 00	3,140

"No se distingue M. No hubo porción principal en el diagrama."

Director, *F. A. Tondorf, S. J.*

4.—HARWARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASS.

Coordenadas: latitud: 42° 22′ 36″ N.; longitud: 71° 06′ 59″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar: 7 metros. (Amortiguamiento magnético 1½ : 1.).

"Las ondas eP. tuvieron en ambas componentes horizontales, un período de 2 segundos; las iP. de 3 segundos en la componente EW. Las S. de 6 segundos en ambas componentes; y las ondas L. de 13 segundos, así como la M. en la componente EW."

ENERO 4 — 1920	FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH					FIN	AMPLITUD		T.	Distancia epicentral
	eP.	iP	S.	eL.	M.		E.	N.	s.	
	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.					
Comp. E.-W.	4 28 37	4 28 45	4 33 56	4 37 07 ?	4 46 39	4 45 (ca.)	2.5	2.5	13	3,530 Kms.
Comp. N.-S...	4 28 40	4 28 49	4 33 56	4 37 07 ?	.....	.....	.....	.....	...	3,530 "

"Los registros fueron considerablemente perturbados por microsismos que tenían período de 6 segundos, de tal manera que la emergencia de las ondas P. fué obscura, excepto para las iP. en las que se marcó un brusco impulso y un aumento de amplitud. Se encuentra sobre ambos registros, una débil huella de pequeñas vibraciones superpuestas sobre las ondas microsísmicas y aparecen algunos segundos antes que iP. Estas pequeñas vibraciones tienen períodos de 2 segundos y son las eP." El señor profesor J. B. Woodworth en carta anterior al envío de las fases del movimiento, que ya presentamos, tiene algunos conceptos de significante importancia para la sismología: "El carácter del registro en esta estación, la de Harvard, recuerda el del temblor que destruyó Cartago de Costa Rica en 1910. Indicó una intensidad débil a la distancia, TAL ES CON FRECUENCIA EL CASO DE LOS CHOQUES FUERTEMENTE SENTIDOS CERCA DE LAS ESTRUCTURAS POCO PROFUNDAS DE UN CONO VOLCANICO."

Es muy notable el caso de que el distinguido profesor de geología de Harvard, haya penetrado tan claramente en algunas de las condiciones tectónicas y estructurales que tuvo el terremoto del 3 de enero al producirse, bastán-

dole solamente la fisonomía y la interpretación de los registros obtenidos en Harvard, mucho antes de recibir informaciones dignas de crédito sobre la naturaleza del fenómeno. Hay más todavía, al referirse a la intensidad del megasismo, recuerda la catástrofe de Cartago de Costa Rica y ya veremos en el capítulo VI de la tercera parte, que el terremoto que estudiamos se acerca más al de Costa Rica que a cualquier otro de los que se han hecho memorables en los últimos años, por lo que respecta a la energía cinética desarrollada en ambos movimientos terrestres.

En otro párrafo de la misma carta (30 de enero de 1920), el señor profesor Woodworth trata el asunto de la propagación de las ondas, como ya dijimos que lo hace el señor profesor C. Ruhlmann de Mobile, Alabama, y se expresa en los siguientes términos:

"No puedo resistir la tentación de pensar que nuestras tablas de velocidad de propagación de las vibraciones P. y S. no son correctas para los temblores mexicanos. Las vibraciones que llegaron a la estación de Harvard del temblor del 3 de enero, atravesaron la corteza, abajo del fondo del Golfo de México y por consecuencia aproximadamente bajo el eje de la cadena montañosa de los Appalaches, que recorre la parte oriental de Estados Unidos; si esta estructura afectó la velocidad de propagación a la profundidad de las trayectorias de P. y S., aparentemente aumentó la velocidad más bien que haber decrecido; y por tanto, el intervalo S—P fué más corto que el normal y la distancia epicentral dada por las tablas será demasiado corta; y finalmente, el tiempo de presentación demasiado retardado."

Es ciertamente posible que la velocidad de las ondas, al penetrar a la profundidad, en el macizo montañoso de los Appalaches, se incremente, porque el granito, gneiss, esquistos cristalinos, etc., que forman el zócalo de la cordillera, tienen mayor elasticidad que los terrenos volcánicos terciarios o que las calizas cretácicas. Finalmente, el señor profesor Woodworth localiza el epifoco del terremoto mexicano por intersección del arco que fija la distancia epicentral de 3,530 Km. con el círculo máximo que pasa por Cambridge y el Pico de Orizaba; y obtiene un punto a 40 Km. al N. 38° E. del Pico de Orizaba, es decir, señala un lugar muy próximo a Barranca Grande, Ver., dentro de la isoseista X del terremoto. (Véase la lámina I-B.)

5.—OTTAWA, EARTHQUAKE STATION, DOMINION OBSERVATORY

Coordenadas: latitud, 45° 23′ 38″ N.; longitud, 75° 42′ 57″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar: 83 metros. Enero 4 de 1920.

FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH			FIN	Distancia epicentral
*e*P.	*e*S.	*e*L?		
h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	
4 28 39	4 33 52	4 37 42	5 15 00	3,440 kilómetros.

Las ondas S. parecen contener las ondas P. de corto período de un segundo temblor superpuesto al primero. Las ondas L tuvieron un período de 15 segundos.

Director: *Ernest A. Hodgson.*

Al tratar de los registros de Spring Hill College, ya vimos que el señor Prof. Ruhlmann hace notar que parecen estar formados de ondas que provinieran de choques diferentes.

Ya para dar por terminado este capítulo y cuando habíamos perdido la esperanza de obtener mayor número de datos, recibimos el Bulletin of the Sismographic Stations of The University of California, número 19 del 29 de septiembre de este año, publicado en Berkeley, que contiene las observaciones hechas en las estaciones de Berkeley y de Lick, California.

Hemos juzgado oportuno introducir aquí los datos del catálogo de las estaciones mencionadas y la discusión que de los registros del terremoto del 3 de enero hace el Sr. Prof. Lewis A. Bond.

6.—BERKELEY STATION, CALIFORNIA

Coordenadas: latitud, 37° 52′ 15″ 9 N.; longitud, 122° 15′ 36″ 6 W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar, 85.4 metros. Las fases están dadas en Tiempo Medio Civil de Greenwich.

1920	Carácter	FASES	T. M. C. G.	T. s.	AMPLIACION			Distancia epicentral
					A_E.	A_N	A_V	
			h. m. s					
Enero 4....	III_r	O.	4 22 04	.....	.....	.....	.....	3,170 kilómetros.
„ 4....	„	$e\,P_{.N}$	4 28 18					
„ 4....	„	$e\,P_{.E}$	4 28 22					
„ 4....	„	$e\,P_{.V}$	4 28 16					
„ 4....	„	$e\,S_{.N}$	4 33 13					
„ 4....	„	$e\,S_{.E}$	4 33 11					
„ 4....	„	$e\,L_{.N}$	4 36 02					
„ 4....	„	$M_{.N}$	4 41 59	14	.....	101		
„ 4....	„	$M_{.E}$	4 41 52	10	132			
„ 4....	„	$M_{.V}$	4 41 41	10	.....	.....	53	
„ 4....	„	F.	4 05 (ca.)					

7.—THE LICK OBSERVATORY STATION, CALIFORNIA

Coordenadas: latitud, 37° 20′ 24″.5 N.; longitud, 121° 38′ 34″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar, 1,287.7 metros.

1920	Carácter	Fases	T. M. C. G.	T. S.	Amplitud			Distancia epicentral
					A_E	A_N	A_V	
			h. m. s.					
Enero 4....	III_r	$e\,P_n$?	4 29 08					
„ 4....	„	M_n1	4 38 46			21		
„ 4....	„	M_n2	4 40 56			22		
„ 4....	„	M_e	4 40 55		48			
„ 4....	„	F	4 57					

"No se registró el movimiento en la componente vertical."

"El 4 de enero un choque sísmico destructor se registró en México. Las noticias de la prensa localizaron el área de la perturbación máxima en las cercanías del volcán de Orizaba, cerca de 70 millas al W. de Veracruz. Los registros del movimiento en las estaciones de Berkeley y del Observatorio de Lick presentan algunas peculiaridades interesantes."

"En la estación de Berkeley, la energía transmitida por el choque no fué suficiente para registrarse en los diagramas del tromómetro de Omori, pero los sismogramas del vertical Wiechert y de las componentes NW. y EW. de los instrumentos Bosch-Omori proporcionaron en conjunto un registro bastante satisfactorio del temblor."

"En el momento de la llegada de las ondas P., fueron registrados algunos microsismos persistentes por las componentes horizontales. Estos no aparecieron en la vertical; y aquí se registró una excelente "emersio" de las ondas P. a las 4 h., 28 m., 16 s. Durante algunos segundos antes del movimiento, pudieron distinguirse microsismos registrados por ambas componentes horizontales. Excepto en la componente vertical, las amplitudes de las ondas P. son excesivamente pequeñas en comparación con las de las fases L. y S."

"En la componente EW. aparece a las 4 h., 33 m., 11 s., una nueva fase marcada por un incremento tanto en período como en amplitud. Una comparación con las otras componentes demuestra un cambio semejante de carácter, aunque menos claramente marcado y aproximadamente en el mismo tiempo. Esto constituye el único cambio apreciable en la naturaleza del registro antes de la llegada de las ondas largas. El cambio es por tanto interpretado como debido a la llegada de los segundos tremors preliminares."

"La única guía para determinar el tiempo de "incepción" de la fase principal se obtuvo del registro de la componente NS. En ella se presentaron las ondas de largo período a las 4 h., 36 m., 02 s., que aunque complicadas por la continuación del registro de las ondas S. por varios minutos, se incrementan bien pronto en amplitud y llegan a ser distintamente sinusoidales. La interpretación de este tiempo como el que corresponde al principio de la fase principal, está de acuerdo con la parte precedente del registro."

"En las otras dos componentes, las ondas S. ocultaron efectivamente el principio probable de la fase principal; y no es sino dos minutos más tarde con respecto al tiempo dado anteriormente para la "incepción" de las ondas L., cuando estas ondas principian a dominar en los registros."

"La máxima ocurrió aproximadamente al mismo tiempo en las tres componentes. En el momento de la máxima, las ondas fueron de un período notablemente mayor en la componente NS. que en las otras dos componentes, estas últimas tuvieron períodos iguales. El desalojamiento máximo fué un veinticinco por ciento mayor en la componente EW. que en la NS."

"Los registros de la estación de Lick fueron muy poco satisfactorios. Debido probablemente a un ajuste defectuoso de los instrumentos, fueron pobremente inscriptas las ondas y los registros son de poco valor para aprender algo de ellos."

Director: *Lewis A. Bond.*

8.—LA FASE "CERO"

Con los datos anteriores hemos determinado para cada estación la fase "cero" del terremoto, haciendo uso de las tablas del señor profesor Otto Klotz, publicadas en Otawa en 1916, y encontramos los resultados más divergentes, que nos hacen confirmar las irregularidades anotadas ya por los señores profesores Woodworth y Ruhlmann en los párrafos anteriores.

ESTACIONES	O.	P.	Kilómetros
	h. m. s.	h. m. s.	
Tacubaya, México, D. F.	4 24 18	4 24 50	212
Spring Hill Coll. Mobile, Ala.	4 23 46	4 26 48	1,400
St. Louis Univ., St. Louis Mo.	4 22 04	4 26 51	2,310
Berkeley Station, California	4 22 0'	4 28 16	3,170
Georgetown Univ., Wásh., D. C.	4 21 40	4 27 53	3,185
Harvard Univ., Cambridge, Mass.	4 21 54	4 28 37	3,530
Ottawa, Canadá	4 22 03	4 28 39	3,440?

Como se ve por los datos anteriores, las estaciones de San Louis Mo., Berkeley, Harward y Ottawa, son las que proporcionan los tiempos más aproximados para la fase "cero," de manera que la más probable será 4 h., 22 m., 01 segundos.

Con el material de que disponemos resultará infructuosa la construcción del hodógrafo, los datos son muy escasos y dentro del primer megámetro en torno del epifoco no contamos con otra estación que la de Tacubaya, precisamente dentro del espacio en donde son necesarias muchas observaciones.

9.—CONCLUSIONES SISMOGRAFICAS

a). El terremoto fué registrado por un pequeño número de estaciones, no existiendo registros de él a más de cuatro megámetros del epifoco; lo que demuestra que el foco o hipocentro fué poco profundo.

b). Dentro del área macrosísmica las estaciones de Tacubaya y de Oaxaca recibieron el choque inicial bruscamente y en la forma de una onda de compresión, dato sismográfico que unido al anterior confirma la poca profundidad del hipocentro.

c). Las ondas longitudinales que partieron del foco de sacudimiento tuvieron una longitud de 11,285 metros, dentro de los 250 Km. en torno del epifoco.

d). La localización del epifoco por el método del Príncipe Boris Galitzin, aplicado a las observaciones sismográficas de Tacubaya, estuvo afectada de un error de azimut, debido a que los sismógrafos solamente están orientados según las direcciones cardinales principales, necesitándose que algunos de ellos ocupen posiciones intermediarias para recibir el rayo sísmico en las condiciones más favorables. El mismo método aplicado a los sismogramas de la Estación Sismológica de Oaxaca, condujo a un resultado erróneo por el desajuste de los amortiguadores del sismógrafo horizontal.

e). Los intervalos L—P que correspondieron a los choques premonitores del 2 de noviembre de 1919, al choque principal del 3 de enero y a los choques recurrentes, fueron bastante concordantes para fijar la proyección horizontal del accidente tectónico que produjo el gran terremoto, demostrándose además que no hubo migración del foco. La misma constancia se observó en los registros de las estaciones de Oaxaca y de Jalapa.

f). Por el método elemental de intersecciones y dado que no hubo migración del foco, fué posible la localización retrospectiva del epifoco con resultados satisfactorios, pues coinciden las coordenadas geográficas así determinadas (Lám. 2-B, figura 5. Punto III), con las de la parte media del plano de Falla de Ocoxochocan, accidente sismotectónico que ocupa el centro de gravedad de la área pleistosística del 3 de enero.

g). En vista de que las variaciones de los intervalos L—P de los choques anteriores y posteriores al terremoto se verificaron dentro de límites muy restringidos, fijamos las dimensiones de la línea de falla que entró en actividad sismogénica; los intervalos oscilan entre 22 y 28 segundos, lo que demuestra que la dovela movida mide 45 kilómetros más o menos de Oriente a Poniente, ocupando la parte media de esta longitud la falla de Ocoxochocan.

h). El carácter de los registros obtenidos en las estaciones extranjeras, imprimen al terremoto la particularidad común de haber proporcionado sismogramas con ondas superpuestas que parecían provenir de choques distintos.

i). La dificultad para demarcar las fases S. y L. en los terremotos mexicanos cuando sus registros se hacen en estaciones situadas de 2,000 a 3,000 kilómetro del epifoco, es la misma que ya hemos observado para distinguir la llegada de las ondas S. y la de la fase principal, cuando se trata de terremotos cuyos epifocos se localizan en la América Central. Se hace necesaria la liga entre el centro de nuestro país y el N. por medio de punto de observación de que ahora carecemos para descubrir la constante que debe introducirse en las fórmulas que empleamos para calcular distancias epicentrales.

j). El momento físico en que las ondas longitudinales emergieron en el epifoco o sea la fase "cero," fué a las 4 h., 22 m., 01 s. (T. M. G.), como la más probable.

Tacubaya, D. F., 3 de octubre de 1920.

H. Camacho.—M. Muñoz Lumbier.

TERCERA PARTE

CAPITULO I

Itinerario

El 8 de marzo próximo pasado, obedeciendo instrucciones del señor Director del Instituto Geológico de México, me transladé a San Andrés Chalchicomula, Pue., acompañado del fotógrafo señor David N. Chávez y del colector de muestras señor David Enríquez R. Desde ese lugar empecé a desarrollar el itinerario prescrito y que marco en el mapa sísmico (Lám. I-B). Hice el regreso por el mismo camino, empleando trece días en el recorrido total; los lugares poblados que visité se sitúan en una línea sinuosa que vuelve su concavidad hacia el Pico de Orizaba (Lám. IV-B, Fot. 1), desde San Andrés hasta Saltillo Lafragua; y después la dirige hacia el Cofre de Perote, de Saltillo Lafragua a Jalapa, lugar que visité en un segundo viaje.

Consignaremos algunas distancias parciales entre los puntos del itinerario:

San Andrés-Tlachichuca	28	Kilómetros.
Tlachichuca-La Capilla	14	„
La Capilla-Huecapa	9	„
Huecapa-Saltillo Lafragua	5	„
Saltillo Lafragua-Chilchotla	24	„
Chilchotla-Patlanalá	12	„

El perfil de este itinerario demuestra (Lám. II-B, Fot. 1), que en un descenso suave se va desde San Andrés a Huecapa y que el perfil apenas se interrumpe por el parte-aguas de poco relieve de Tlachichuca y los cauces de los ríos Valiente y Quetzalapan, corrientes torrenciales que nacen en las estribaciones occidentales del Pico de Orizaba. De Huecapa a Saltillo comienza el ascenso por los lomeríos que se desprenden al occidente del alineamiento orográfico que va del Pico de Orizaba al Cofre de Perote y que se orienta casi de Sur a Norte. El itinerario que seguimos cruza esta cumbrera importante en el cuello denominado Puerto del Cerro de Toluca, cuya altura absoluta es de 3,070 metros. Después se inicia el descenso en muy fuerte pendiente por la cuesta del mismo cerro hasta Texcalango, pequeño valle que se forma en las vertientes orientales del alineamiento orográfico mencionado; ese valle queda limitado por los restos de diques andesíticos que el trabajo erosivo ha respetado, dejando también los testigos de un derrame de lava andesítica que cubrió ambos flancos de la cumbrera ya citada. Sigue el descenso hacia Acocomotla (Totolintla), valle más amplio que el de Texcalango; y en donde aflora el basalto negro y escoreaceo (Lám. IV-B, Fot. 2). Este valle se ve surcado al Norte y al Sur por los arroyos que inician el nacimiento del río Huitzilapa, que recibiendo arroyos de importancia por su izquierda y conservando el rumbo medio de W. a E. pasa por Calixitla, Ocotene (bis) y Chilchotla. Inútil es decir que el itinerario sigue el cañón del río Huitzilapa o de Los Pescados desde Acocomotla a Patlanalá. La figura 1, Lám. II-B, indica la pendiente de este cañón transversal al alineamiento que denominaremos de hoy en adelante "Perote-Orizaba."

CAPITULO II

Fisiografía

1.—*Orografía.*—Del alineamiento mencionado avanzan al Oriente contrafuertes transversales de flancos abruptos que conservando en buena extensión, el rumbo W.-E., se separan entre sí por ríos de montañas encajonados, en fuerte pendiente y alimentados por manantiales abundantes y de régimen constante. El descenso de la cumbrera principal hacia el Este, es acentuado y prolongado; los valles transversales que *dividen* los distintos contrafuertes, son estrechos y profundos y conservan cierto paralelismo. Su perfil transversal acusa dos cosas: su juventud en el ciclo geográfico y que su modelado por la erosión se ha verificado según líneas de mínima resistencia, ocupadas por los thalwegs actuales.

Contrastando con este descenso rápido de las vertientes orientales de la cumbrera mencionada, se presentan las occidentales surcadas también por barrancas transversales que dejan entre sí salientes que avanzan hasta Huecapa y van a morir en un valle extenso y arenoso cuya altura media es de 2,500 metros sobre el nivel del mar. Estas vertientes son totalmente diferentes de las orientales por su aspecto fisiográfico, pues son lomeríos desnudos de vegetación arborescente, cubiertos de tobas y arcillas deleznables y pulverulentas; lomeríos arredondados, separados por barrancos secos.

En uno de estos barrancos, que desciende de E. a W., se encuentra el pueblo de Saltillo Lafragua. En estas vertientes escasean los manantiales, la vegetación es casi nula; y el viento persistente y seco que recalentado asciende del valle, por fenómeno de convección, produce depósitos eólicos continuados en estos lugares, en que se cultiva la patata de preferencia a cualquiera otra planta. Las precipitaciones abundantes del Oriente de la cumbrera alimentan numerosos manantiales y las corrientes superficiales han disecado y modelado formas abruptas con vegetación abundante y en donde afloran: las andesitas en la parte alta y el basalto en el escalón de Texcalango, mientras que al Occidente, no se descubre la roca viva sino a 4 kilómetros al E. de Saltillo Lafragua y a 360 metros sobre el nivel del pueblo. Allí, en los bordes de una corriente de andesita, surgen de sus diaclasas los manantiales que escasamente surten al pueblo mencionado.

La Morfología de ambas vertientes es completamente distinta: del lado de Saltillo Lafragua, lomas convexas y arredondadas como el carapacho de una tortuga; del lado de Chilchotla, montañas imponentes que se alínean paralelamente de W. a E. y que aparecen como cuchillas triangulares cuyos flancos de fuerte pendiente ha modelado la erosión, quizá favorecida por bruscos movimientos sísmicos verificados en épocas anteriores.

2.—*Hidrografía.*—El thalweg principal de la red hidrográfica al Oriente del alineamiento "Pico de Orizaba-Cofre de Perote," es el río Huitzilapa o de Los Pescados. Su curso medio es transversal al alineamiento citado y se dirige casi de W. a E. Los caracteres de esta red hidrográfica guardan probablemente estrecha relación con el fenómeno sísmico que estudiamos. La ley universal de que los fenómenos naturales se verifican en el tiempo mínimo; y conforme a la cual, los movimientos de cualquiera especie definen trayectorias que siguen siempre líneas de mínima resistencia, tienen en Mecánica, en Geología y en otras ramas de la Ciencia, numerosas comprobaciones. Los hidrólogos admiten esta ley, por la cual las trayectorias de los filetes líquidos siguen en su circulación subterránea líneas braquistocrónicas. De la misma manera se llaman desde el punto de vista mecánico las trayectorias seguidas por los rayos sísmicos.

Es natural suponer que el camino escogido por las aguas superficiales, gobernadas en su movimiento por la gravedad, debe obedecer al mismo principio universal; ahora bien, tratándose de la parte alta del curso de un río, en donde el trabajo erosivo es predominante y nula la deposición, debemos pensar que su thalweg es el lugar geométrico de los puntos que han presentado la mínima resistencia a la erosión; y así puede suceder que las aguas

superficiales sigan la dirección de una fractura o grieta antigua, el contacto de dos formaciones distintas, una línea de falla, el eje longitudinal de un pliegue o de una flexión, etc.

No significa esto que forzosamente los thalwegs de una red hidrográfica se dispongan de tal manera que marquen las líneas de disolución de la corteza terrestre; pero no deja de ser verdad que algunos tramos en el curso de los ríos se alínean y se subordinan a la dirección de distintos accidentes tectónicos, tanto porque los ejes de estos accidentes: fracturas simples, fallas, pliegues, flexiones, fosas, etc., presentan caminos fáciles a la erosión, cuanto porque las regiones dislocadas ofrecen saltos y contrastes de relieve que obligan a las corrientes superficiales a seguir direcciones paralelas a los ejes de disolución. Insistiremos en la estrecha relación que existe entre la tectónica y la forma de drenaje de una región dislocada, de la cual tenemos un excelente ejemplo en la red hidrográfica que vamos a describir.

El río Hitzilapa ha labrado su curso en los basaltos que forman el basamento del Cofre de Perote y que fueron el producto de las primeras erupciones de ese volcán; ocupa el fondo de un cañón profundo y estrecho cuya sección es una V, presenta tramos alineados de W. a E. y guarda su paralelismo con los accidentes orográficos vecinos.

Sus afluentes corren entre cañadas angostas de paredes escarpadas, afluyen al tronco principal y dan al conjunto de la red el mismo aspecto que tomarían las raíces de una planta sumergidas en una corriente de agua y que se flexionaran al impulso de ésta; eso se observa entre Chilchotla y el Puente de Quimixtlán; después, río abajo, el curso del Huitzilapa se dirige al NE. y pasa al S. de Patlanalá. Pero el aspecto fisiográfico de esta barranca grandiosa se conserva y prosigue en aumento, pues, aguas abajo de Patlanalá y antes de llegar a Barranca Grande (cuya población fué arrasada por la inundación de lodo que siguió al terremoto), el Huitzilapa corre entre dos muros gigantescos: por su derecha el muro vertical llamado Ocotene, citado ya en la primera parte de esta Memoria, y que se eleva a cerca de 800 metros sobre el lecho del río, y por su izquierda, el alineamiento denominado Espinazo del Diablo y después La Vigía, cuya cresta o arista, elevándose gradualmente de Barranca Grande hasta algunos kilómetros al E. de Patlanalá, llega a alcanzar cerca de 650 metros de altura sobre el lecho del mismo río, en la cumbre de La Vigía. (Lám. V-B, Fot. 1).

Solamente en Chilchotla y en Patlanalá se observan ensanchamientos en el cañón que ha modelado el Huitzilapa, formándose dos pequeños valles erosivos en que se asientan las poblaciones de esos nombres. En estos mismos sitios se verifica la afluencia de los arroyos que alimentan el caudal normal del Huitzilapa y probablemente a la acción erosiva de los afluentes en los lugares citados se debe la formación de los valles.

El río pasa al N. y Noreste de Chilchotla obteniendo su salida por un cañón estrecho de muros basálticos elevados, recibiendo antes las aguas del arroyo de Temascalapa por su izquierda (Lám. V-B, Fot. 2); y del arroyo de Matlacapa por su derecha, el que a su vez recibe las aguas de Chilchihuapa, que pasa al W. de Chilchotla. Estos arroyos son permanentes, han profundizado su curso en las tobas suaves y delesnables del Valle de Chilchotla, que medirá apenas 180 hectaras; y que queda circunscrito por estas corrientes permanentes que se deslizan al pie de las abruptas montañas que con altura media de 250 metros sobre Chilchotla, circundan el valle en anfiteatro. El Matlacapa y el Chilchihuapa al descubrir en sus lechos el derrame de basalto columnar que sirve de asiento al valle, antes de precipitar sus aguas en la corriente principal, producen caídas utilizables para la industria al Oriente y muy cerca de Chilchotla.

Los suelos arcillo-arenosos del Valle de Chilchotla son fértiles y de buen espesor, provienen de la desintegración de las tobas basálticas y de la corteza de tierra vegetal que recubre los flancos de las montañas circunvecinas.

El río no vuelve a recibir otros afluentes importantes sino hasta llegar a la entrada del Valle de Patlanalá. Antes de recibir estos nuevos afluentes, su gasto normal es de 3.36 metros cúbicos por segundo, en el punto denomi-

nado "La Chorrera," entre Patlanalá y el Puente de Quimixtlán (según aforo del señor ingeniero Rafael Nájera y del suscrito).

Al SW. de Patlanalá recibe el Huitzilapa por la derecha los arroyos de Aguacapa o Cuahunelcuac, de Huitzilacone u Ocoxochil y de Pilapa; y por la izquierda, el arroyo de Cuixapa.

Repitiéndose el mismo fenómeno, volvemos a observar que el río sólo recibe el contingente de los arroyos permanentes al ensanchar su cañón en el valle de lo que fué Barranca Grande; en este sitio afluyen por la izquierda el Chululapa y el Ixhuacán y por la derecha el Tenexapa. Desde este punto el río se llama de Los Pescados.

En resumen: el Huitzilapa es el tronco principal de la red hidrográfica que nace en la vertiente oriental del alineamiento "Orizaba-Perote" y el tramo de su curso ya descrito acusa la juventud de la red hidrográfica en su ciclo geográfico, tanto por la topografía montañosa de su cuenca, como por la altura de su nacimiento en relación con su desarrollo lineal contado hasta su desembocadura, lo que le da el carácter de río de montaña. Los afluentes de esa red nacen en las rinconadas que forman entre sí los desprendimientos de los núcleos volcánicos ya citados. La acción erosiva de los arroyos afluentes ha determinado la formación de tres valles pequeños que rompen la monotonía del cañón labrado por el río. La morfología de este cañón hace suponer que el Huitzilapa profundizó su thalweg *en una línea de fractura periférica en torno del Cofre de Perote;* las formas bizarras de los muros que limitan este cañón hacen pensar en lo que el célebre sismologista F. Montesus de Ballore llama "topografía sísmica."

CAPITULO III

Cortes geológicos

En vista de haber sido muy corto el tiempo que dediqué a mis observaciones en el campo, de la inseguridad que reinaba en aquella región por el bandidaje y de mi reconocida insuficiencia para hacer la historia geológica de la zona pleistosística, me veo precisado a dar a conocer solamente algunos cortes geológicos hechos transversalmente al curso del Huitzilapa, además del longitudinal que corresponde al itinerario desarrollado. (Lám. II-B, Fot. 1).

En los llanos extensos de Tlalchichuca, La Capilla y Huecapa, se encuentran las tobas volcánicas en un espesor como de 45 metros, descansando en los basaltos y cubiertas por la tierra vegetal y por los depósitos eólicos de que ya hablamos. De Huecapa a Saltillo se recubren las laderas de los lomeríos, de tobas incoherentes y pulverulentas. El basalto negro y escoriáceo se descubre en el fondo del arroyo de Saltillo Lafragua.

A 220 metros sobre Saltillo y al Oriente de esta población, afloran corrientes de andesita; en Agua de la Mina y en el cerro de Toluca, poderosas corrientes acantiladas de andesita coronan el parte-aguas; después, hacia el Oriente, aflora la misma roca en diques en la cuesta del Toluca y en Texcalango a 2,760 metros sobre el nivel del mar. Esas corrientes andesíticas son los restos de un derrame de lavas que cubrió ambos flancos del parteaguas y que fué producto de una de las erupciones del Pico de Orizaba. Siguiendo el descenso hacia el Oriente, el basalto se aflora en Acocomotla, segundo escalón de la vertiente Oriental de la sierra.

El Huitzilapa ha descubierto la estructura columnar basáltica entre Chilchotla y Patlanalá. Sobre este basamento basáltico descansan las andesitas, descubriéndose un derrame de 200 metros de espesor, como puede observarse en el flanco izquierdo del profundo y acantilado cañón del Huizilapa.

Las andesitas se presentan fracturadas por numerosas diaclasas que se disponen en forma de abanicos de ejes verticales. Este derrame abundante de lavas andesíticas se observa en las cercanías de Patlanalá, recubierto por

tobas pomosas y cenizas volcánicas que sufrieron considerables derrumbes a causa del terremoto.

Al Noreste de Patlanalá sobre el flanco izquierdo del río, se levantan crestas acantiladas que se conocen de Poniente a Oriente con los nombres de Cerro Colorado o Tlatlahuictepetl, Tepehican ("atrás del cerro"), Tlachichilpa y Acantiopa (Lám. VI-B, Fots. 1 y 2), se observan de abajo hacia arriba las siguientes formaciones (Lám. II-B, Fot. 2, Figs. a y b.) andesitas con diaclasas verticales, calizas metamórficas plegadas, siendo los ejes de los pliegues transversales al curso del río; andesitas, tobas andesíticas y tierra vegetal. Al pie del Cerro Colorado surgen manantiales de agua freática que alimentan la pequeña laguna de Patlanalá, que tiene una superficie aproximada de 16 hectaras; al Sur de la laguna se levanta a pocos metros de altura el Cerrito de Patlanalá, coronado por una mesa plana. Hacia el Sur del cerrito se encuentra el flanco acantilado del río Huitzilapa, cuyo lecho muy profundo deja a la derecha un muro casi vertical, de una altura parecida a la del Tepehican. El sabio profesor don Emilio Oddone piensa que la laguna de Patlanalá es el vestigio de un antiguo cráter andesítico; que las andesitas inferiores del Cerro Colorado, cuya estructura es columnar, son los restos de las paredes de la chimenea; y el Cerrito, fué formado por un derrame de lava andesítica. El señor ingeniero don Leopoldo Salazar Salinas, cree que las lavas andesíticas inferiores y superiores en el corte cuyo croquis presentamos, fueron un mismo derrame de un foco volcánico más lejano; y que la erosión ayudada por los desprendimientos y derrumbes del flanco de la montaña, producidos por movimientos sísmicos, ha bastado para poner en descubierto las capas de calizas cretácicas que en un principio estuvieron cubiertas por las lavas andesíticas.

Es posible que en este lugar, ya por el cráter que supone el señor Oddone o por grietas eruptivas se haya verificado la eyaculación de las lavas andesíticas que rompieron, dislocaron y metamorfosearon las calizas cretácicas. Efectivamente, la fractura *a b,* representada en el croquis, tiene un echado al W. y parece marcar el *contacto entre las formaciones eruptivas terciarias y las cretácicas sedimentarias.* Siguiendo el curso del río hacia abajo, y sobre el camino que conduce de Patlanalá a Barranca Grande, se descubren en el flanco izquierdo las calizas cretácicas que contienen numerosos fósiles y coronadas por corrientes eruptivas. Desde Barranca Grande, el camino que conduce a Cosautlán, Ver., se separa del curso del río Huitzilapa, corta sus afluentes, cuyas direcciones casi paralelas son de W. a E.; éstos nacen entre los contrafuertes orientales del Cofre de Perote. De Barranca Grande a Cosautlán el terreno es accidentado, ocupado por tobas volcánicas y en los arroyos se descubren las corrientes de basalto, derrames del mismo cono volcánico que mencionamos.

Ya que dimos a conocer el corte longitudinal del río Huitzilapa de su nacimiento a Barranca Grande y el corte transversal hecho en Patlanalá, que probablemente define la zona de contacto de las rocas eruptivas terciarias con las sedimentarias de la vertiente del Golfo de México, retrocedamos un poco hacia el W. para presentar un corte transversal al curso del Huitzilapa, entre Chilchotla y el Puente de Quimixtlán (Lám. II-B, Fot. 3.)

Entre Chilchotla y Quimixtlán y sobre la margen izquierda del Huitzilapa, se localiza Chichicahuas, barrio de Chilchotla. Al Norte de este sitio estaba la ranchería de Chicalotla, que fué totalmente destruída por un alud de lodo que siguió al terremoto del 3 de enero. El flanco derecho del cañón o sea el del Sur, es más abrupto y escarpado que el izquierdo o del Norte; en el primero, se asienta el pueblo de Quimixtlán, antiguo centro comercial de importancia, destruído por el terremoto y guarida de bandidos cuando visitamos la región. Por esta última causa no pudimos prolongar nuestro corte transversal hacia el Sur, aunque, como se verá después, la visita a Quimixtlán no era del todo indispensable.

Por el examen del croquis se verá que los basaltos forman el lecho y paredes del cañón del Huitzilapa y soportan las andesitas que fueron el producto de un derrame grueso de lava. Las andesitas se apoyan hacia el Norte

en una roca intrusiva, granitoide, de color muy obscuro por la abundancia de los elementos ferro-magnesianos, muy cristalina y que no contiene cuarzo libre. Contiene feldespato, ortoclasa y cristales muy desarrollados de hornblenda que se dispone en forma radial. Parece ser una *syenita* (clasificación de campo). Las andesitas han sufrido una erosión profunda y han dejado al descubierto la roca intrusiva subyasente.

Desde la angosta y alargada mesa de Xaltepec puede apreciarse la forma en V de la barranca de Atlipixtla, que se orienta de W. a E.

El flanco N. de la barranca, que en este lugar se llama Ocoxochocan, forma parte del macizo syenítico que antes cubrieron las lavas andesíticas; este flanco ofrece una pendiente cercana a la vertical. Las "cicatrices" producidas por el terremoto del 3 de enero de 1920, son profundas en esta roca compacta y cristalina, son visibles en una extensión como de 10 kilómetros desde la meseta de Xaltepec. Los derrumbes a que han dado lugar esas cicatrices son muy considerables y comparados con los que hemos examinado en esta región, desde Calixitla, Pue., hasta Barranca Grande, Ver., son los mayores. Actualmente es inaccesible el flanco N. de la Barranca de Atlipixtla o de Ocoxochocan, que al Oriente se conoce con el nombre de Ocoxochitl, al tributar su caudal de aguas temporales cerca de Patlanalá. El relieve de Ocoxochocan, la naturaleza distinta y la edad de las rocas puestas en contacto, el paralelismo que guardan con el thalweg principal de la red hidrográfica y el hecho de observarse en ese sitio los efectos máximos del terremoto sobre el terreno, son circunstancias que nos obligan a asegurar la existencia de una falla en Ocoxochocan, que propiamente será *el segmento de una falla periférica con relación al macizo volcánico que forma el Cofre de Perote.*

Por creerlo de utilidad y oportuno, diremos que el señor ingeniero don Ezequiel Ordóñez, clasifica las rocas intrusivas en que descansa la superestructura volcánica del Cofre de Perote como granitos, monzonitas y gabbros.

Si el corte transversal que presentamos en la figura 2 de la Lám. II-B, corresponde a un punto de la zona de contacto de las rocas eruptivas con las sedimentarias, el último tiene la ventaja de haber alcanzado al N. el afloramiento del zócalo de rocas cristalinas en que descansan las corrientes andesíticas, cortando transversalmente la falla de Ocoxochocan, en donde la intensidad sísmica del 3 de enero fué máxima. Estamos en condiciones de asegurar que la falla de Ocoxochocan ocupa el centro de gravedad de la área pleistosística, tanto por las observaciones hechas en el campo como por los datos sismográficos que dimos a conocer en la segunda parte de esta memoria. Desde este momento debemos conceder a la falla citada un papel sismogénico.

CAPITULO IV

Efectos del temblor en los lugares habitados

Siguiendo en mi descripción el orden del itinerario, principiaré por San Andrés Chalchicomula, para terminar por Patlanalá. Agregaré después una que otra observación hecha durante un segundo viaje en que tuve el honor de acompañar al distinguido profesor de geofísica de Roma, señor don Emilio Oddone y al señor director del Instituto Geológico de México, ingeniero don Leopoldo Salazar Salinas; este segundo viaje tuvo de duración nueve días, y el recorrido fué de Jalapa, Veracruz, a San Andrés Chalchicomula, Puebla.

1.—SAN ANDRES CHALCHICOMULA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 2,629 metros. *Población*, 10,000 habitantes.

Topografía.—La población de San Andrés se encuentra en las últimas estribaciones occidentales del Pico de Orizaba y de la Sierra Negra, en terreno casi horizontal con excepción de la parte oriental de la ciudad, que

es ligeramente accidentado, en el barrio de Cosamaloapan. (Lám. VII-B, Fot. 1.)

Subsuelo.—Arenas volcánicas, tobas basálticas de algún espesor y depósitos eólicos. Las tobas alcanzan en la parte baja del Valle de San Andrés un espesor de 110 metros y descansan sobre el basalto. El subsuelo es poco elástico, deleznable y poco coherente.

Construcciones.—De mampostería de piedra y la mayoría de adobe; antiguas, del tiempo colonial, de un solo piso casi todas. La ciudad cuenta con 8 ó 9 iglesias.

Desperfectos en los edificios.—Fueron de alguna importancia en los templos, se produjeron cuarteaduras en las claves de las bóvedas y en las torres; muchas cuarteaduras en las casas de habitación. No hubo heridos ni pérdidas de vidas a causa de los derrumbes.

La iglesia de Guadalupe, cuya fachada ve al W. presenta una ligera cuarteadura que parte de la clave de la puerta. La torre Sur tuvo cuarteaduras en sus costados N. y S., siguiendo las líneas cruzadas en la clave del segundo cuerpo y la cornisa. La torre del N. presenta la cruz desplomada al E. Las cuarteaduras de la bóveda estaban ya reparadas cuando visité la iglesia; y debo hacer notar, para no repetirlo en lo que sigue, que muchos detalles importantes acerca del efecto del terremoto en los edificios no los pude observar porque se habían emprendido ya las reparaciones o se habían removido de su posición primitiva los escombros y objetos caídos. La iglesia de Guadalupe está cimentada en un cono de deyección de las montañas cercanas al Oriente de la ciudad. (Lám. VII-B, Fot. 2.)

La iglesia de Cosamaloapan, alejada al E. de la ciudad, se asienta sobre tobas, cenizas y arenas volcánicas en una pequeña meseta cortada al N. y al S. por arroyos profundos que descienden al W. del cerro de los Filtros. La fachada ve al W. La cruz central está desviada al SE.; una cuarteadura separa el cuerpo de la torre de la fachada y termina en los cimientos. La cimentación se hizo en terreno incoherente y la construcción se movió durante el temblor como la masa de un péndulo invertido en esa meseta aislada. (Lám. VIII-B, Fot. 1.)

La iglesia de Dolores, cerca del cementerio, demuestra por sus pequeñas cuarteaduras y el desplome de sus cruces, que el movimiento más intenso fué de E. a W. La caída de algunos monumentos en el cementerio no dejaron pruebas claras de la dirección del movimiento; los monumentos son de poca altura y los desperfectos no fueron de importancia.

Un portal del costado S. de la plaza principal fué desplomado y arruinado, cayendo al N.

Carácter del movimiento.—La alarma que produjo fué general. Los habitantes de la ciudad dan detalles acerca de sus impresiones, pero no arrojan luz sobre el verdadero carácter del temblor, están casi de acuerdo en darle una dirección EW., lo que está de conformidad con las observaciones hechas en los edificios. Al proponernos resolver si esta dirección corresponde al primer impulso (onda longitudinal) o a la más impetuosa de las ondas superficiales, nos inclinamos a creer lo segundo; y tendremos oportunidad de fundar nuestro aserto en el capítulo VI.

La duración del movimiento fué sensible para las personas durante 20 segundos. Por lo anterior juzgamos que a esta localidad le corresponde el grado VIII en las escalas de Cancani y de Mercalli, y que equivale al grado IX de la de Rossi-Forel. En otros términos, para San Andrés el movimiento sísmico alcanzó el límite superior de los macrosismos, sin llegar a ser un megasismo. La aceleración que correspondió a la onda máxima, pudo variar entre 250 y 500 milímetros por segundo cuadrado.

En lo sucesivo emplearemos la escala de Cancani, por ser absoluta y perfectamente relacionada con las convencionales de otros autores. Tenemos necesidad de recurrir a una escala absoluta para que esto nos permita calcular la energía del terremoto como lo haremos en lo que sigue.

Los lugares situados en el camino para Saltillo Lafragua: Tlachichuca, Quetzalapan y la Capilla, poco sufrieron con el movimiento: cuarteaduras de poca importancia en las casas de un piso y de antigua construcción. En la hacienda de Huecapa, la construcción sufrió un poco más. Puede asignarse a estos lugares el grado VI de la escala de Cancani.

2.—SALTILLO LAFRAGUA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 2,775 metros. *Población,* 2,000 habitantes.

Topografía.—El pueblo actual tuvo por origen una pastoría que fué fundada hace 40 años al Oriente del lugar que hoy ocupa, que es una cañada orientada de E. a W., que desciende del espolón montañoso y se desprende del Pico de Orizaba hacia el Norte. Esta cañada desciende hasta Huecapa, futuro asiento del pueblo de Saltillo, pues en vista de la ruina que guarda han decidido sus laboriosos vecinos edificar sus moradas en la llanura, en donde el pueblo se levantará sobre un suelo compacto, coherente; haciendo uso de construcciones asísmicas, según los proyectos presentados por la comisión de ingenieros de Puebla, y se acercará a las vías de comunicación. (Lám. VIII-B, Fot. 2.)

Subsuelo.—Tobas volcánicas, arcillosas, poco elásticas para trasmitir el choque sísmico y con la pendiente propia de los terrenos que cubren las laderas.

Construcciones.—La calle principal que se orienta de E. a W. contaba con edificios de mampostería de piedra (buena construcción). La mayoría está formada de casas de "tapia" o de adobe, cercanas a la ladera pendiente del cerro de Enmedio; del lado opuesto la topografía del poblado es la misma. Al Oriente existe el barrio pobre de la población con sus modestas casas de madera, "jacales," y fué el que menos sufrió.

Ruinas de los edificios.—Las casas arruinadas del centro se mantienen en pie, presentando sus fachadas el engañoso aspecto de haber sufrido poco, pero sus interiores están en completa ruina, quedaron inutilizadas. El corte de la figura 4, Lám. II-B., da una idea de la topografía de Saltillo Lafragua, de la distribución de sus construcciones y de los desperfectos que sufrieron. Las casas de la línea fueron destruídas, el material cayó al Norte. El cuerpo 2, caído al Norte y al Sur. Los 3 y 4 con desplomes al Norte. El bloque de casas número 5, bastante bien conservado, dada la intensidad del terremoto, aunque con cuarteaduras peligrosas. Número 6, con desplomes y derrumbes de las partes altas hacia el Sur, y convertidas en ruinas del lado Norte, es decir, del lado del arroyo, cuyos bordes sufrieron agrietamientos y despedazamientos de las tobas y aun de las rocas de basalto. (Fotografía 1. Lám. IX-B.)

Las modestas habitaciones del grupo 7, corrieron la misma suerte que las del 1. Estos hechos son instructivos y los habíamos observado con motivo del terremoto de Acambay: primero, la topografía local, facilitando el desplazamiento en los terrenos blandos y el subsuelo poco elástico, contribuyeron a aumentar la magnitud de la catástrofe; segundo, las construcciones en retaje o en escalera están en condiciones de resistir favorablemente un terremoto; y tercero, las construcciones en las cercanías de los arroyos son arruinadas. La casa del señor Perfecto Rojí, (Lám. IX-B, Fot. 2) pertenecía al grupo 6. La esquina SW. de la casa fué destruída, la fachada muy desplomada al Sur y hacia el mismo rumbo, cayeron la cornisa y el viento de la fachada. (Lám. X-B, Fots. 1 y 2). La parte posterior y el interior se convirtieron en ruinas y allí encontraron la muerte siete personas.

Se observaron desplomes en que los techos cayeron dentro de las habitaciones y los muros fueron derruídos en la parte más alta, como si los muros se hubiesen separado durante el movimiento oscilando con distintos períodos.

La iglesia de Saltillo quedó destruída, la fachada y frente del atrio

miran al W. y cayeron parcialmente en esta dirección. La bóveda de ladrillo cayó en su totalidad; la torre de nueva y magnífica mampostería de piedra, cayó al NW. (Lám. XI-B, Fots. 1 y 2). El acueducto tiene un rumbo medio de EW., construído de mampostería de piedra en casi toda su longitud, sufrió fracturas en distintos lugares.

Antes del terremoto existían 375 casas, habitadas por 400 familias; después del desastre quedaron habitables 51 casas, de las cuales 4 son de mampostería, 19 son de "tapia" o de adobe (arcilla comprimida dentro de moldes de madera) y 28 "jacales" de madera. Estos últimos se conservaron bastante bien. (Lám. XII-B, Fot. 1). El número de heridos fué de 80 y muertos, también de 80. Las pérdidas materiales se estiman en 420,000 pesos, de los cuales 328,000 corresponden a las construcciones y 38,000 a muebles y mercancías.

Carácter del movimiento.—La dirección fué claramente de Norte a Sur. La duración muy corta (no encontré personas que fijaran la duración sensible). La intensidad puede estimarse dentro del grado X de la escala de Cancani, a que corresponde una aceleración de 1,000 a 2,500 milímetros por segundo cuadrado, es decir, la que produce la ruina casi total de los edificios, grietas en el suelo, pequeños deslizamientos en las pendientes, víctimas numerosas y ruidos subterráneos acompañando al terremoto.

3.—RANCHERIA DE AGUA DE LA MINA

Altura sobre el nivel del mar, 2,960 metros. *Población,* 200 habitantes.

Topografía.—Vertiente W. del Cerro de Toluca, que a 3 km. al E. de Agua de la Mina se eleva a 3,070 metros, este poblado de indígenas ocupa la parte alta del lomerío que desciende a Saltillo.

Subsuelo.—Tobas volcánicas arcillosas y poco coherentes.

Construcciones.—Existían una capilla y dos casas de mampostería; además, 58 jacales de madera.

Destrucciones.—Estas se limitaron a las construcciones de mampostería. Solamente hubo un herido por el derrumbe de un muro.

Carácter del movimiento.—La dirección del choque destructor fué de E. a W.; precedido de fuertes ruidos subterráneos; su duración de 5 seg. y los testigos presenciales dicen que sintieron varias sacudidas violentas de abajo hacia arriba; no es posible asignar los límites de la aceleración en este lugar, porque las destrucciones no nos proporcionaron datos, pero por lo que se ha dicho y aun sin conocer la zona pleistoséistica, podemos afirmar que esta ranchería está muy próxima al foco del choque más violento. Le asignaremos el grado IX de la escala de Cancani, en el que la aceleración varía de 500 a 1,000 milímetros por segundo cuadrado.

En el mismo caso de formas de construcción, escasa población y carácter del movimiento, se encontraron las rancherías de Texcalango, Acocomotla y Calixitla. Esas pertenecen a la vertiente oriental del macizo orográfico que ya describimos. La dirección del movimiento en Calixitla fué de E. a W.

4.—CHILCHOTLA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 2,170 metros. *Población,* 2,163 habitatnes.

Topografía.—Un valle erosivo de 180 a 200 hectaras de extensión, ligeramente inclinado al SE., ocupado por tierras fértiles, circundado por los afluentes del Huitzilapa. Las montañas que forman el valle son escarpadas y se disponen en anfiteatro, alcanzando una altura media de 250 metros sobre Chilchotla; las más altas son El Campamento o Cerro de Cacama y El Infiernillo, situadas al E. de Chilchotla; y entre los cuales se forma el cañón de Huitzilapa. (Lám. 12-B, Fot. 2.)

Subsuelo.—Tobas volcánicas con un espesor de 10 metros descansando sobre el basalto columnar.

Construcciones.—Una iglesia con muros de mampostería y techo de madera. Algunas casas de madera y muy pocas de mampostería, bajas y con techos ligeros.

Ruinas.—Excepción hecha de los jacales de madera, las construcciones sufrieron demasiado: la iglesia fué destruída, la fachada ve al W. y sufrió un fracturamiento completo. El segundo cuerpo de la torre cayó al NE. (Lám. XIII-B, Fot. 2). Los muros N. y S. en que se apoya el techo tienen una altura de 8 metros y un espesor de 90 centímetros, están desplomados y fracturados horizontalmente en el tercio superior de su altura. Los muros de la sacristía fueron fracturados, desplomados y parcialmente caídos al N. y al E. (Lám. XIV-B, Fot. 2). Las bardas N. y S. del atrio cayeron casi en su totalidad al N. y la del frente al E. (Lám. XIV-B, Fot. 1). Una de las calles orientada de N. a S. presentaba el aspecto de un hacinamiento de ruinas, (Lám. XV-B, Fot. 1). Algunos jacales fueron deshechos por fuertes sacudidas horizontales. El desastre alcanzó aquí su máximo de intensidad, afortunadamente predominaba el número de habitaciones de madera, existían más de 200 casas y quedaron habitables 110. El puente de mampostería sobre el río Huitzilapa, al W. de Chilchotla, no sufrió nada, el eje de las claves tiene el rumbo NW. 70° SE., es decir, casi NS. (Lám. XV-B, Fot. 2.)

Incluyendo el casco de la población, los barrios y las congregaciones de Chilchotla, se contaron 800 personas muertas. La mayoría de las desgracias personales fueron ocasionadas por los derrumbes en los flancos de las montañas y las avalanchas de lodo, bajo las cuales desaparecieron algunos barrios como los de El Calvario y Guadalupe al W. de Chilchotla, y el de Chicalotla, un poco alejado al E. y en las abruptas paredes septentrionales del Cañón de Huitzilapa. Fueron de consecuencias más desastrosas para la vida de los habitantes los efectos geológicos y los cambios operados en el relieve, que la destrucción propia de sus moradas.

Carácter del movimiento.—El fenómeno fué mal descrito por los supervivientes; sin embargo, la dirección de los desplomes y derrumbes en la iglesia y algunas otras construcciones, así como la conservación del puente de Chilchotla, hacen presumir que el choque destructor provino de una dirección cercana al N. NE., y en tal concepto, la onda destructora fué *longitudinal de compresión,* puesto que hemos asignado un papel sismogénico a las fallas periféricas de la margen izquierda del Huitzilapa, y en particular a la *falla de Ocoxochocan.* Asimismo, en virtud de haber sido observada la influencia de la longitudinal de compresión en las destrucciones de Chilchotla, podemos afirmar que el hipocentro del terremoto fué poco profundo, casi superficial, carácter que después confirmaremos en el capítulo VI.

Los supervivientes afirman que existieron durante el movimiento breves y violentas sacudidas susultorias. La duración fué muy corta. El fenómeno fué precedido y acompañado de ruidos subterráneos. La intensidad puede estimarse dentro del grado XI de la escala absoluta de Cancani, siendo los límites de la aceleración de 2,500 a 5,000 milímetros por segundo cuadrado.

En el camino entre Chilchotla y Patlanalá, las rancherías de Ahuaxtla, Netquexca y Tototzinque, sufrieron los derrumbes de las montañas o la invasión de la corriente de lodo, según sus posiciones dentro de la gran barranca de Huitzilapa.

Quimixtlán debe haber sufrido los mismos desperfectos observados en Chilchotla a juzgar por su situación dentro del cañón del Huitzilapa, sobre una meseta bastaute alta y a 3 km. al S. de la falla de Ocoxochocan, aumentadas un tanto las destrucciones por ser numerosas las casas edificadas con mampostería de piedra.

5.—PATLANALA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 1,610 metros. *Población,* 1,500 habitantes, inclusive las rancherías, congregaciones y barrios de Patlanalá, que pertenecen al Municipio de Quimixtlán.

Topografía.—Valle erosivo en la margen N. del Huitzilapa, cuyo lecho está muy bajo con respecto al poblado, este valle es menos extenso que el de Chilchotla. (Lám. XVI-B, Fot. 1.)

Subsuelo.—Andesita.

Construcciones.—Una iglesia, una casa municipal, algunas casas de mampostería y de adobe, en el centro de la población, y el resto, casas de madera.

Ruinas.—La iglesia quedó destruída, la fachada que miraba al W. cayó en esa dirección; el ciprés cayó al E., los muros laterales están desplomados al N. y al S., amenazaban caer de un momento a otro. El curato, cuyas dependencias se apoyaban en el muro S. de la iglesia, fué totalmente destruído. (Lám. XVI-B, Fot. 2). La barda N. del atrio fué derribada totalmente al S. y la del W. hacia el E. Una caseta de madera que se encontraba al N. del atrio, construcción ligera, cuyas armaduras se orientan de N. a S., fué desviada notablemente al W. en conjunto; safándose las espigas de los pies derechos de las cajas de las soleras sobre las que descansaba la caseta. (Lám. XXI-B, Fot. 1). Este sismoscopio ocasional acusa un movimiento impetuoso del suelo hacia el E. La casa municipal, cuya fachada daba al E. fué derribada en esa dirección, desplomándose el muro N. hacia afuera. Los muros divisorios libres de carga fueron destruídos. (Lám. XVII-B, Fot. 1). La casa comercial "El Progreso," al W. del templo, presenta la conservación de los muros cargados, que son los del E. y del W., aunque completamente fracturados; los no cargados, destruídos en el tercio superior de su altura por fracturas horizontales. (Lám. XVII-B, Fot. 2). Una pequeña construcción de mampostería de piedra, baja y con techo poco pesado de madera, acusó la existencia de una o varias sacudidas susultorias que produjeron el desmoronamiento de los muros, cayendo el techo en su conjunto al W. del lugar que ocupaba. (Lám. XVIII-B, Fot. 1.)

El casco de la población estaba ocupado por 500 habitantes, de los cuales murieron 40. En las rancherías de Aguacapa, Teapa, Tepectipa, Analco y Tecpatzin, murieron, respectivamente: 90, 100, 10, 14 y 5 personas. De manera es que en una comarca que contaba con 1,500 pobladores murieron 259. Aguacapa quedó reducida a la mitad de su población. En Teapa, de 107 personas, sobrevivieron 7.

Como en Chilchotla, las desgracias personales se debieron en su mayor parte a los derrumbes en las montañas y a la inundación de lodo del Huitzilapa y de sus afluentes en las cercanías de Patlanalá.

Carácter del movimiento.—Es muy confusa la descripción del fenómeno hecha por los vecinos. Parece lo más probable que hubo una sacudida de N. a S. seguida de otra más violenta de E. a W. y después varias sacudidas susultorias. Las destrucciones se debieron esencialmeute a una onda longitudinal de compresión que no podemos asegurar si fué la primera que emergió del hipocentro.

El terremoto fué acompañado de fuertes ruidos subterráneos. La duración no fué mayor de 4 seg., según el decir de los testigos. La intensidad puede clasificarse dentro del grado XI de la escala absoluta de Cancani.

En los poblados de Tocigüi y Huaxcaleca, al E. de Patlanalá, los desastres producidos por el terremoto fueron considerables y las pérdidas de vida fueron ocasionadas por los derrumbes en las montañas. Tocigüi contaba con 740 habitantes, murieron 21 y hubo 9 lesionados; en Huaxcaleca vivían 1,000 personas y murieron 12.

6.—AYAHUALULCO, VER.

Consignaré aquí algunos datos referentes a este pueblo, por creerlos de interés, advirtiendo, desde luego, que no visité Ayahualulco, que esta información que merece crédito, se la debo al señor ingeniero F. López, a quien conocí en Cosautlán, y que venía de Ayahualulco. La fotografía rela-

tiva. (Lám. XVIII-B, Fot. 2), la debo a la bondad del señor don Carlos Zahn, de San Andrés Chalchicomula, y representa la calle principal de Ayahualulco.

La iglesia tiene su fachada al W., fué fracturada y desplomada; el ciprés cayó al W. y el muro posterior al E. El sagrario, construído a espaldas de la iglesia, tuvo derrumbes al E. Las torres sufrieron desperfectos considerables en las claves de los costados N. y S. y se desplomaron. Fueron derribadas 20 casas de mampostería de piedra. La dirección de la onda destructora parece haber sido cercana de EW. La duración del movimiento nos es desconocida. La intensidad puede estimarse dentro del grado X de la escala de Cancani, dado el aspecto general de la calle principal.

7.—CAMUXAPA, VER.

Este pequeño rancho está al N. del Río Huitzilapa, a 1,410 metros sobre el nivel del mar, en la cuesta del mismo nombre y en el camino de Patlanalá a Barranca Grande. No pude adquirir informaciones en este lugar de tránsito; pero la inspección de una casa semidestruída proporcionó algunos datos: los muros cayeron al SE. Un techo que apoyaba libremente sobre una columna baja de mampostería, se deslizó hacia el S. 60° E., lo que demuestra que el coronamiento de la columna fué desalojado al N. 60° W. y por eso el movimiento más enérgico del suelo fué al NW., puesto que la altura de la columna, 1.80 M., hace pensar que fué transportada paralelamente a su posición primitiva sin oscilar sobre su base.

8.—BARRANCA GRANDE, VER.

El poblado de este nombre fué arrasado por la inundación de lodo que siguió al terremoto. Ocupaba un ensanchamiento del cauce del Huitzilapa, esto es, uno de los pequeños valles erosivos que ya describimos, a 1,035 M. sobre el nivel del mar.

Al ampliarse la sección del canal en que se movía la gigantesca masa de lodo que ocupaba el Cañón del Huitzilapa, bajó la altura de la corriente y disminuyó su velocidad, pero no en tal medida que se conjurara la catástrofe: el pueblo fué arrancado de su asiento y sepultado por el lodo. El río fijó posteriormente su cauce al Sur de su antiguo canal. En el cauce actual se pueden ver las lozas y ladrillos que formaban los pavimentos de las habitaciones destruídas. En este lugar, aguas abajo de la confluencia del arroyo de Ixhuacán, se recogieron 600 cadáveres; es de creerse que no todos estos eran de vecinos de Barranca Grande, sino que muchos fueron traídos por la gran corriente del Huitzilapa y de sus afluentes de muy distintos lugares y que al disminuir la velocidad por el aumento de la sección transversal, fueron depositados. Solamente se salvó la parte alta de la población, que está construída al Norte, sobre la margen izquierda del río y 40 metros sobre el cauce actual. Por el estado de las construcciones puede asegurarse que la intensidad del terremoto, en sí mismo, no pudo haber causado el desastre tan lamentable para este poblado; éste se debió a la inundación de lodo. La dirección y duración del movimiento no nos son desconocidas. Puede dárseles la intensidad que corresponde al grado X de la escala de Cancani.

CUADRO GENERAL DEL CARACTER DEL TERREMOTO

Localidad	Dirección	Intensidad	Duración	OBSERVACIONES
San Andrés Chalchicomula	E. W.	VIII	20 seg.	Cuarteaduras.
Huecapa	.....	VI	.....	Cuarteaduras.
Saltillo Lafragua	N. S	X	Muy corta.	Ruinas, muertos, heridos y ruidos subterráneos.
Agua de la Mina	E. W.	IX	5 seg.	Ruinas, precedido de ruidos subterráneos.
Calixitla	E. W.	IX-X	.....	Derrumbes en las montañas.
Chilchotla	N. NE. - S. S. W.	XI	Muy corta.	Ruinas, derrumbes en las montañas, aparición de manantiales, muertos y heridos, ruidos subterráneos.
Patlanalá	E. W.	XI	Muy corta.	Ruinas, derrumbes en las montañas, inundación de lodo, ruidos subterráneos, muertos y heridos.
Ayahualulco, E. de Ver	E. W.	X	.....	Ruinas.
Camuxapa, Ver.	N. 60 W.	X-XI	.....	Ruinas.
Barranca Grande	.....	X	.....	Inundación de lodo y destrucción parcial de la parte alta.

CAPITULO V

Efectos del temblor sobre el terreno

La circunstancia de ser poco poblada la comarca más conmovida, la superficie relativamente pequeña que alcanza la isoseista X; y la costumbre de los pobladores de construir sus habitaciones de madera, contribuyeron a que los efectos del terremoto sobre los poblados no hayan alcanzado la magnitud que era de esperarse, dada la energía cinética desarrollada por el terremoto. Los efectos en el terreno son los mejores testigos de la violencia del sacudimiento, fueron considerables y superan en mucho a los del mismo carácter observados en ocasión del terremoto de Acambay, Estado de México en 1912. El relieve contrastado de la región pleistoséistica del 3 de enero de 1920 basta por sí mismo para aumentar los efectos geológicos del terremoto; ya se ha visto que en países semejantes no es necesaria la presentación de un movimiento sísmico para que se produzcan las denudaciones de los flancos de las montañas, es suficiente a veces una precipitación pluvial intensa para producir el fenómeno.

Los efectos geológicos ocurridos los clasificaremos en cinco grupos: grietas, derrumbes en las montañas, alumbramientos de aguas subterráneas, inundación de lodo en los thalwegs y hundimientos locales posteriores al terremoto.

1.—GRIETAS

Se produjeron de preferencia en las fuertes pendientes, siguiendo la dirección de una cresta o arista montañosa o las márgenes de un arroyo. No fueron numerosas, sino en la zona entre Patlanalá y Barranca Grande, sea porque muchas de ellas abiertas en terreno blando (tobas y coraza vegetal) hayan

cedido y desaparecido proporcionando desde luego el material que se deslizó al fondo de los arroyos, sea porque fueron cubiertas con la inundación de lodo. Las grietas más notables fueron: la del cerro de "Enmedio" al S. de Saltillo Lafragua. (Lám. XIX-B, Fot. 1.) Su rumbo medio es de EW. su abertura variable entre 8 y 30 centímetros, el desnivel de sus bordes 30 centímetros, ocupa la parte alta del cerro y no se prolonga más de 300 metros.

En el cerro del Campamento o de Cacama, al NE. de Chilchotla, en la mesa que corona el cerro, se produjo otra grieta de los mismos caracteres que la descrita en primer lugar. Otras grietas paralelas a la principal ocasionaron derrumbes en los flancos del cerro de Cacama, que determinaron una disminución considerable en la anchura de la meseta.

En el camino de Patlanalá a Camuxapa, se observaron agrietamientos semejantes, así como en el Espinazo del Diablo y en La Vigía.

Las grietas no se manifestaron en los valles, sino en la parte alta de las montañas. La constancia de su rumbo (EW.) obedece a condiciones topográficas locales, pero no acusa un accidente tectónico que se haya revelado en la superficie, es decir, se trata de simples agrietamientos y no de dislocaciones sismo-tectónicas.

2.—DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES DE LAS MONTAÑAS

Estos fueron los efectos más notables del terremoto, formaron su característica y seguramente en este sentido sea el primero que registra la historia sísmica de México. Esto nos induce a compararlo a este respecto, con el temblor de Assam, ocurrido el 12 de junio de 1897.

Se produjeron los derrumbes siguiendo el curso del río Huitzilapa, en una región que tiene por límite occidental el W. de Chilchotla y por límite oriental Acantiopa al NE. de Patlanalá, es decir, dentro del territorio político del Estado de Puebla. En su gran mayoría se presentaron en la margen izquierda del Huitzilapa y en los arroyos afluentes que recibe el río por su izquierda. La región de los derrumbes quedó comprendida principalmente dentro de la isoseista XI (Lám. I-B). El material que constituyó los derrumbes fué proporcionado por el despedazamiento del borde o labio inferior de las grietas producidas en los flancos de las montañas y el deslizamiento fué favorecido por la topografía particular de la sierra. No es tarea fácil cubicar el terreno que deslizó y ocupó las depresiones y los thalwegs, es un tonelaje muy considerable; y no hay montaña entre Chilchotla y Patlanalá que no presente las huellas o cicatrices de los deslizamientos.

Con la coraza vegetal que arrastró consigo la vegetación boscosa, fueron deslizadas las rocas que afloraban en las crestas. Estas rocas, conmovidas y fracturadas por el movimiento, se encontraron sin base de sustentación y cayeron a los valles en grandes bloques, como en el Cerro Colorado de Patlanalá. (Lám. VI-B, Fots. 1 y 2) y en Acantiopa, al NE. de Patlanalá.

El derrumbe de Acantiopa es uno de los más considerables y se caracteriza por el gran tamaño de los bloques rocallosos, diseminados en el lodo seco. (Algunos de esos bloques tenían un volumen de 7 metros cúbicos.)

En Ahuautla, al pie del cerro de Acatonal, al N. de Quimixtlán, y sobre la margen izquierda de Huitzilapa, se presentó un deslizamiento de mayores proporciones que el de Acantiopa, los materiales pétreos estaban muy triturados y reducidos a pequeños fragmentos y englobados por el lodo arcilloso endurecido. Hagamos notar que las rocas fragmentadas no eran frescas sino bastante alteradas por el intemperismo, lo que prueba su origen superficial. El trituramiento del material rocalloso se explica por el proceso más fácil: fracturamiento ocasionado por las oscilaciones del suelo que obraban sobre las montañas como sobre edificios aislados y de grande altura, caída de los fragmentos sometidos a fuertes choques de unos contra otros hasta llegar al lugar de su depósito, en donde aún se mueven, de tiempo en

tiempo, hasta definir su ángulo de equilibrio estable. Este fenómeno ocasionaba polvaredas que se levantaban en columnas cuando la atmósfera estaba quieta y que hicieron creer a los habitantes en erupciones y desprendimientos de gases.

No hay que suponer que todo el material triturado sea resultado del trabajo mecánico desarrollado por una falla en acción, aunque sí es de admitirse que la zona fallada abarca una extensión considerable; habiéndose facilitado la trituración de las rocas por la alteración que los agentes atmosféricos han producido sobre ellas.

En el cerro de Teteltitla, al N. de Ocotepec, la inundación de lodo rellenó el valle preexistente, gracias al terreno deslizado al S., quedando en lugar de la antigua depresión un montículo de lodo. Siguiendo nuestro camino al N. llegamos a la meseta de Xaltepec, desde donde se observan en una extensión como de 10 km. de E. a W. las cicatrices en el plano de la falla de Ocoxochocan, que son las que produjeron la denudación más considerable que puede observarse en toda la región pleistoséistica; aquí, además de la corteza vegetal, el esqueleto syenítico del macizo montañoso fué fracturado por el terremoto y el material despedazado fué precipitado a la barranca de Atlipixtla, que al W. se conoce con el nombre de Xelihua y al E. con el de Ocoxochitl. (Lám. XXI-B, Fot. 2.)

Debemos hacer notar que los derrumbes y deslizamientos ocurridos dentro de la isoseista XI coinciden más o menos con el eje mayor de esta curva y se presentaron en lo sflancos meridionales de las montañas, de preferencia a los flancos septentrionales, es decir, los flancos meridionales fueron considerablemente más denudados que los del N.; y sobre la margen derecha del Huitzilapa, del lado de Quimixtlán, apenas se presentaron; esto es lo que se indica en las flechas en la Fig. 3 de la Lám. II—B.

En Calixitla el derrumbe de la parte cortical del cerro de la Fundición (Lámina. XIX, B—2) descubrió las rocas basálticas y provocó el alumbramiento del agua subterránea que circulaba en sus diaclasas. Esta última se observó con suma frecuencia en toda la área que circunscribe la isoseista XI. A la denudación de las laderas siguió el alumbramiento inmediato de manantiales temporales, pero de gasto extraordinario, aun para agotar el contenido de muchos de los receptáculos acuíferos subterráneos. No hay necesidad de recurrir a la hipótesis de una eyección de agua subterránea en cada sitio para explicarse la presencia de lodo en las laderas de las montañas, pues si por *eyección* se entiende la salida del agua subterránea bajo presión, producida por esfuerzos interiores desarrollados en un espacio limitado por paredes impermeables (sinónimo de eyaculación) no puede comprobarse el aserto; y mucho menos generalizar este hecho en una extensión de 70 km. cuadrados, si existieron eyecciones de agua subterránea, es decir, si ésta fué expulsada bajo presión interna, fueron casos aislados locales y no hay manera de señalar en dónde existió una verdadera eyección. El hecho fué que los receptáculos acuíferos, abundantes en las diaclasas de las rocas terciarias de la región (andesitas y basaltos) fueron descubiertos por el terremoto, el agua se precipitó hacia afuera, sin necesidad de suponerle presión hidrostática generada por el trabajo mecánico del terremoto; el agua se mezcló con el material rocalloso desalojado y formó enormes masas de lodo, cuya viscosidad permitió que la mezcla alcanzara la velocidad suficiente para llegar a los arroyos afluentes y al thalweg general del Huitzilapa, sepultando y arrastrando a su paso las habitaciones y los sembrados. (Lám. XIX, B—3). En algunos sitios el trabajo mecánico realizado por las masas de lodo desprendidas en alud hasta alcanzar las partes más bajas, ha dejado huellas especiales que dan al lugar en donde se ha verificado el depósito de la masa lodosa la falsa apariencia de un cráter: las tobas arcillosas, mezcladas con el agua bruscamente puesta en libertad, descubrían en su caída el esqueleto rocalloso de la montaña; y al pie de ésta

quedaba una denudación semicircular que imitaba los restos de las paredes de una chimenea volcánica, el lodo excavaba en virtud de su fuerza viva una extensión de algunos metros cuadrados y se levantaba hacia adelante, por su propia viscosidad, en forma de ola, produciendo un reborde alto y semicircular que al secarse y endurecerse, completaba con la denudación del pie de la montaña la ilusión de un cráter en el espacio que circunscribía. (Lám. XX—B.)

Si no pudimos comprobar las eyecciones de agua subterráneas, menos podemos asegurar si existieron eyecciones de arena en grande escala, pues sólo en el valle de Patlanalá vimos pequeñas grietas, al N. de la laguna, por las que brotó una pequeña cantidad de fina arena. Tampoco tuvimos oportunidad de observar los cratercillos de arena que se citan en las obras clásicas, advirtiendo que éstos últimos han sido observados en los valles y no en las regiones montañosas como la que nos ocupa.

3.—MANANTIALES.

Por lo que se ha dicho puede verse que el régimen de circulación de las aguas subterráneas fué alterado profundamente en la área pleistoséistica. Esta es una región rica en aguas subterráneas que alimentan las fuentes del río Huitzilapa. Los afluentes de éste son permanentes y el gasto normal del río después del terremoto era de 3.36 metros cúbicos por seg. La precipitación anual en la vertiente oriental de la cumbrera "Pico de Orizaba, Cofre de Perote," puede estimarse en 1,000 milímetros de altura. Es seguro que muchos de los receptáculos acuíferos subterráneos fueron agotados bruscamente.

Puede decirse que dentro de la isoseísta IX se observó el enturbamiento de las aguas subterráneas (de Jalapa a Saltillo Lafragua). No hubo manera de comprobar si hubo variaciones en la temperatura de los manantiales. No existían ni existen manantiales termo-minerales en la zona pleistoséistica.

Entre el puente de Chilchotla y el paraje de Ocoteme (bis), corre el arroyo de La Fundición, afluente del Huitzilapa, su gasto aumentó después del terremoto según el decir de los habitantes de Chilchotla. Actualmente lleva 200 litros por segundo.

4.—INUNDACION DE LODO.

La consecuencia de los deslizamientos del terreno, de la aparición brusca de manantiales y del relieve topográfico fué el aumento considerable del caudal normal del Huitzilapa, produciéndose una corriente de lodo que todo lo arrasó a su paso. Los derrumbes secos o lodosos formaban diques temporales que detenían el curso del río; pero al fin cedían al impulso de la corriente o bien se movían animados por su propia velocidad si así lo permitía la viscosidad del lodo. La invasión del lodo no fué de una sola vez; hubo inundaciones intermitentes y en distintos tiempos creció su intensidad; esto sucedía cuando eran arrastrados los obstáculos interpuestos.

No puede hacerse el estudio mecánico de esta corriente extraordinaria porque se desconocen los coeficientes prácticos de viscosidad y rozamiento de esa masa en movimiento; y los demás datos del problema son tan burdamente aproximados que no puede obtenerse por el cálculo el conocimiento del gasto, impulso y energía de la corriente.

Esta masa pastosa se movió sin obedecer a las leyes de la hidráulica: formó oleajes debidos a su viscosidad y al aumento de caudal que recibía de los diques arrastrados o de nuevas avalanchas laterales que se precipitaban por los flancos del cañón. En los codos de éste, la masa lodosa no presentaba una superficie libre horizontal, alcanzaba mayor altura del lado externo del codo que del interno (diez metros más o menos); y frecuentemente se levantaba en aquél bajo la forma de ola, dejando sus huellas sobre

la vegetación arborescente a más de 60 metros sobre el nivel propio de la inundación. Esto significa que la fuerza centrífuga tenía una marcada influencia y que el lodo era bastante fluido para obedecer a la trayectoria tangencial. No sería difícil demostrar por el cálculo que la energía empleada por la corriente, en la unidad de superficie, para destruir las habitaciones de Barranca Grande fué una mínima parte de la que necesitó la misma corriente para vencer los obstáculos que interceptaban su paso en los tramos estrechos del cañón del Huitzilapa.

Aguas abajo del puente de Quimixtlán la sección transversal ocupada por el lodo fué un trapecio cuyas dimensiones aproximadas son: base inferior, 10 metros; base superior, 80 metros; altura, 65 metros. Después de algunos días del terremoto, el río de Los Pescados llevaba aguas turbias hasta su desembocadura en La Antigua, Golfo de México.

5.—HUNDIMIENTOS LOCALES.

(Lám. 1—B.) Posteriormente al temblor se han verificado hundimientos locales en Ayahualulco y en Ixhuacán. No podemos decir si estos cambios en la topografía de la región fueron ocasionados o coincidieron con algún choque sísmico o si ocurrieron sin que éste se presentara. Lo cierto es que son de gran significación para fundar algunas de nuestras conclusiones.

El primer hundimiento ocurrió en la última decena del mes de marzo de este año. Los trabajadores del campo en las cercanías de Ayahualulco se dieron cuenta de él mientras se entregaban a sus labores. No se precisa la forma ni las dimensiones del hundimiento. Solamente se dice que fué seguido de ruidos subterráneos, probablemente ocasionados por derrumbes parciales en las paredes del hundimiento.

El señor ingeniero don Rubén Bouchez, encargado de la Estación Sismológica Provisional de Jalapa, Ver., tuvo la bondad de comunicarme que del 4 al 10 del mes de julio de este año, ocurrió un hundimiento a 2 km. de Ixhuacán; el señor Bouchez gestionó ante el Gobernador del Estado de Veracruz que se hiciera una visita de inspección al lugar señalado, y el resultado lo transcribo en seguida: .....“me trasladé al lugar donde ocurrió el hundimiento, el cual se encuentra a 20 km. de Cosautlán, y a 2 de Ixhuacán, a 60 metros al S. del camino, en un sembrado de maíz por el que atraviesa un arroyo que interrumpió su curso por el hundimiento, haciendo que las aguas de aquél caigan a una profundidad de 18 metros; su forma interior es cónica y sus paredes están constituídas por rocas; parece que su asiento está falso y el agua que constantemente cae dentro, tiene corriente interior; su diámetro mide 30 metros y su abertura es casi circular; fué levantado con brújula y cinta.”.....El ayudante de ingeniero, Othoniel Aquirre (Firmado). Cosautlán, Ver. 24 de julio de 1920. (Acompaña el señor Bouchez su carta del plano levantado por el señor Aquirre.)

La aparición de estos fenómenos es muy instructiva para dar mejor idea de la región conmovida y confirman la relación que, según nosotros, guardan entre sí los accidentes sismo-tectónicos que se disponen en torno del Cofre de Perote.

Estos hundimientos son netamente tectónicos y han ocurrido en terrenos volcánicos terciarios, son inconfundibles con los hundimientos que corresponden a las cavernas en los países calizos o “kársticos,” (usamos esta denominación porque pertenece a la terminología físico-geográfica y está aceptada por las autoridades en la materia.

Estos fenómenos geológicos observados en Ayahualulco y en Ixhuacán. acusan el afallamiento característico de un *campo de asentamiento normal.*

El sabio geólogo Ed. Suess, refiriéndose al sistema de fallas que se presentan en un campo de esa naturaleza, dice: .....“Las fallas radiales cortan a las periféricas separando dovelas trapezoidales que se mueven independientemente; hacia el centro se forman cuñas triangulares que dan na-

cimiento a hundimientos particulares, localizados, circulares, angulosos o irregulares.".... Los hundimientos mencionados se han presentado en la proximidad de la isoseísta X, al N. de la área circunscrita por la isoseísta XI y ocupando un lugar intermedio entre el epicentro del terremoto y el centro geométrico del campo de afallamiento o sea el vértice del Cofre de Perote.

CAPITULO VI

Resultados de las observaciones macrosísmicas

Hasta ahora nuestro trabajo ha sido puramente descriptivo, hemos procurado presentar los diversos fenómenos ocurridos en la zona pleistoséistica del 3 de enero tales como fueron observados; una que otra vez hemos hecho razonamientos para definir las causas de algunos de ellos; o bien se ha insistido en algunos detalles importantes para que al final de nuestro estudio no nos sea difícil el paso de nuestras propias observaciones al establecimiento definitivo de nuestras conclusiones.

Con el material de datos que ya conocemos se pueden plantear los problemas que debe resolver el sismologista, a saber: construcción de las isoseístas en el mapa sísmico de la región, cálculo de la profundidad del foco o hipocentro, cálculo de la energía cinética desarrollada por el terremoto, e interpretación de la dirección de las ondas destructoras en cada localidad.

I.—ISOSEISTAS

El trazo de las isoseístas es una de las condiciones principales de un mapa sísmico. Siendo este último el resultado de las observaciones macrosísmicas en la zona pleistoséistica, se notará en nuestra exposición anterior un desorden aparente de ideas al citar a cada momento, cuando lo hemos creído necesario, el mapa sísmico de la Lám. I—B y las propias isoseistas; esto se debe a que no hemos querido desligar la presentación de ciertos fenómenos y la extensión que abarcaron de las posiciones y dimensiones de estas curvas; y de esta manera justificamos que el trazo de ellas no es arbitrario.

Como siempre sucede en casos semejantes, la construcción de las isoseistas está sujeta a un coeficiente de incertidumbre por los medios defectuosos de observación en el campo y por la falta absoluta de observaciones sismométricas instrumentales dentro de la área megasísmica. Se procuró, sin embargo, que su construcción no fuese arbitraria, así hemos obtenido (Lám. 1—B) curvas que se separan mucho de los círculos y de las elipses teóricas tan comunes en los trabajos sismológicos antiguos en que se carecía de observaciones macrosísmicas suficientes. La observación fué el fundamento exclusivo de la construcción de las curvas y ya veremos que satisfacen perfectamente a la ley mecánica de la conservación de la energía.

Su forma tiene semejanza con la huella de un pie humano, especialmente la IX y la X; y recuerdan la forma de las isoseistas del temblor del Valle Imperial de California del 22 de junio de 1915, estudiado por Carl. H. Beal, en cuyo mapa sísmico, la falla de San Jacinto es una línea axial de las isoseístas. El profesor F. Omori encuentra una curva semejante al trazar el área de percepción de los ruidos y detonaciones producidos en las erupciones del Asama-Yama (Erupción del 31 de mayo de 1909). Dentro de esta área acústica marca con puntos los sitios en que se percibieron con mayor claridad las detonaciones. El mayor número de puntos está en la parte ensanchada de la curva; lo que para nosotros significa, y así lo interpretamos,

que: ya se trate de vibraciones que provengan de un accidente tectónico o de un aparato volcánico en actividad, las isoseístas y las iso-acústicas se separan de la forma elíptica, si entran en acción simultánea o sucesiva varios segmentos de falla, en el primer caso, o varios focos de explosión, en el segundo.

Las isoseistas del temblor del 3 de enero se alargan de E. SE. a W NW., y son ligeramente cóncavas hacia el Cofre de Perote. Las IX, X y XI, fueron trazadas con los mejores datos: en cuanto a la VIII, nos parece un tanto arbitraria, aunque liga puntos de donde se recibieron noticias y próximamente marca el límite del fenómeno sentido como fuerte macrosismo sin llegar a ser megasismo; para la construcción de las curvas exteriores no tenemos datos, hasta llegar a la III. (No figura en el mapa sísmico I—B.) Por los telegramas recibidos en la Estación Central de Tacubaya, pasa por Veracruz, Tecamachalco, Tehuacán, Teotitlán, Cuicatlán, S. Jerónimo, Otumba, México, Tacubaya, Calpulalpan, Huamantla, Tlaxco, Chignahuapan, Tetela, Zacatlán, Huauchinango y Tuxpan. Esto significa que fué débilmente sentido en los Estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala, México y Distrito Federal, señalándose así el límite externo de la área macrosísmica. El cuadro siguiente da idea de la extensión de estas curvas y de sus constantes, que en lo que sigue nos van a ser de utilidad. La columna 5.ª del cuadro contiene las relaciones del cuadrado de la longitud de la curva a su área efectiva; y se verá que de la III a la X, esta relación es casi constante, siendo su promedio 19.4 veces, lo que es indicio de proporcionalidad entre las magnitudes comparadas, cualquiera que sea la isoseista que se considere. Las superficies fueron determinadas por medio de un planímetro polar de Amsler, repitiendo las medidas y promediando los resultados. Los desarrollos fueron medidos con curvímetro.

CURVA	Area en Km.²	Longitud Km.	Cuadrado de la longitud	Relación $\frac{L^2}{S}$
XI.	70.8	41.2	1697.4	26.8 veces.
X.	433.6	96.0	9216.0	21.2 „
IX.	955.2	140.0	19600.0	20.5 „
III.	77200.0	1130.0	1276900.0	16.5 „

Del examen de este cuadro se deducen estas otras relaciones:

Sup. III, $\gtrless$ 1090 veces Sup. XI. Sup. IX. $\gtrless$ 2 veces Sup. X. Sup. X, $\gtrless$ 6 veces Sup. XI.

El área epicentral, circunscrita por la isoseísta XI, es pequeña si se compara con sus similares en ocasión de otros sacudimientos terrestres; desde este punto de vista el terremoto que nos ocupa es comparable con el de Kangra, ocurrido el 4 de abril de 1905, y estudiado por Middlemiss Después encontraremos otro punto de contacto entre los mismos fenómenos sísmicos, por lo que se refiere a su sismogenia.

El área macrosísmica es apenas $\frac{1}{2,574}$ de la superficie territorial de nuestro país. Es fácil convencerse de que las isoseistas se aproximan unas a otras al N., NW. y W., es decir, hacia el macizo montañoso y se separan entre sí al S., SE. y E. Por lo cual, asimilando las isoseistas con las isohipsas de un relieve topográfico cualquiera, diríamos que la "pendiente sísmica" es mayor hacia el Cofre de Perote que al S. del curso del río Huitzilapa, esto es, al N. decreció rápidamente la intensidad del movimiento *hasta su extinción no lejos del epicentro,* mientras al S. y al E. decreció con lentitud; como si las ondas se propagaran mejor en estas últimas direccio-

nes. Estas condiciones particulares de la propagación de las ondas gravitacionales sirven al sismologista para definir la parte del accidente tectónico que se movió durante el terremoto, según veremos después.

2.—PROFUNDIDAD DEL HIPOCENTRO

La construcción de las isoseistas es de grande utilidad para resolver con su auxilio los otros problemas que hemos mencionado al principio de este capítulo.

La profundidad del hipocentro puede ser determinada por el método de Dutton. Si construímos "la indicatriz," es decir, la curva cuyas abscisas son las distancias de las isoseistas al epicentro (Falla de Ocoxochocan) y por ordenadas las intensidades correspondientes a cada curva, expresadas en milímetros por segundo cuadrado, encontraremos dos cosas: 1.ª, que la indicatriz no sería la misma en todas direcciones al rededor del epicentro; obtendríamos tantas curvas distintas, aunque todas de la misma familia, cuantos planos secantes verticales hiciéramos pasar por el epicentro. 2.ª, que todas estas curvas presentarían como característica común la de tener su punto de inflexión en la ordenada que correspondiera a la intensidad de la isoseísta IX, por ser en ella en donde comienza a decrecer la "pendiente sísmica" con verdadera lentitud. Conocida ya el área de esta curva, buscaremos el radio del círculo equivalente; y substituyendo su valor en la ecuación del Mayor Dutton:

$$q = r\sqrt{3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (A);$$

en la que q es la profundidad del foco y r el radio.
del círculo equivalente, ambas expresadas en km., resultará:

$$\text{Area} = 955.2 = \pi r^2,$$

de donde:

r=17.4 y substituyendo en (A):
q=30.1 km.

Esta distancia vertical la atravesarían las ondas longitudinales en un tiempo máximo de 5 segundos. Aunque esta profundidad no es exagerada si se compara con las de su misma especie, calculadas para otros terremotos, no nos satisface, porque siendo el área epicentral pequeña, la profundidad focal correspondiente debe ser también pequeña, conforme a los principios axiomáticos de Von Lasaulx. Además, la estructura interna que consideramos como causa sismotectónica de este terremoto es poco profunda. Dutton considera que de 20 a 25 millas en adelante, o sea 40 kilómetros como máximo, deben rechasarse los resultados que se refieren a profundidades focales. Pero algunos autores sostienen la tesis de que abajo de 10 kilómetros las condiciones físicas de la corteza terrestre no permiten la existencia de fracturas; y por tanto, no descienden a esa profundidad las dislocaciones sismogénicas que afectan la superficie de la tierra.

3.—ENERGIA DEL MOVIMIENTO

Desde que la sismología entró en el campo de la observación y de la experimentación, hubo de adquirir el carácter de cuantitativa; pero siendo de orden tan complejo los fenómenos que estudia, el análisis matemático es insuficiente muchas veces para darnos idea de ciertas magnitudes sísmicas, si queremos que éstas sean absolutas y se expresen en términos de una unidad escogida de antemano. Uno de los problemas más escabrosos, por la incertidumbre de sus resultados, es la medida de la energía radiante en el caso de un temblor de tierra. La intensidad de un temblor se considera

proporcional a la aceleración máxima de la partícula terrestre, en un lugar determinado, considerado aisladamente; y esta es la base de las escalas de intensidad ya conocidas; pero la energía cinética total o radiante, desarrollada por un terremoto es el trabajo que consume la masa puesta en movimiento para generar ondas de tipo armónico. Un mismo terremoto puede ser altamente destructor en la zona epicentral y aun en la megasísmica y a la vez poner en libertad una pequeña cantidad de energía cinética total; o inversamente, en una extensión en donde los efectos del terremoto no sean desastrosos, puede haberse librado una energía muy considerable. Entre la intensidad de un terremoto y la energía sísmica existe la misma diferencia que entre la iluminación o alumbramiento y la energía total que emite un foco luminoso, tales como se interpretan estas magnitudes en fotometría.

El examen de las ecuaciones del movimiento armónico simple nos convencerá de la imposibilidad de calcular, la mayoría de las veces, la energía cinética, de una manera directa; efectivamente:

$$v = \frac{2\pi a}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1);$$

$$f = \frac{v^2}{a} = \frac{4\pi^2 a}{t^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2);$$

$$\text{y } W = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{2\pi a^2 V.m.}{t^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Las (1) y (2) dan la velocidad y la aceleración del movimiento vibratorio en un lugar en que se han medido la amplitud a y el período t de la onda máxima (medidas hechas sobre el sismograma). En el área macrosísmica ya hemos dicho que no se obtuvo la medida de estas magnitudes. La ecuación (3) da la energía cinética que pasa por el plano paralelo al frente de la onda por unidad de superficie y en la unidad de tiempo, en un medio elástico cuya densidad o masa específica es m, siendo V la velocidad de transmisión de la onda. Suponiendo que conociéramos a y t, no podríamos calcular a W sino cometiendo errores muy grandes, porque asignaríamos a V y a m valores arbitrarios. Tenemos que recurrir a métodos indirectos para estimar la energía relativa del terremoto del 3 de enero.

La primera tentativa para medir la energía radiante en un medio elástico, fué de Lord Kelvin. Después, T. C. Mendenhall, J. Milne, R. de Kövesligethy y Harry Fielding Reid se han ocupado de la energía sísmica. Milne considera que las áreas de las isoseistas, son proporcionales a la energía librada por el terremoto.

Debemos decir que conforme a la ley de la conservación de la energía, la que atraviesa todas y cada una de las isoseístas, es la misma, en otros términos: las áreas son inversamente proporcionales a las intensidades, y por tanto, a las aceleraciones. En efecto, si en la ecuación (3) reconocemos que interviene la aceleración y substituímos su valor que da la (2), resultará:

$$W = \frac{1}{2} f.a.V.m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4).$$

Es decir, la energía es proporcional a la aceleración y a la amplitud.

Para nuestro caso particular hemos llegado a la misma conclusión después de la construcción de nuestro mapa sísmico, sin prejuicio de ninguna especie; en efecto, hemos interpretado estos resultados construyendo las gráficas 1 y 2 de la Lám. III—B en la primera, las abscisas son las aceleraciones en milímetros por segundo cuadrado y las ordenadas, los desarrollos lineales de las isoseístas en kilómetros. En la segunda, las ordenadas son

las áreas de las isoseístas en kilómetros cuadrados. Refiriéndonos a la última, podemos comprobar que sensiblemente, las áreas son inversamente proporcionales a las intensidades; es decir:

$$\text{Area} \times \text{Intensidad} = \text{Constante} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5).$$

Por lo cual la gráfica es, dentro de los límites de las isoseístas III y X, aproximadamente una hipérbola equilátera. Lo que está de acuerdo con las leyes de la física, pues haciendo uso del lenguaje que se emplea en la Teoría del Potencial, diríamos que *el flujo sísmico que parte de un foco de vibraciones es constante.* Pero si por nuestras observaciones macrosísmicas y por su interpretación geométrica hemos llegado a esta ley general, que comprueba la construcción de nuestras isoseístas como la más probable, no por eso hemos resuelto el problema que nos propusimos. Para ello hay que recurrir a un método indirecto, éste es el de H. Fielding Reid Para calcular la energía sísmica determina el cuadrado de la longitud de la isoseísta III, escogiendo esta curva porque marca el límite de percepción del movimiento para el hombre, y por tanto, su trazo es más fácil que el de las otras, su forma menos irregular, y en ella han emergido las ondas mejor diferenciadas que en las curvas interiores. Después, fundándose en que los cuadrados de las longitudes de la isoseísta III para dos terremotos, son directamente proporcionales a sus respectivas energías, escoge el terremoto de California del 15 de abril de 1906, cuya energía fué cuidadosamente determinada (1.75×10^{24} ergs), habiendo sido 10.800,000 kilómetros cuadrados, el cuadrado de la longitud de la isoseísta III; y con estos valores calcula la energía relativa de cualquier terremoto, haciendo uso de la proporción:

$$\frac{L^2_1}{L^2_2} = \frac{\text{Energía}_1}{\text{Energía}_2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (B)$$

Por lo demás, el método de H. F. Reid está de acuerdo con las conclusiones de Milne, que compara las áreas de la misma isoseísta en dos terremotos. En el caso del 3 de enero, la columna 5.ª de la página 94 indica que ambos métodos son semejantes.

La isoseísta III del terremoto del 3 de enero no tuvo una forma regular que siquiera se aproximara a la de una elipse, el cuadrado de su longitud es 1.276,900 kilómetros cuadrados. Haciendo uso de la (B), encontramos para el terremoto del 3 de enero de 1920:

$$\text{Energía} = 0.21 \times 10^{24} \text{ ergs} \ldots \quad (6).$$

Este resultado coloca al terremoto mexicano en la lista de las catástrofes sísmicas más recientes, como superior a los de la isla de Ischia del 4 de marzo de 1881 y del 28 de julio de 1883 y al de Costa Rica del 4 de mayo de 1910 e inferior al de Messina del 28 de diciembre de 1908 y a los de San Francisco California de 1906, de Mino-Owari, de Charleston, de Lisboa y otros. Sin embargo, fué catastrófico en la área epicentral.

La energía del terremoto de Messina fué 2.7 veces mayor que la que libró el terremoto de Puebla y Veracruz.

4.—DIRECCION DEL MOVIMIENTO

Las direcciones observadas en cada localidad de la área megasísmica constan en la Lám. I—B; si por un momento nos imaginamos que desaparecen las isoseístas trazadas en el mapa sísmico, la divergencia de las direcciones marcadas por las flechas, produciría a primera vista la confusión más completa, tan cerca se encuentran una de otra dos direcciones que difieren entre sí más o menos 90°. Pero si relacionamos las flechas con el

trazo de las isoseístas, esa confusión momentánea desaparecerá y concluiremos algo útil. (No olvidando la influencia que tienen en la dirección observada la elasticidad del subsuelo, la topografía local, y principalmente, la mezcla de ondas sólidas de naturaleza distinta que emergieron dentro del área megasísmica.)

En las cercanías del epifoco se mezclan las ondas longitudinales, transversales y superficiales, pero dada la velocidad mayor de las primeras, emergerán en primer término y serán las más violentas dentro de la isoseísta XI. Las direcciones del movimiento en Chilchotla y Patlanalá correspondieron a las ondas longitudinales, son *casi normales a la isoseísta XI;* por la caída de edificios (torre de Chilchotla); la conservación de construcciones en orientación favorable (puente de Chilchotla); y la deformación permanente de algunas estructuras (caseta de madera en Patlanalá), puede asegurarse que el movimiento del suelo dentro de la isoseísta XI fué *desde el epifoco,* es decir, *externo* (onda de compresión). Esto significa que el foco principal del sacudimiento fué muy superficial, según las conclusiones del profesor F. Omori. En los intervalos X—XI y IX—X, y al N., NW., W. y SW., esto es, en donde las curvas se aproximan entre sí, encontramos que las direcciones son aproximadamente pararelas a la tangente a la isoseísta en cada localidad: Ayahualulco, Agua de la Mina, Saltillo Lafragua y Camuxapa. Podemos decir que en estos lugares emergieron las ondas transversales como más enérgicas que las longitudinales. Hacia el Oriente de la zona megasísmica, en donde las curvas se separan por un decrecimiento lento de la intensidad, como si hubiera sido más fácil la propagación del movimiento vibratorio en ese sentido, las direcciones se aproximan más a la normal que a la tangente de las isoseístas en cada lugar, es decir, las ondas longitudinales llegaron a la superficie con gran violencia para dejar huellas de su dirección: Teocelo y Jalapa. En Cosautlán influyó la accidentada topografía de sus contornos. En San Andrés Chalchicomula las ondas que afectaron la estabilidad de las construcciones fueron superficiales o gravitacionales.

Se desprende de lo expuesto, que con datos más abundantes y observaciones cuidadosas en el intermedio de las curvas IX y III, que no exploramos, se hubiera podido fijar de una manera más completa el carácter del terremoto en lo que se refiere a la propagación de las ondas y definir la longitud de onda que correspondió a las vibraciones de las 3 fases; porque acerca de esto sólo contamos con el dato sismométrico de la Estación Central de Tacubaya que da la longitud de las ondas de la primera fase, como vimos en la segunda parte de esta memoria.

CAPITULO VII

Consideraciones dinámicas acerca del terremoto. Sismogenia.

> "Conviene ser particularmente prudente al tratar de razonar sobre la naturaleza de los temblores de tierra."
> *Ed. Suess.*

Solamente con el fin de presentar un conjunto más o menos completo del fenómeno sísmico del 3 de enero, nos vemos en la necesidad de entrar en el terreno de las conjeturas acerca de la causa que lo produjo. No intentaremos relacionar este fenómeno con la tectónica general del país, pues estos trabajos sintéticos son peligrosos y demandan de parte del que los ejecuta muy profundos conocimientos. Creemos que sujetándonos a nuestras observaciones macro y microsísmicas y al rápido reconocimiento que pudimos hacer en el terreno, nos será fácil llegar a inferir las causas del terremoto, explicando el mecanismo del movimiento en una forma demasiado simple y concreta.

El aspecto fisiográfico de la región dijimos que revela un caso típico de topografía sísmica: los alineamientos orográficos se suceden paralelamente de Norte a Sur entre el Cofre de Perote y el Cañón de Huitzilapa, desde Chilchotla a Patlanalá, formando un conjunto que si se secciona verticalmente por un plano que pase por el Cofre de Perote, cualquiera que sea el azimut del plano, su intersección con el terreno será el zig-zag vertical de los dientes de una sierra y en los senos de este perfil dentado se alojan el Huitzilapa y sus afluentes.

La red hidrográfica se localiza en antiguas fracturas de las andesitas, hoy profundizadas hasta descubrir el basalto columnar que forma el basamento del Cofre de Perote. Los derrames de lavas terciarias cubrieron los sedimentos cretácicos plegados que descubrimos en Patlanalá, en donde el cañón del Huitzilapa es más profundo.

Todo este edificio descansa sobre la infra-estructura de syenitas, gabbros y granitos que afloran en donde la erosión de las aguas corrientes ha profundizado demasiado las fracturas de las andesitas. (Barranca de Atlipixtla, Lám. II—B, 3). Entre estas fracturas que se orientan de E. a W. y de NE. a SW., en torno del Cofre de Perote, existen fallas como la de Ocoxochocan (Lám. XXI—B, 2); el bajo de esta falla normal está constituído por las rocas intrusivas cristalinas (syenitas); su echado es casi al S.; y el alto lo forman las andesitas que ocupan una grande área en la región pleistoséistica.

Los cambios del relieve ocasionados por el terremoto fueron profundos en Ocoxochocan, los de más importancia entre todos los observados; tanto que por su magnitud nos vimos imposibilitados para calcular la profundidad del foco por el método del señor ingeniero Loperfido; porque este método supone que los cambios en las coordenadas absolutas de un punto del relieve topográfico sean diferenciales, cosa que no sucedió ni en el accidente sismo-tectónico ni en sus cercanías. La línea de falla de Ocoxochocan coincide con el eje mayor de la isoseísta XI (Lám. I—B).

El movimiento vibratorio que se originó en el plano de falla de Ocoxochocan se propagó con libertad, decreciendo lentamente al S. de la falla y se extinguió rápidamente al N., lo que significa que el bloque de la corteza puesto en movimiento pertenece al alto de la falla de Ocoxochocan.

Las observaciones sismográficas han revelado que no hubo del primero de noviembre de 1919 al cinco de enero de 1920, migración del foco; esto individualiza la dovela que se movió en dos períodos de inquietud sísmica, correspondiendo al terremoto del día 3 de enero iniciar el segundo período.

La dovela no es de grandes dimensiones lineales, porque la proyección horizontal de la línea de falla que entró en actividad, mide 45 km. (más o menos la mitad de la que correspondió a la falla de Acambay-Tixmadejé del Estado de México, descubierta en 1912). Esta dimensión ha sido deducida de los intervalos L—P de los choques anteriores y posteriores al terremoto, según los registros de la Estación Central; los intervalos oscilan entre 22 y 28 segundos y los choques provienen del E. de Tacubaya.

Las dimensiones verticales del accidente tectónico son pequeñas:

1.°, por los áreas relativamente reducidas de las isoseístas centrales; 2.°, por las huellas que dejó el terremoto dentro de la isoseísta XI de que el primer impulso fué compresional externo; 3.°, por su rápida extinción macrosísmica, no dejándose sentir el movimiento sino en la parte oriental de nuestro país; 4.°, por no haber accionado los sismógrafos de las estaciones extranjeras a más de 4,000 km. del epifoco.

La falla de Ocoxochocan pertenece a un segmento de falla periférica de las que bordean el flanco N. del Cañón de Huitzilapa, formando poligonales cóncavas hacia el Cofre de Perote, centro común de estas poligonales más o menos irregulares. La existencia de estas fallas periféricas se revela: 1.°, por la fisiografía de la región, y 2.°, porque la línea axial de las isoseístas es curva y vuelve su concavidad hacia ese centro. La presencia de fallas

periféricas con respecto a un centro común supone necesariamente el sistema conjugado radial:

1.° Por la experimentación, que nos ha demostrado que si una masa sufre la contracción molecular hasta perder su cohesión en torno de un núcleo que sea más resistente o más tardío para sufrir el fracturamiento, aparecerán ambos sistemas de fracturas periférico y radial en torno de ese punto. Estos resultados pueden conseguirse por la desecación de una masa pastosa, por hundimiento lento del núcleo en una masa más o menos plástica o por hundimiento gradual de la periferia al centro.

2.° Los hundimientos locales de Ayahualulco e Ixhuacán, citados en el Capítulo V, atestiguan que la región está francamente dividida en dovelas que aisladas del conjunto se mueven con independencia en ese campo reticular de fracturas.

Es, por tanto, la región que visitamos un campo de dislocación que ha producido períodos de sismicidad como el del 3 de enero y que producirá nuevos sacudimientos.

El sabio geólogo. Ed. Suess llama a estas regiones *"campos de dislocación por asentamiento o hundimiento"* y dice: "No hay en este grupo de dislocaciones de que voy a tratar ninguna huella de impulso activo dirigido de *arriba hacia abajo*. Cuando faltan los movimientos tangenciales, las dislocaciones existentes se explican fácilmente por *una flexión del soporte y por la gravedad*: todo lo que se observa se reduce a formas diversas de asentamientos y hundimientos pasivos; se conserva la impresión de que *la componente vertical obra en la profundidad como si llegara a crear* abajo de una cubierta superficial *vacíos* que permitieran a las dovelas de esta corteza el hundimiento. Se distinguen en un campo normal de asentamiento: fallas periféricas, radiales, diagonales y transversales."

Es decir, que el asentamiento no implica la existencia de vacíos interiores que vienen a ser ocupados por las capas superiores, esta idea es demasiado vulgar, pero ya se ve que es suficiente la *flexión del soporte* para que la super-estructura se disloque y fraccione en dovelas limitadas por fracturas radiales y periféricas.

Hemos observado muy recientemente en pequeña escala, que no se necesita del *vacío inferior* para que un macizo superior se disloque y fracture. Habiendo cedido el soporte, el fenómeno se ha producido: un muro de adobe sin cimientos y cargado, descansaba sobre una capa de arcilla, que las lluvias humedecieron hasta ponerla plástica, el soporte cedió porque la capa inferior no era compresible y el muro fué arruinado bruscamente.

En vista de las ideas anteriormente expuestas y concretando nuestra conclusión podemos decir que: *una flexión del soporte cretácico en que descansan los derrames volcánicos terciarios de la base del Cofre de Perote, ha producido un campo de afallamiento radial y periférico, dentro del cual se encuentra la zona epicentral del 3 de enero de 1920.*

El accidente sismo-tectónico es visible en la superficie del terreno (falla de Ocoxochocan) y coincide como en el terremoto de Kangra con el contacto de las rocas eruptivas terciarias y las intrusivas cristalinas.

El terremoto del 3 de enero fué de dislocación o estructural, independiente de toda acción volcánica.

La zona epicentral pertenece a la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental, muy cerca de los límites de la Mesa Central Mexicana, y ocurrió en un terreno ocupado por rocas eruptivas terciarias y pleistocenas. No guarda relación aparente con ninguno de los sistemas de fallas que han sido considerados como sismogénicos en ocasión de otros temblores mexicanos de epifoco continental.

La presentación del fenómeno que estudiamos, se agrega a la lista de temblores mexicanos, cuyos epifocos se han localizado en la parte central de nuestro país sin pertenecer al geo-synclinal circumpacífico. La zona de frecuencia sísmica tan elevada que bordea el litoral de los Estados de Mi-

choacán, Guerrero y Oaxaca, ha cedido en los últimos diez años su importancia sísmica a una faja continental que parece estar comprendida entre los paralelos 19° y 20° y está jaloneada afortunadamente por puntos escasos. Efectivamente, el 7 de junio de 1911 un megasismo conmovió el país, su epifoco estuvo situado en Jalisco y sus coordenadas = 19° N. y λ =103° W. de Greenwich fueron determinadas por los métodos de Klotz y de B. Galitzin. Vinieron en seguida los temblores de Guadalajara en 1912, y al final de ese año los terremotos de Acambay, Estado de México, producidos por una falla normal de rumbo EW., que coincide, aproximadamente, con el paralelo 20°.

Los ríos de Lerma y de las Balsas, que pertenecen a la vertiente del Pacífico, parecen limitar por el Norte y por el Sur esta zona transversal de sismicidad. Dentro de esta zona están las fallas en escalera del valle de Morelia. Ya hemos indicado en otro estudio el origen probablemente tectónico de los lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo, en el Estado de Michoacán. Las fallas de Tlalpujahua, Mich., quedan dentro de la zona que burdamente delineamos por falta de datos más precisos.

Advertimos que no pretendemos relacionar entre sí las manifestaciones sísmicas citadas ni atribuirlas a un mismo accidente tectónico, solamente hacemos resaltar la sismicidad en el centro de nuestro territorio a través de la Mesa Central Mexicana.

Tacubaya, D. F., 15 de agosto de 1920.

Heriberto Camacho.

APENDICE

I

Proyecto de una red sismológica en México

El objeto de una red sismológica es adquirir el conocimiento exacto de la sismicidad de un país; y por tanto, la localización de los epifocos es el primer paso en este conocimiento.

Dadas las dimensiones de nuestro planeta, se ha convenido para las investigaciones sismológicas, sin perjuicio de las geológicas, en que el epifoco de un temblor es un punto por determinar en un plano o en la esfera. Teniendo en cuenta esta consideración, el problema es semejante al de la localización de un punto en el espacio, o para mayor sencillez, en un plano por medio de sus coordenadas. Para lograrlo se necesita de una verdadera "triangulación sísmica," como existen la topográfica y la geodésica. Por eso, desde el punto de vista geométrico, nuestra red deberá estar formada por estaciones que ocupen los vértices de una red o de una cadena de triángulos aproximadamente equiláteros.

Desde el punto de vista tectónico las estaciones sismológicas deben alinearse en paralelismo con las directrices de nuestros ejes montañosos, y en este concepto, deberían ocupar líneas paralelas a las costas. Este punto de vista no es digno de consideración, porque en nuestros grandes temblores no hemos necesitado que esta condición esté satisfecha para hacer una exacta localización del epifoco.

Finalmente, y esto parece más importante, debemos tomar enseñanzas de la experiencia adquirida de 1904 a 1920 (diez y seis años de funcionamiento de los sismógrafos en México); ésta nos ha permitido encontrar como principales regiones sísmicas del país, las siguientes: 1.ª, la que bordea las costas del litoral del Pacífico en Oaxaca, Guerrero y Michoacán, abarcando parte de Chiapas, por lo que el Istmo de Tehuantepec queda dentro de esta área sísmica; 2.ª, Sonora y la Baja California; 3.ª, la que forman los epifocos que se alinean a lo largo de fallas dirigidas de E. a W. entre los paralelos 19° y 20° y que forman una faja transversal en el centro del país, cuyas manifestaciones han sido los temblores de Colima, Jalisco, Acambay y los recientes de Puebla y Veracruz. Mientras la primera región parece tener por límite boreal el curso del río Balsas, que sensiblemente corre por el paralelo 18° del E. al W., la última región sísmica que podemos llamar continental o de dislocaciones transversales a los ejes de las cordilleras principales, tiene por límite boreal el curso del río de Lerma, que se desarrolla del E. al W., siguiendo el paralelo 20° y cambiando después al NW. al llegar al paralelo 21°, hasta alcanzar su desembocadura.

De estas zonas ya conocidas hemos de recibir con frecuencia manifestaciones sísmicas y como los instrumentos con que actualmente contamos no están acondicionados para trabajar dentro de una zona pleistoséistica, pues en el caso de un choque brusco son inútiles las indicaciones instrumentales de un sismógrafo Wiechert, debemos instalar nuestras estaciones

en condiciones tales que un macrosismo sea registrado en todas ellas o en la mayoría y poner los instrumentos a salvo de una probable destrucción.

Además, y esta no es una razón de simple comodidad, las estaciones deben ubicarse en la cercanía de ciudades o poblados que presten garantías a la conservación de los instrumentos y en donde con un sueldo razonable se encuentre personal idóneo que las atienda, para que dentro de poco tiempo se encuentre al frente de la Red Sismológica un grupo competente de personas compenetradas del papel de la Sismología y capaz de progresar en sus investigaciones.

Debemos añadir que no es el único objeto de la Red Sismológica localizar los epifocos del país para construir la carta sísmica del mismo, sino además, debe contribuir al estudio de la física del globo; y a este respecto se tiene en cuenta en el proyecto el funcionamiento de estaciones que liguen nuestra red con las de los países vecinos por el Norte y por el Sur para cubrir los vacíos que se notan con frecuencia al construir el hodógrafo que corresponde a un terremoto. Estos vacíos dependen de que las estaciones no se escalonan entre los epifocos últimamente descubiertos en México, y las estaciones extranjeras. El proyecto comprende: A.—Estaciones que funcionan actualmente; B.—Estaciones que deben reinstalarse porque fueron destruídas durante la revolución. C.—Estaciones proyectadas conforme a las bases anteriores.

Con estos tres grupos se formará por de pronto una red de 15 estaciones que ocupen los vértices de dos cadenas de triángulos y que podíamos llamar la Red Preliminar.

A.

Estación Central en Tacubaya, D. F.
" de segundo orden en Mazatlán, Sin.
" " " " " Oaxaca.

B.

Estación de primer orden en Mérida, Yuc.
" " segundo orden en Monterrey, N. L.
" " " " " Guadalajara, Jal. o en Colima, Col.

C.

Estación de primer orden en Chihuahua, Chih.
" " segundo orden en Morelia, Mich, o Toluca, Méx.
" " " " " Puebla, Pue.
" " " " " Veracruz, Ver.
" " " " " Colima, Col.
" " " " " Tixtla, Gro.
" " " " " Salina Cruz, Oax.

y posteriormente las estaciones de segundo orden en La Paz, B. C. y en Hermosillo, Son.

Con el conjunto de los tres grupos mencionados se obtienen tres líneas de estaciones que cortan nuestro territorio de NW. a SE.: la primera o boreal estaría formada por cuatro estaciones: Hermosillo, Chihuahua, Monterrey y Mérida. La segunda o central la constituirán siete estaciones: La Paz, Mazatlán, Guadalajara, Morelia, Tacubaya, Puebla y Veracruz. La tercera o meridional tendría cuatro estaciones: Colima, Tixtla, Oaxaca y Salina Cruz.

Veamos qué ventajas se obtienen de agrupar los observatorios sismológicos en estas tres líneas: la estación de Mérida es importante porque establece un eslabón de enlace entre nuestra red y los sismógrafos de la

América Central, es el "detective," si se permite la expresión, de las ondas sísmicas que provengan de la región ístmica del continente americano, en esta labor influirá mucho la estación de Salina Cruz, cuya importancia sólo será comparable con la de la actual estación de Oaxaca, por el número crecido de registros que proporciona anualmente. Las estaciones de Chihuahua y Hermosillo servirán para ligar nuestra red con la de California, E. U.

Las estaciones de la segunda línea o central, permitirán localizar cualquier epifoco del litoral del Pacífico con bastante exactitud, porque ya sea continental o submarino, por simples intersecciones, cualquiera que sea la posición de los rayos sísmicos, habrá siempre tres estaciones de la línea central, que ligadas al epifoco, no produzcan intersecciones bajo ángulos muy agudos. La línea más austral que ocupa lugares más cercanos a la costa, servirá para localizar los epifocos submarinos del geo-synclinal y dará muy valiosas indicaciones en conjunto con las otras dos, cuando se registren movimientos de las fallas centrales del país. Estas tres líneas se disponen en concordancia con las regiones sísmicas y penesísmicas de nuestro país; y por burda que sea la carta de sismisidad que se consulte, se llegará al conocimiento de que la mayoría de las observaciones instrumentales en el caso de un megasismo, serán utilizables, lo que enriquecerá el material por ahora escaso para nuestros estudios. Para terminar haremos notar que la instalación de las estaciones de Veracruz y Salina Cruz nos parece urgente. Hemos presentado este proyecto que tuvimos el honor de dar a conocer al señor Director del Instituto en abril del presente año, porque el establecimiento de la Red Sismológica bajo bases racionales y económicas guarda íntima relación con los últimos acontecimientos de Puebla y Veracruz; y nos precave de caer en el error de fundar estaciones sismológicas dentro de las zonas pleistoséisticas a raíz de un acontecimiento sísmico de importancia, pues en tales casos se ha demostrado que los instrumentos suministran registros de escaso valor científico y que los gastos de su intalación no se ven compensados por los resultados que se alcanzan. (Lám. XXII—B.)

Tacubaya, D. F., 15 de agosto de 1920.

Heriberto Camacho.

II

INFORME ministrado por el señor Octavio Fernández de Castro, encargado de la Estación Meteorológica de Córdoba, Ver., respecto al temblor del día 3 y siguientes, de enero del presente año, cuyos datos fueron tomados personalmente y con ayuda de un pequeño sismoscopio de su invención.

Día 3 a 21ʰ. 49ᵐ. 14ˢ. muy fuerte oscilatorio y trepidatorio NW. a SE. con ruidos subterraneos.
„ 3 „ 22 . 15 . ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 22 . 19 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 28 . 00 . 18ˢ muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 23 . 08 . ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 23 . 10 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 23 . 37 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
Día 4 „ 0 . 15 . algo fuerte oscilatorio y trepidatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 0 . 49 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 2 . 03 . 20ˢ. muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 2 . 23 . 50 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 3 . 33 . 10 . muy ligero oscilatorio y trepidatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 4 . 07 . 30 . muy ligero oscilatorio y trepidatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 7 . 04 . 10 . ligero trepidatorio.

„ 4 „ 10 . 11 . 00 . ligero trepidatorio.
Día 5 „ 9 . 52 . 00 . muy ligero trepidatorio.
„ 5 „ 10 . 09 . 04 . muy ligero trepidatorio.
Día 7 „ 0 . 25 . 00 . ligero oscilatorio NW. a SE.

El primer movimiento que alcanzó una regular duración, fué bien registrado por el pequeño aparato, cuyo trazo presentó una fuerte desviación del NW. al SE., no así los demás movimientos, en atención a la imperfección del instrumento en aquel entonces.

Al sentirse los primeros muy fuertes movimientos del primer temblor, pude apreciar el violento salto de los pequeños objetos sobre la superficie de los muebles, así como el paro de los relojes cuyos péndulos se movían del NE. al SW., y no se presentó este fenómeno en los que se movían con la dirección del temblor.

Los ruidos subterráneos, semejantes al que produce un tren en marcha que desciende a regular distancia, fueron generalmente apreciados por todos los habitantes, y siempre se escucharon antes que la llegada del movimiento.

Tanto por la suspensión de la marcha de los relojes como por la caída de los objetos y el trazo del pequeño aparato, el movimiento del temblor para esta ciudad fué de NW a SE., pero pudo apreciarse también que este movimiento era acompañado por trepidaciones fuertes.

Como consecuencia del primer temblor entre los edificios más perjudicados pueden contarse los siguientes: Hotel Zevallos, Hotel Imperial, Escuela Secundaria Mixta, la casa habitación del señor Rafael Gómez Vargas, la cantina "El Cantábrico," la Escuela primaria "Hernández y Hernández," la casa habitación del señor general Cándido Aguilar, la casa cural anexa a la parroquia, la casa de la señora Felícitas Tómas Vda. de Fagoaga, el Palacio Municipal, la casa del señor José J. Montero y los Casinos Cordobés y Español, cuyas construcciones antiguas ya han sufrido otros fuertes temblores y en éste resintieron demasiado, presentando fuertas grietas, de las cuales unas eran antiguas y reaparecieron, y otras nuevas, que produjo el mencionado movimiento.

La parroquia de esta ciudad, hace más de cuarenta años, en un fuerte temblor sufrió la caída de una de sus torres, y desde entonces tiene grandes grietas que habían sido cubiertas, y las cuales hoy aparecieron bruscamente, lo que ha aumentado la consiguiente desconfianza al edificio, pero que en realidad no son de tomarse en consideración, dada la buena construcción general.

No se registró incidente alguno de graves consecuencias, pero de repetirse otro movimiento como el primero, se producirían grandes derrumbes.

En general, el ochenta por ciento de las casas de la ciudad sufrieron cuarteaduras regulares y puede decirse que han quedado divididas las habitaciones todas, en sus cuatro ángulos.

Las divisiones de mampostería que más sufrieron fueron todas las que se encuentran construídas siguiendo la línea NE. a SW, y precisamente en esta posición se encuentran las de las cuatro casas que en la ciudad sufrieron algún derrumbe, pero que, como el mayor de éstos sólo es de dos metros cuadrados de mampostería, relativamente se estima que no hubo pérdidas de importancia, así como felizmente ninguna desgracia personal."

H. Córdoba, enero 7 de 1920.

El Encargado, *Octavio Fernández de Castro*.—Rúbrica.

Este informe lo recibimos del señor Fernández de Castro el 22 de noviembre del año en curso, cuando estaba para darse a la prensa esta Memoria, pero nos pareció útil insertarlo, aunque fuera al final de ella, porque da idea del carácter del terremoto en la ciudad de Córdoba.

BIBLIOGRAFIA

El Nauhcanpatépetl o Cofre de Perote. Por el señor ingeniero E. Ordóñez. Bol. Soc. Geol. Mexicana. Tomo I.

El Pico de Orizaba. Por el señor doctor P. Waitz. Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo VII.

Itinerarios geológicos. Por el señor ingeniero J. G. Aguilera. Bol. Inst. Geol. Números 4-6, 1896.

Geología de los alrededores de Orizaba. Por el señor doctor Emilio Böse. Bol. Inst. Geol. Número 13, 1899.

Algunas regiones petrolíferas de México. Por el señor ingeniero de minas J. D. Villarello. Bol. Inst. Geol. Número 26.

Las barrancas de las Minas y Tatatitla. Por el señor ingeniero E. Ordóñez. Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo I.

Bosquejo geológico. Por el señor ingeniero J. G. Aguilera, y el señor ingeniero don Antonio del Castillo. La Naturaleza. 2.ª serie. Número 2, 1894-1896.

La Terre Tremblante. Por Jean Carriere.

La Rosa Sísmica de Orizaba, según las observaciones de C. Mottl. La Science Seismologique. Por el conde F. de Montessus de Ballore.

K. Haussmann.—Beitrag. Zur, Bestimung der Fortpfianzungseschwindifkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten.—Comptes Rendus des Seances de la Quatriéme Conference de la Commission Permanente et de la Deuxieme Internationale de Sismologie. Reunies a Manchester. 1911.

Boletín del Instituto Geológico de México. Número 32. Año de 1913.

F. de Montessus de Ballore.—La Sismologie Moderne. Paris. 1911.

Emm. Martonne.—Traité de Géographie Physique. Paris. 1903.

Ed. Suess. La Face de la Terre. Tomo I. Paris. 1897.

Cral H. Beal.—Bull. of the Seismol. Soc. of America. Sep. 1915. Vol. 5. Número 3.

Prof. F. Omori. — Eruptions and Earthquakes of the Asama-Yama. — Imp. Earthq. Invest. Comm. of Japan. Tomo VI.

Ingeniero Valentín Gama.—Anuario del Obs. Astr. Nac. Año de 1915. Tacubaya.

Prof. Emilio Oddone.—Gli Elementi Fisio. del Grande Terremoto Mariscano-Fucense del 13 gennaio 1915. Modena.

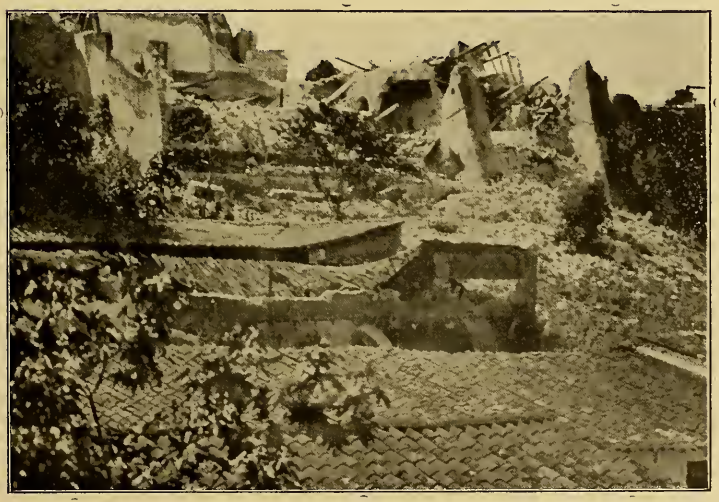
H. Camacho.—Estudio Hidrológico del Valle de Morelia, Mich. (En prensa.)

El Pico de Orizaba. Vista tomada desde San Andrés Chalchicomula, Pue.

El Pico de Orizaba. Vista tomada desde "La Cueva." Falda occidental del volcán.

Vista general de Jalapa, Ver. En el fondo el cono basáltico del Matlacuiltepetl.

Fotografía número 1.—Vista de Cosautlán, Ver., (destruído), tomada desde el camino de Teocelo a esta población.

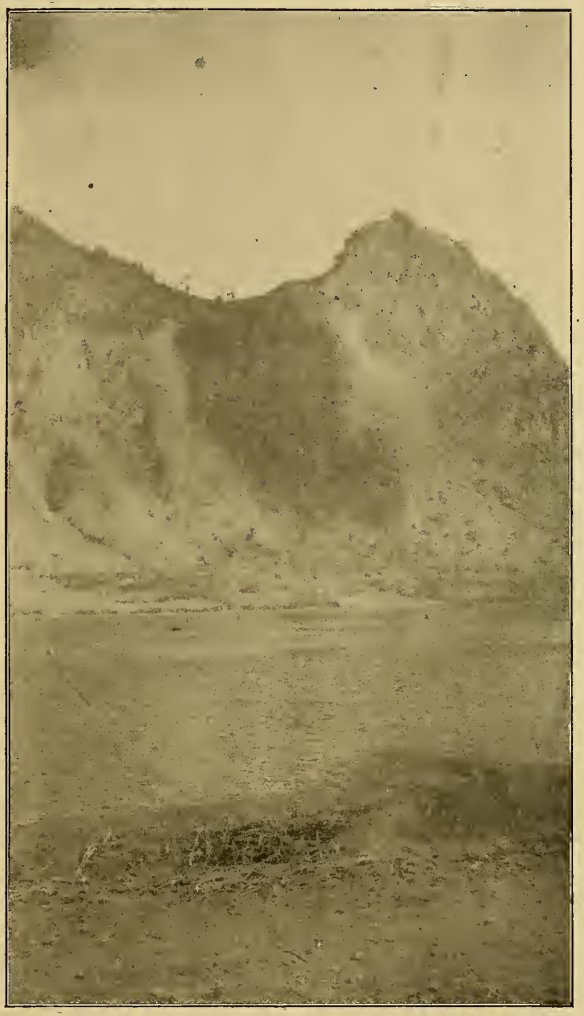


Fotografía número 2.—Destrucciones en la parte alta de Cosautlán, Ver.

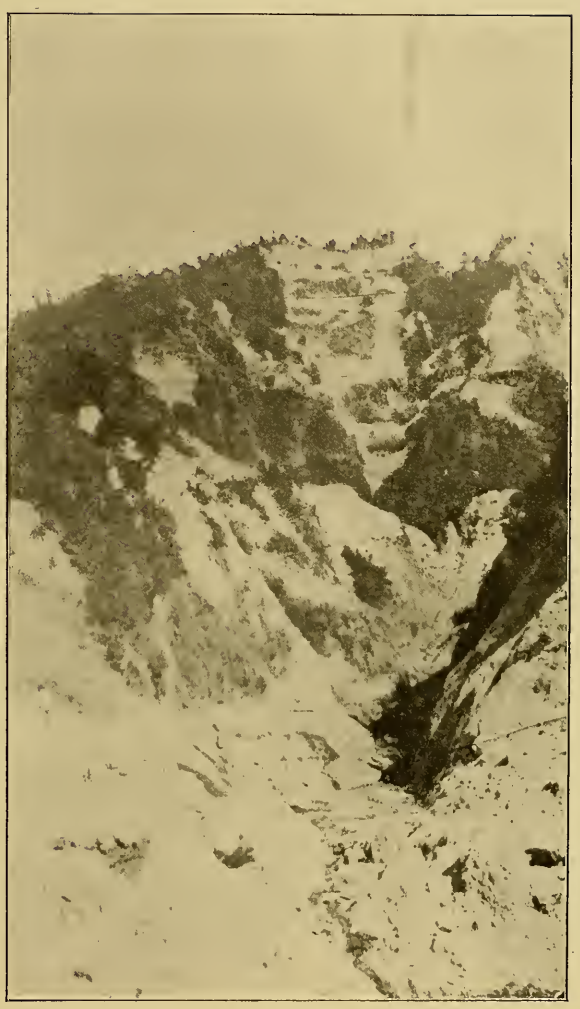
Fotografía número 1.—Sierra de Ocotene, desde El Espinazo del Diablo. Abajo se ve el Cerro de los Platos.

Fotografía número 2.—Borde de una de las fallas que limitan por el Norte el Valle de Patlanalá, en el Cerro de Tepehícan.

Fotografía número 1.—Valle de Patlanalá, Pue., visto desde el oriente. La fotografía demuestra los derrumbes efectuados por el temblor del 3 de enero de 1920, en los cerros que limitan el valle.

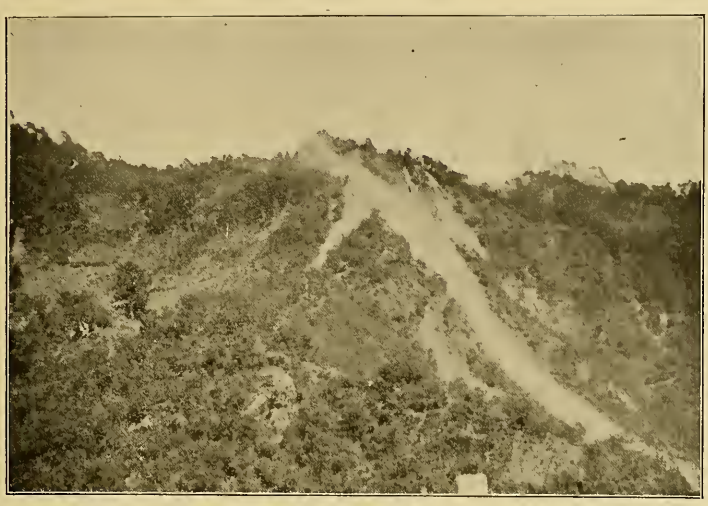


Fotografía número 2.—El cerro de Tepehícan y la laguna de Patlanalá al pie del cerro.



Barranca de Acuitlatipa. En la que se originó la principal avenida de lodo que destruyó las congregaciones de los alrededores de Patlanalá, Pue.

Detalle del fondo de la barranca de Acuitlatipa, que muestra el origen y espesor de las avenidas de lodo.



Fotografía número 1.—Derrumbe en la cima del Cerro Colorado que limita el Valle de Patlanalá por el Norte. Se nota en la fotografía una ligera nube de polvo producida por la caída de una piedra.

Fotografía número 2.—Campamento de la primera comisión en Patlanalá. En el fondo se ve un derrumbe.

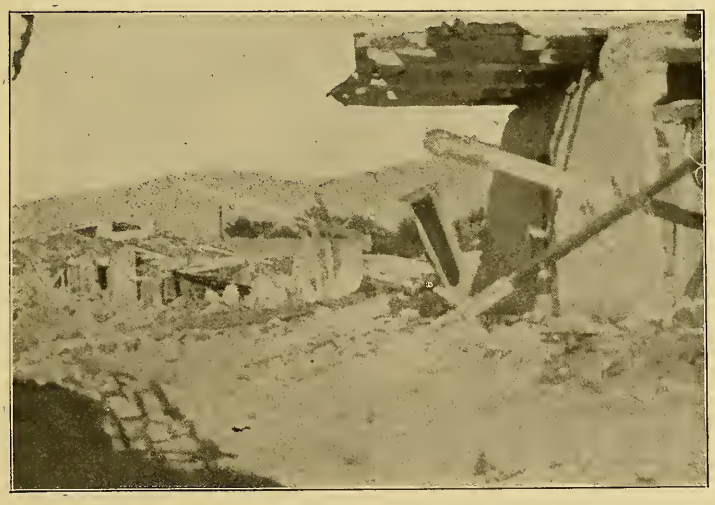
Fotografía número 1.—El Pico de Orizaba (Citlaltepetl), visto desde Patlanalá, Pue. En los cerros cercanos se ven los derrumbes de sus flancos.

Fotografía número 2.—Valle del Río Pescados con la sierra de Ocotenic (Ocotene) a la izquierda. Vista tomada desde "La Mojonera," en los alrededores de Patlanalá.

Fotografía número 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte de la plaza.

Fotografía número 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el lado W. de la plaza. En el fondo se ve El Cofre de Perote.

Fotografía número 1.—Cosautlán, Ver. Casas destruídas, situadas detrás del templo de esa población.



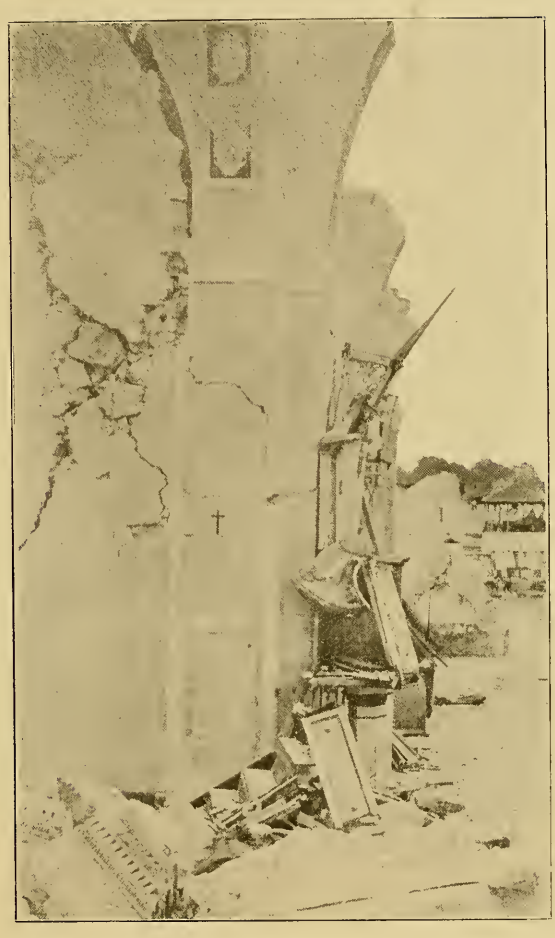
Fotografía número 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte del templo.

Fotografía número 1.—Torre del templo de Cosautlán, Ver., caída al NW.

Fotografía número 2.—Iglesia destruída en Cosautlán, Ver. El muro del fondo estaba orientado NE.-SW.

Fotografía número 1.—Altar mayor de la iglesia de Cosautlán, Ver. Destruído.

Fotografía número 2.—Muro cuarteado de la iglesia de Cosautlán, Ver.
(Orientado de NE. a SW.)



Fotografía número 1.—Pilar cuarteado del templo de Cosautlán, Ver.

Fotografía número 2.—Altar mayor de la iglesia de Cosautlán, Ver.—Destruído.

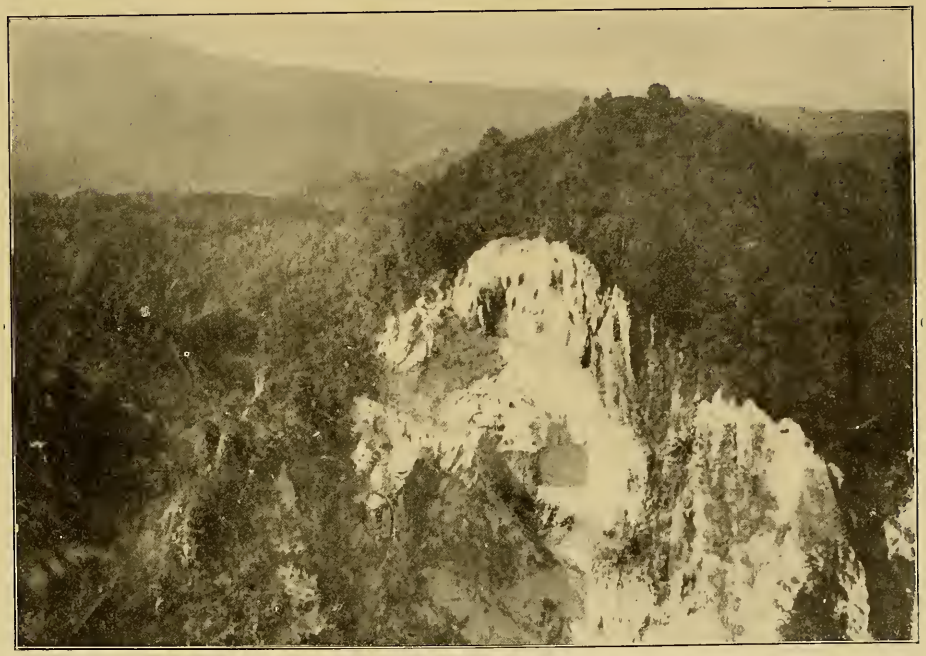
Fotografía número 1.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte superior.)

Fotografía número 2.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte inferior.)

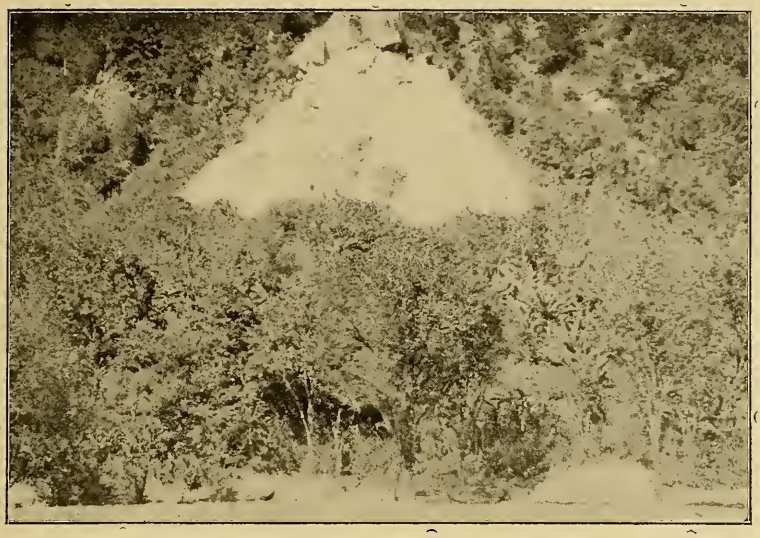
Fotografía número 1.—Templo de Teocelo, Ver. Altar mayor destruído.

Fotografía número 2.—Pilastra y balaustres de piedra artificial movidos en el altar mayor del templo de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)

Fotografía número 1.—Busto de Hidalgo, movido sobre su pedestal. Plaza de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)



Fotografía número 2.—Derrumbe del Cerro de Tlatetela, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.



Fotografía número 1.—Derrumbe en un cerro de los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Fotografía número 2.—La Sierra de Ocotenic u Ocotene, vista desde Cosautlán, Ver.

Fotografía número 1.—Derrumbe y vegetación destruída por el terremoto en el camino de Cosautlán, Ver., a Patlanalá, Pue.

Fotografía número 2.—Iglesia destruída de Patlanalá, Pue. En el fondo se ve un derrumbe.

Fotografía número 1.—Vista general de lo que fué el caserío de Barranca Grande, Ver. En el fondo se ve una de las pocas casas que no fueron cubiertas por el lodo. (Fotografía tomada desde el NW.)

Fotografía número 2.—Parte de la avenida de lodo que ocupó el lecho del Río Pescados en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Fotografía número 1.—Lecho del Río Pescados, ocupado por una avenida de lodo, en los alrededores de Barranca Grande, Ver. Vista tomada desde el SE.

Fotografía número 2 —Borde de una avenida de lodo, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Casa cubierta por la avenida de lodo en la Congregación de Barranca Grande, Ver.

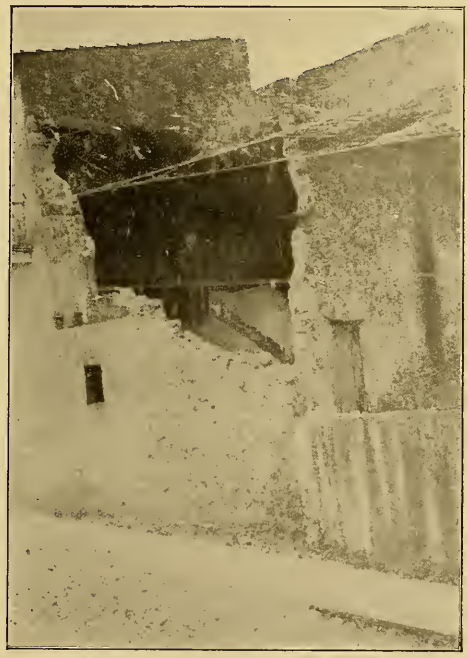
Fotografía número 1.—Exterior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.

Fotografía número 2.—Interior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.

Fotografía número 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones alrededor de la Plaza.

Fotografía número 2.—Plaza, kiosco y barracas construídas después del terremoto, en Cosautlán, Ver., para abrigo de los habitantes.

Fotografía número 1.—Casas destruídas en los costados de la Plaza de Teocelo, Ver. (Parte alta de la ciudad.)



Fotografía número 2.—Teocelo, Ver. Casa destruída en la calle que conduce de la estación del Ferrocarril de Jalapa a la plaza de Teocelo.

Fotografía número 1.—Templo de Teocelo, Ver., y casas de sus cercanías

Fotografía número 2.—Teocelo, Ver. Destrucciones al Sur del templo. En la parte derecha de la fotografía se ve el monumento a Hidalgo.

Fotografía número 1.—Torre destruída del templo de Teocelo, Ver.

Fotografía número 2.—La torre del templo de Teocelo, Ver. Vista desde el SE.

Fotografía número 1.—La nave central de la iglesia de Teocelo, Ver. Vista desde el altar mayor.

Fotografía número 2.—Nave lateral norte del templo de Teocelo, Ver.

Fotografía número 1.—Nave lateral sur del templo de Teocelo, Ver.

Fotografía número 2.—Jalapa, Ver. Casas apuntaladas en la calle de Enríquez. En el fondo se ve la cima del Cofre de Perote.

Fotografía número 1.—Aspecto de algunas construcciones en la calle de Enríquez, de la ciudad de Jalapa, Ver.

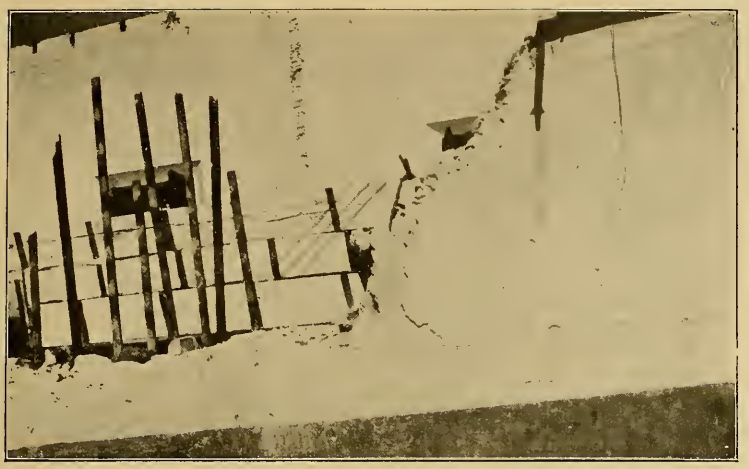
Fotografía número 2.—Otro aspecto de la calle de Enríquez, Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—La calle de Enríquez, en la ciudad de Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—La calle de Enríquez, en la ciudad de Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—Casa destruída en la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—Casa destruída en la 2.ª de Leona Vicario, Jalapa, Ver.



Fotografía número 3.—Otro aspecto de la casa de la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.

Fotografía número 4.—Casas destruídas en la calle de Leona Vicario, Jalapa, Ver.

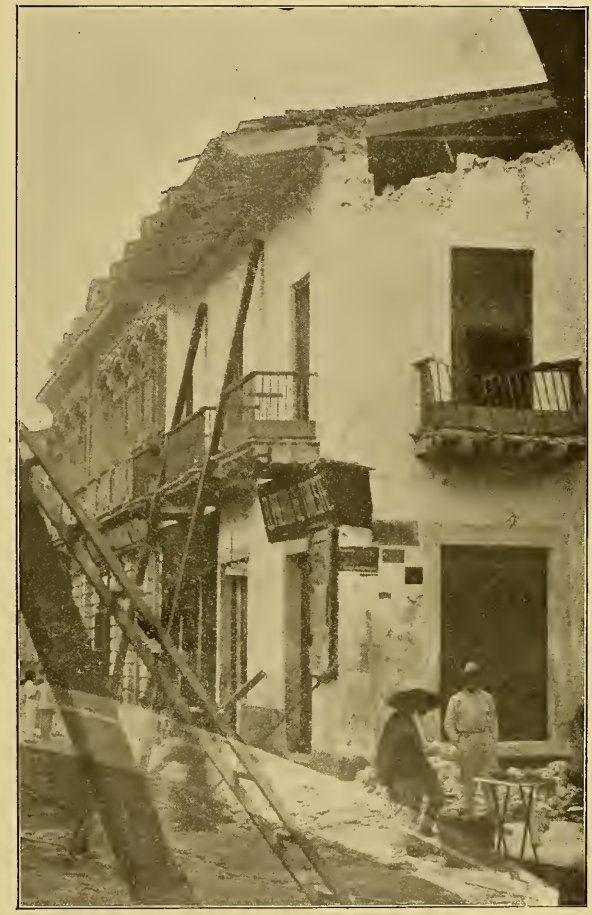
Fotografía número 1.—La fachada de la catedral de Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—La iglesia del Calvario, Jalapa, Ver. (Cuarteada.)

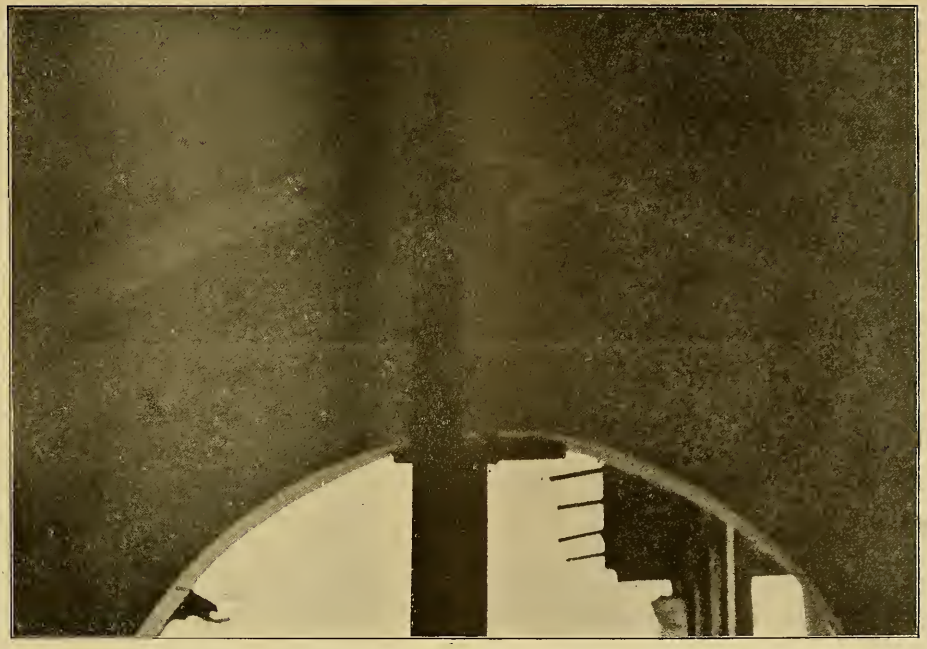
Fotografía número 3.—Templo abandonado de "Los Corazones," Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—Fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—Detalle de las destrucciones en la fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.



Fotografía número 1.—Conjunto de las destrucciones en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.



Fotografía número 2.—Destrucción de las claves de los arcos de mampostería en el interior de la casa de la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.

Fotografías números 1 y 2.—Detalles del interior de la casa situada en la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—Casa de la cantina "La Favorita," Jalapa, Ver. La casa está agrietada en su interior.

Fotografía número 2.—Casa destruída en la esquina de las calles 1.ª de Záyago y 5.ª de Clavijero, Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—El Cofre de Perote, visto desde Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—Otra vista del Cofre de Perote.

Fotografía número 1.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Paso del Macho, Ver.

Fotografía número 2.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Jalapa, Ver.

PERFILES ESQUEMATICOS
DEL TERRENO ENTRE
BARRANCA GRANDE Y PATLANALA
ESCALA — 1:20000

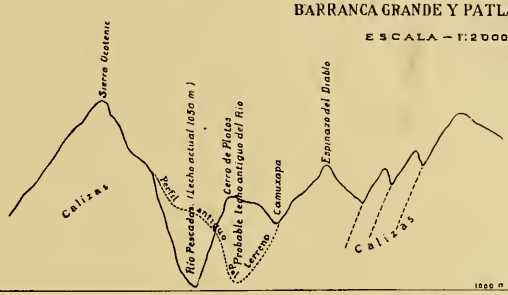


Fig. Nº 1

Fig. Nº 2

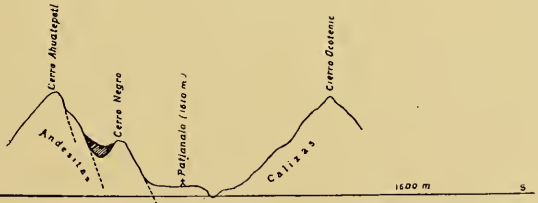
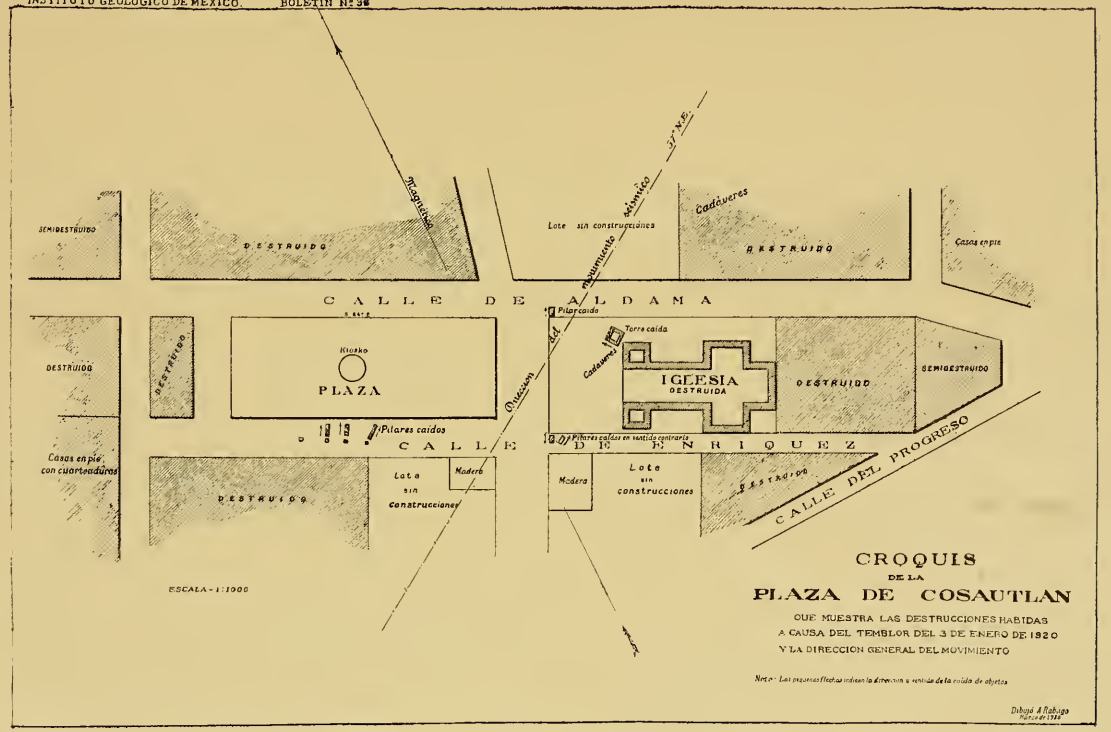


Fig. Nº 3.

Dibujo A. Rabago
Marzo de 1921

Cerritos
Tuxpan
Irapuato
Celaya
Acámbaro
Tulancingo
Zacatlán
Tetela
El Oro
Pátzcuaro
Teotihuacán
Jalapa
Tacubaya
Tlaxcala
Veracruz
Toluca
Río Pescados
Cholula
Coscomatepec
Amecameca
Puebla
Orizaba
Cuernavaca
Cordoba
Cuautla
Tecamachalco
Zongolica
Tlacotalpan
Río de las Balsas
Taxco
Iguala
Tehuacán
S. Gerónimo
Teotitlán
Cuicatlán
Huimanguillo
Chilpancingo
Tlaxiaco
Tecpan
Oaxaca
Acapulco
Tehuantepec
Salina Cruz
Jaquila
Lugares en que fué sentido el terremoto
Límite del area macroseísmica
ESCALA — 1: 5000000
Dibujó A. Robago
Marzo de 1921

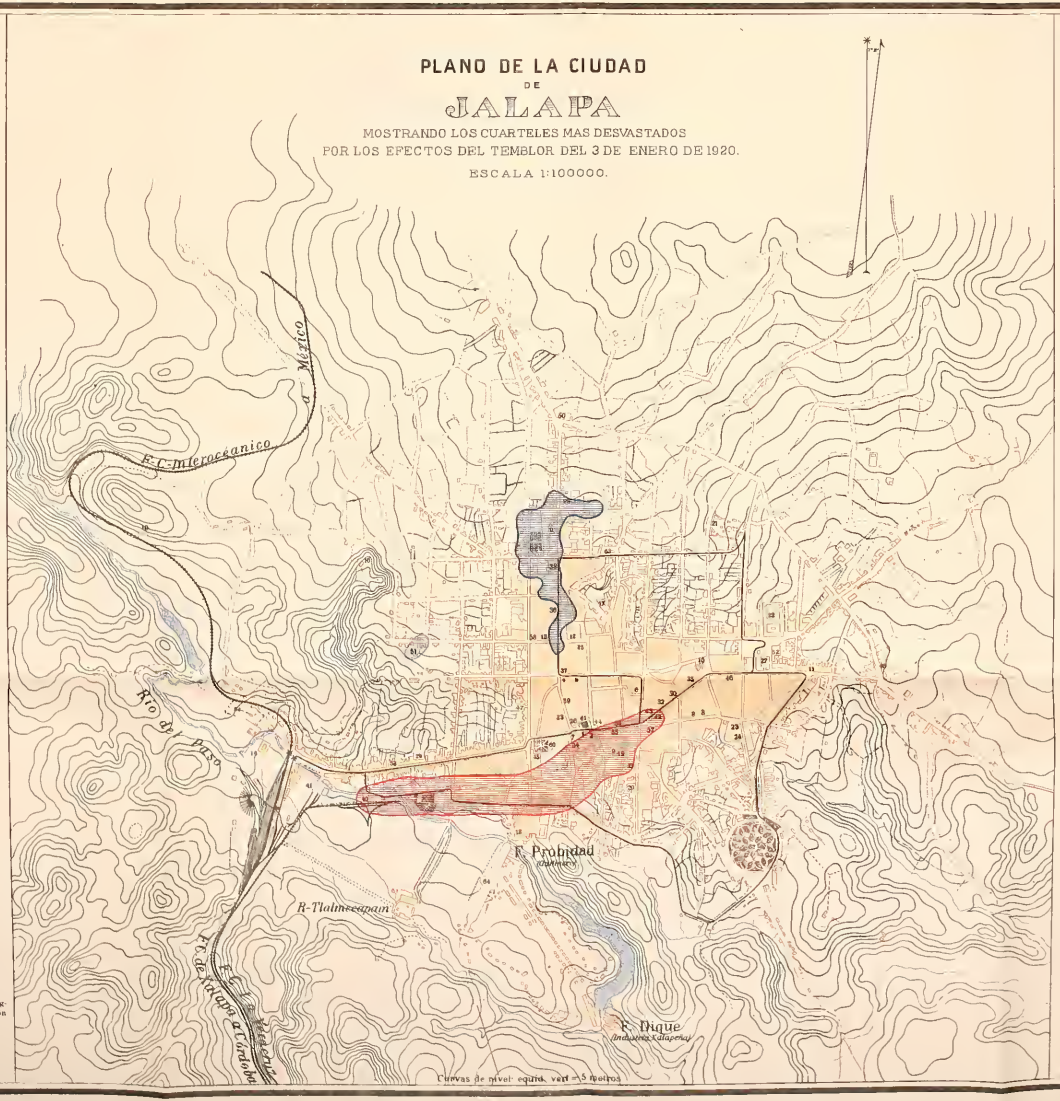
INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO. BOLETIN Nº 36



PLANO DE LA CIUDAD DE JALAPA

MOSTRANDO LOS CUARTELES MAS DESVASTADOS
POR LOS EFECTOS DEL TEMBLOR DEL 3 DE ENERO DE 1920.

ESCALA 1:100000.



Zona de destrucción máxima.
" " " mínima.
Derrumbes.
Cuarteaduras.

Edificios y Dependencias del Estado.

1 Palacio del Gobierno.
2 " de Justicia.
3 Escuela Normal.
4 Colegio Preparatorio.
5 Instituto Electrotécnico.
6 Escuela Superior de Niñas.*

Edificios y Dependencias del Municipio.

7 Palacio Cantonal.
8 Escuela Cantonal.
9 " Municipal de Niñas núm 1.*
10 " " " " " 2.*
11 " " " " " 3.*
12 Mercado Jáuregui.
13 Carnicería Jáuregui.
14 Rastro de Ciudad.
15 Lavaderos Públicos de Techarapa.
16 " " del Chorro de San Pedro.
17 " " de Jalticó.
18 " " del Dique.
19 " " del Paso.
20 Hospitales.
21 Cementerio.

Edificios y Oficinas Nacionales.

22 Cuartel de San José.
23 " Grande del Veinticinco.
24 " Chico " " "
25 Comisión Geográfico-Exploradora.
26 Catedral (Templo Católico.)
27 San José " "
28 El Calvario " "
29 Santiago " "
30 Administración de Correos.*
31 " " del Timbre.*
32 Telégrafo Federal.*

Edificios e Instituciones Particulares.

33 Telégrafos del Estado.*
34 Teléfonos del Estado.*
35 Escuela de Bosa.
36 Sanatorio Omeiliar.*
37 Palacio Episcopal.*
38 Misión Presbiteriana.
39 Estación del Ferrocarril Interoceánico.
40 " " " de Xalapa a Córdoba.
41 Depósito de Tranvías.
42 Administración del Ferrocarril Urbano.*
43 Gran Hotel.
44 Hotel México.
45 Hotel Juárez.*
46 Asilo Sáyago.
47 " Luz Herrera.
48 Capilla de la Piedad.
49 El Rosario (Templo Católico.)
50 Capilla de la Cruz.
51 Capilla de los Franciscos (en construcción.)
52 Fábrica de Tabacos "Valle Nacional."
53 " " " "La Perla."*
54 Cervecería "La Estrella."
55 Sucursal del Banco Mercantil de Veracruz.*
56 Agencia del Banco Nacional.*

Lugares de Recreo.

57 Casino Xalapeño.
58 Teatro Cuz
59 Teatro Idmón.

Paseos.

60 Paseo Juárez
61 " Leclo.
62 " Hidalgo.
63 " Galeana (en construcción.)
64 Paseo del Dique

NOTA.—Las Instituciones y Oficinas marcadas con este signo (*) no poseen edificios propios; por lo tanto, su localización en la Ciudad es variable.

CIUDAD XALAPA - ENRIQUEZ

COORDENADAS GEOGRAFICAS

Latitud N 19° 31' 35". Longitud 2° 18' 02" E. respecto del meridiano que pasa por la cruz de la torre E. de la Catedral de México. Altitud 1461m3 del índice del barómetro. Plano de comparación a 1429m8 sobre el nivel del mar. Nivel del atrio de Catedral al pie de la torre 1427m2 sobre el nivel del mar.

DATOS METEOROLOGICOS

(Tomados del Observatorio de la Comisión Geográfico-Exploradora)

PROMEDIOS DE 1896 a 1900

Presión barom. media (a 0° de temp.)	646mm 55
Temperatura media (a la sombra)	17° 90
" máxima (")	21° 50
" mínima (")	14° 40
" máxima maximórum (a la sombra) 13 y 31 de mayo de 1897	31° 60
Temperatura mínima minimórum (a la sombra) 14 de febrero de 1899	1° 50
Tensión media del vapor de agua en la atmósfera	12mm 45
Humedad relativa por 100	80 87
Agua recogida en 5 años	12m 52.44
" " máxima en 1899	3 42.67
" " mínima en 1897	1m 0352
" " (término medio por año)	2 5244
Días de lluvia (" " ")	140
Nublados (" " ")	287
Nubes dominantes	Strato Cúmulos
Viento dominante	N.
Viento dominante	N. y E.
Viento Velocidad media por segundo	3m 9
Viento " máxima	8 6
Viento " mínima	0. 3

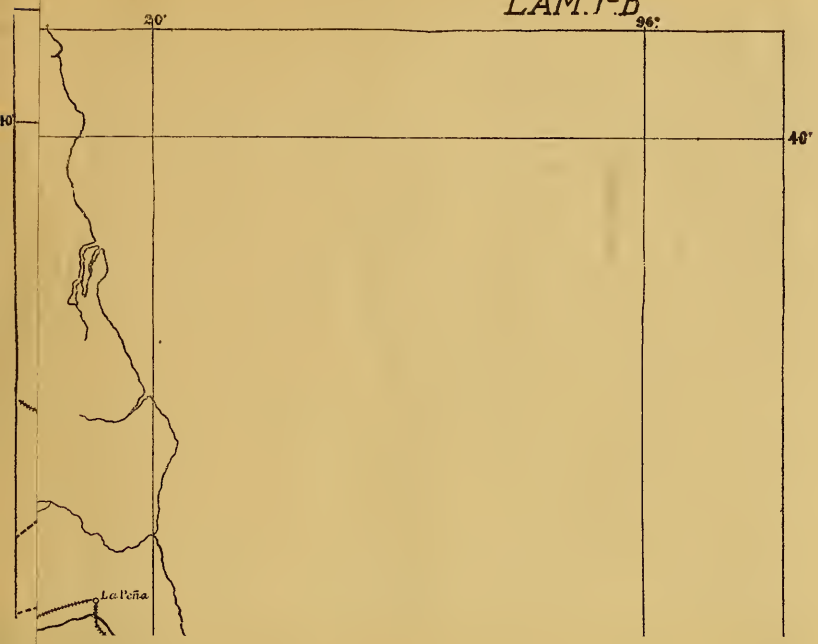
NOTA. Los últimos datos de vientos, son los promedios del 1º de enero de 1900 al 30 de septiembre de 1904, proporcionados por el Observatorio Meteorológico del Estado.

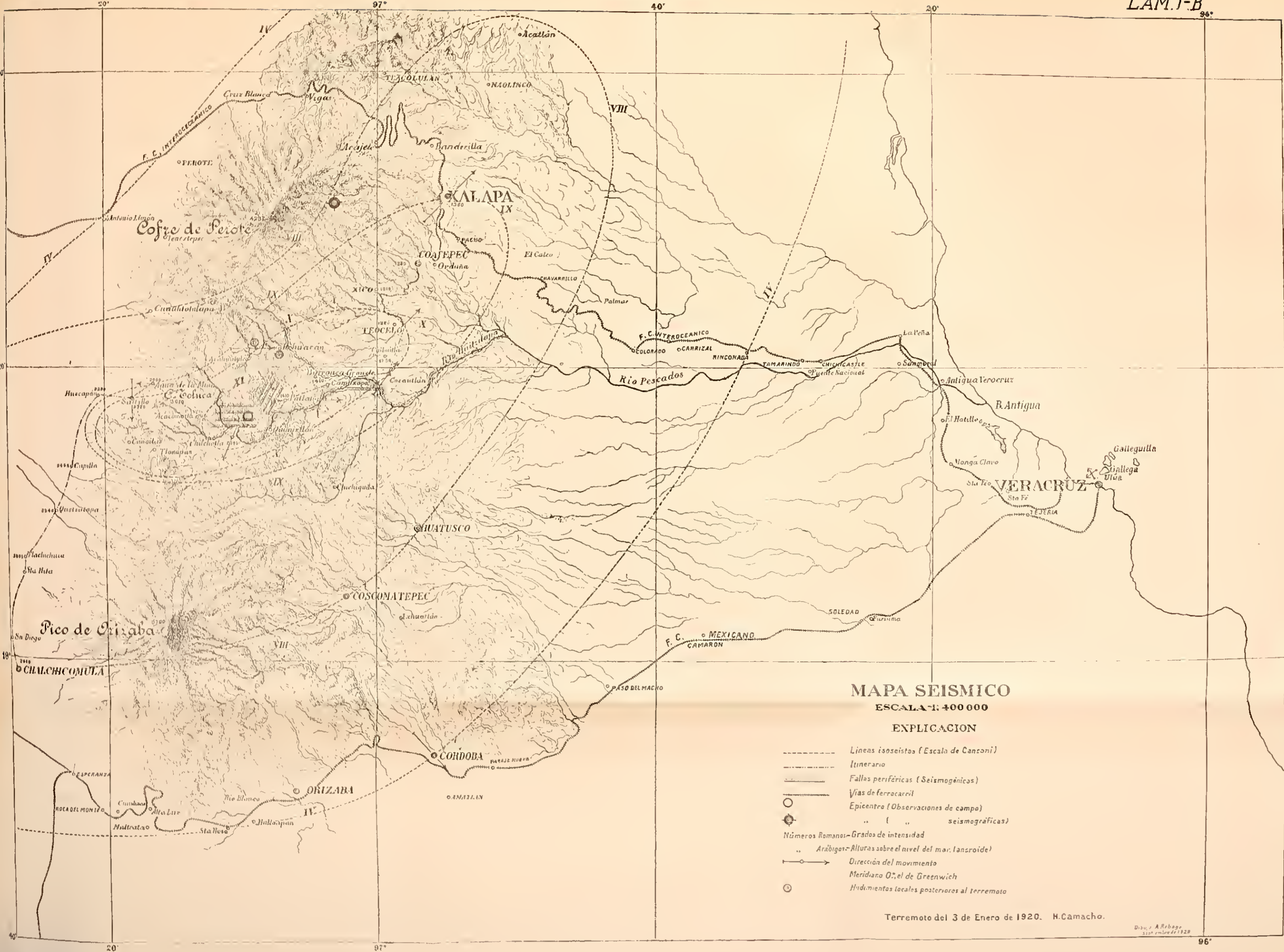
Signos convencionales

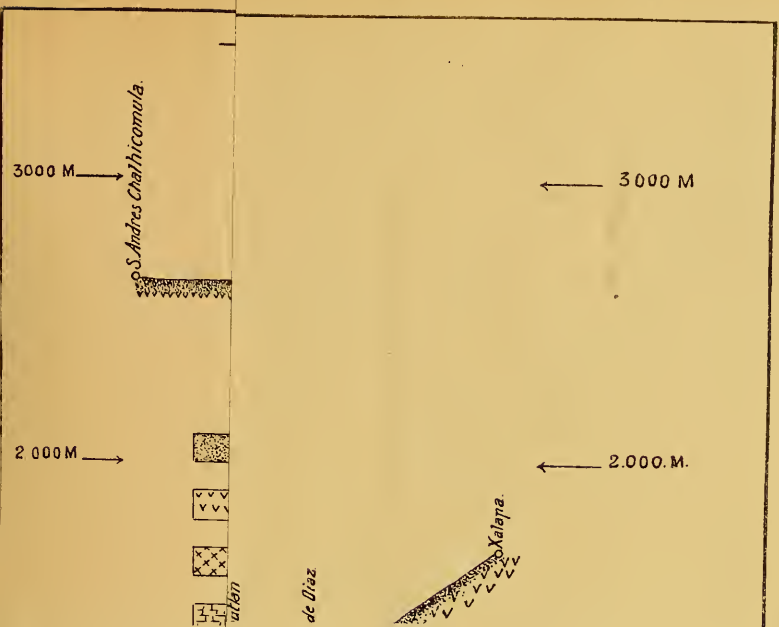
Construcción de mampostería
Puente de mampostería
Puente de hierro
Cerca de alambre
Cerca de piedra
Cerca de madera o ramas
Camino nacional
Camino carretero
Camino de herradura
Vereda
Ferrocarril vía angosta
Ferrocarril urbano

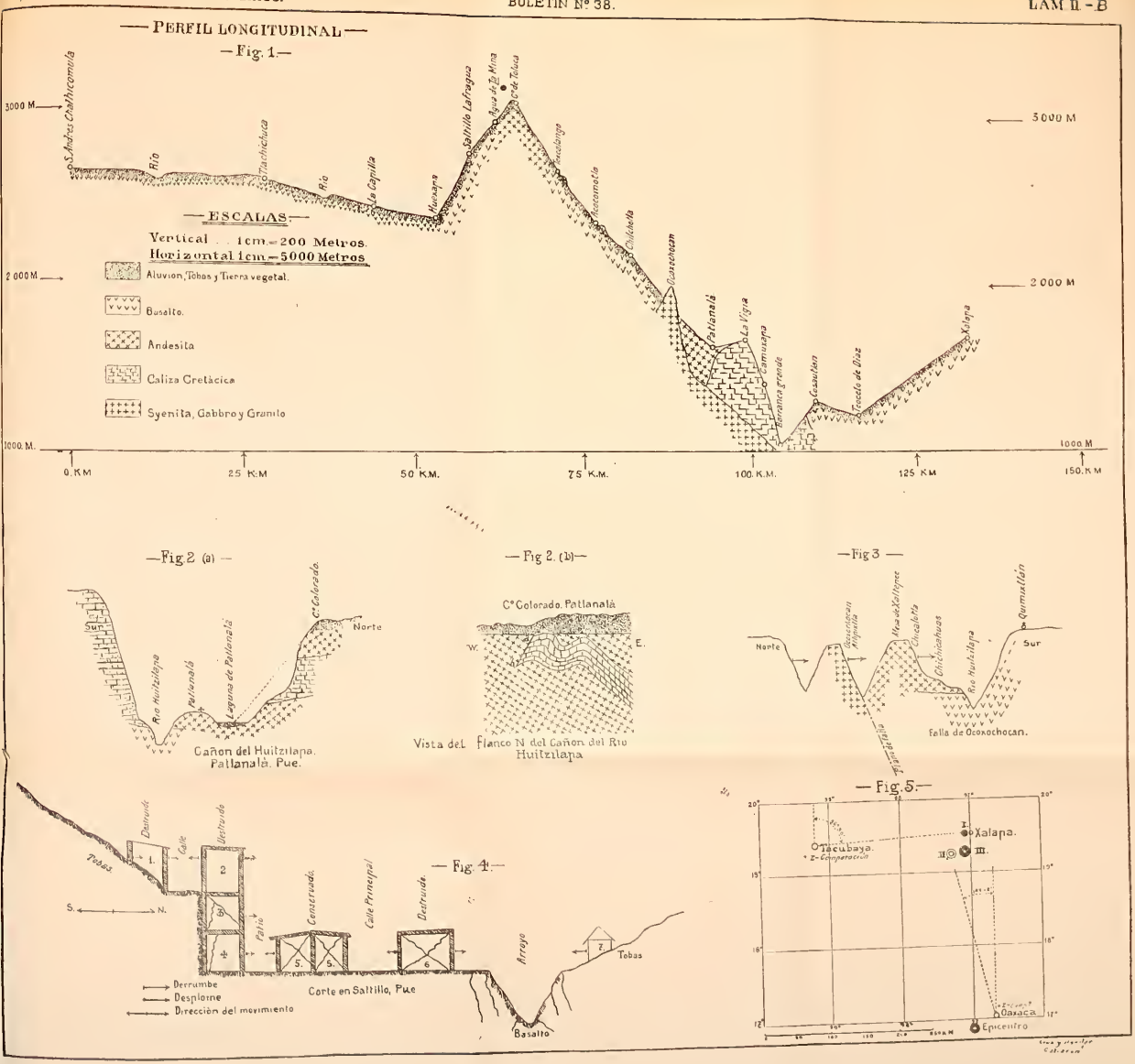
TALLERES GRÁFICOS DE LA NACIÓN

LAM. I-B




MAPA SEISMICO
ESCALA 1: 400 000
EXPLICACION
Lineas isoseistas (Escala de Cancani)
Itinerario
Fallas periféricas (Seismogénicas)
Vias de ferrocarril
Epicentro (Observaciones de campo)
" (" seismográficas)
Números Romanos - Grados de intensidad
" Arábigos - Alturas sobre el nivel del mar (ansroide)
Dirección del movimiento
Meridiano 0° el de Greenwich
Hundimientos locales posteriores al terremoto
Terremoto del 3 de Enero de 1920. H. Camacho.
XALAPA
Cofre de Perote
Pico de Orizaba
VERACRUZ
CORDOBA
ORIZABA
COATEPEC
HUATUSCO
COSCOMATEPEC
CHALCHICOMULA
TEOCELO
PEROTE
Acatlán
Naolinco
Banderilla
F. C. INTEROCEANICO
Rio Pescados
R. Antigua
Antigua Veracruz
Gallegulla
Gallega
Ulúa
F. C. MEXICANO
CAMARON
SOLEDAD
PASO DEL MACHO
La Peña
Palmar


3000 M
2 000 M
S. Andres Chalchicomula.
Xalapa.
de Diaz
3000 M
2.000. M.


PERFIL LONGITUDINAL
Fig. 1
ESCALAS
Vertical 1cm.=200 Metros.
Horizontal 1cm.=5000 Metros.
Aluvion, Tobas y Tierra vegetal.
Basalto.
Andesita
Caliza Cretácica
Syenita, Gabbro y Granito
3000 M
2000 M
1000 M
0. K.M
25 K.M
50 K.M.
75 K.M.
100 K.M.
125 K.M
150 K.M
Fig 2 (a)
Cañon del Huitzilapa. Patlanalá. Pue.
Fig 2. (b)
Vista del Flanco N del Cañon del Rio Huitzilapa
Fig 3
Falla de Ocoxochocan.
Fig. 4
Corte en Saltillo, Pue
Derrumbe
Despiome
Dirección del movimiento
Fig. 5
Tacubaya.
Xalapa.
Oaxaca
Epicentro

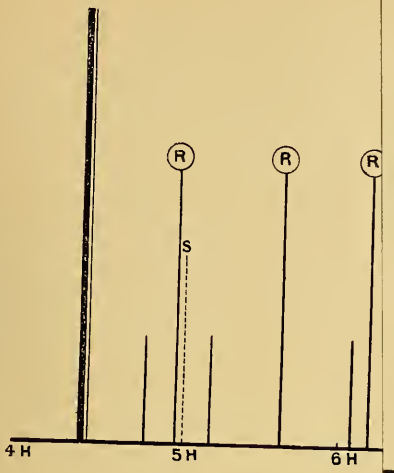


FIG. 1.

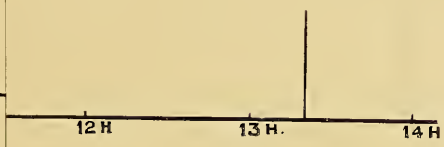


FIG. 4.

LAM. III.

FIG. 4.

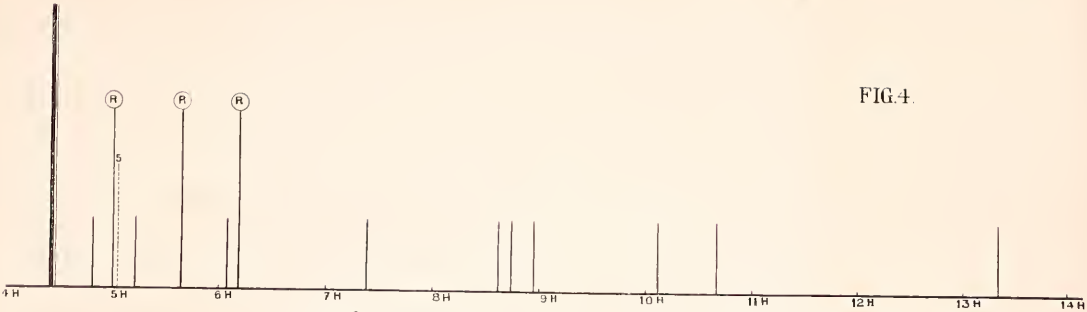


FIG. 1.

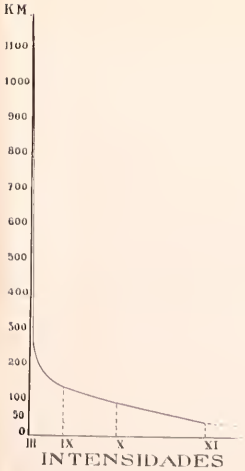
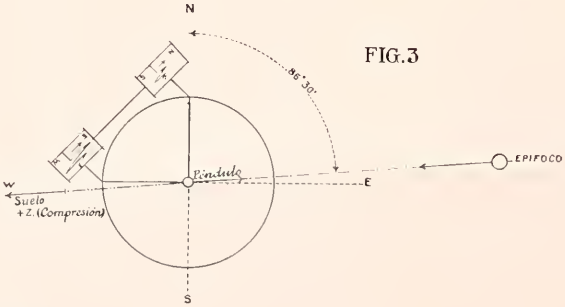


FIG. 2

FIG. 3



ESCALA 1mm = 100 mm/s²

Fotografía número 1.—El Pico de Orizaba, visto desde San Andrés Chalchicomula, Pue.

Fotografía número 2.—El valle de Acocomotla Totolintla, escalón en la vertiente oriental del alineamiento orográfico "Cofre de Perote-Pico de Orizaba."

Fotografía número 1.—El Cañón del Río Huitzilapa, entre Quimixtla y Patlanalá, Pue., mostrando las huellas de la inundación de lodo que siguió al terremoto del 3 de enero.

Fotografía número 2.—El arroyo de Temascalapa, afluente del Huitzilapa, al NE. de Chilchotla. Encajonado en altos muros basálticos.

Fotografía número 1.—Cerro de Tlatlahuictépetl o Colorado, Patlanalá, Pue. "Cicatrices" producidas por los derrumbes de la montaña. Al pie, la Laguna de Patlanalá.

Fotografía número 2.—Cerro Colorado, y a la derecha el Tepehicán ("atrás del cerro"). Cámara afocada al NE., Patlanalá, Pue.

Fotografía número 1.—Ciudad de San Andrés Chalchicomula, Pue. Vista tomada desde el Este.

Fotografía número 2.—Iglesia de Guadalupe, San Andrés Chalchicomula. Fachada orientada al W. Fracturas en el costado sur de la torre sur.

Fotografía número 1.—Iglesia de Cosamaloapan, extremo oriental de la población de San Andrés Chalchicomula, Pue. Fachada al W.

Fotografía número 2.—Saltillo Lafragua, Pue. Población edificada en una cañada. (Cámara al W.)

Fotografía número 1.—Calle de Saltillo Lafragua, orientada de E. a W. y un conjunto de construcciones "en retaje" que sufrieron menos que las edificadas en las laderas.

Fotografía número 2.—Casa del señor Rojí en Saltillo Lafragua. Fachada al S. Esquina SW. arruinada. Interior en completa ruina.

Fotografía número 1.—Caída de la cornisa de la fachada de la casa del señor Rojí al S., Saltillo Lafragua.

Fotografía número 2.—Detalle de la cornisa: altura, 1.50; espesor medio, 0.63; longitud, 18.00 metros. Distancia del centro de gravedad del block caído al muro, 1.70. Altura del muro, 5.00 metros.

Fotografía número 1.—Iglesia parroquial de Saltillo Lafragua y colegio de niñas. Fachada de la iglesia al W. Torre caída al NW. Pórtico del atrio caído al W.

Fotografía número 2.—Interior de la iglesia de Saltillo Lafragua.

Fotografía número 1.—Casa de madera perfectamente conservada después del terremoto. Saltillo Lafragua.

Fotografía número 2.—Plaza de Chilchotla, Pue. A la derecha, ruinas de la Casa Municipal. Efectos de los derrumbes en las montañas que circundan la población. (Cámara al SW.)

Fotografía número 1.—Iglesia de Chilchotla, Pue. Fachada al W. Caída de la torre al NE.

Fotografía número 2.—Muro posterior de la iglesia de Chilchotla, Pue. Caída de la parte alta del Ciprés al E.

Fotografía número 1.—Esquina SW. de la barda del atrio de la parroquia de Chilchotla, Pue.

Fotografía número 2.—Interior de la sacristía de la iglesia de Chilchotla, Pue.

Fotografía número 1.—Una calle de Chilchotla, Pue., orientada de N. a S.

Fotografía número 2.—Puente sobre el río Huitzilapa, al W. de Chilchotla, Pue. conservado en buen estado después del terremoto.

Fotografía número 1.—El valle de Patlanalá, Pue., visto desde el Oriente de la población de ese nombre.

Fotografía número 2.—Costado S. de la iglesia de Patlanalá, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Fotografía número 1.—Casa Municipal de Patlanalá, Pue., y esquina NW. del atrio de la parroquia. (Cámara al W.)

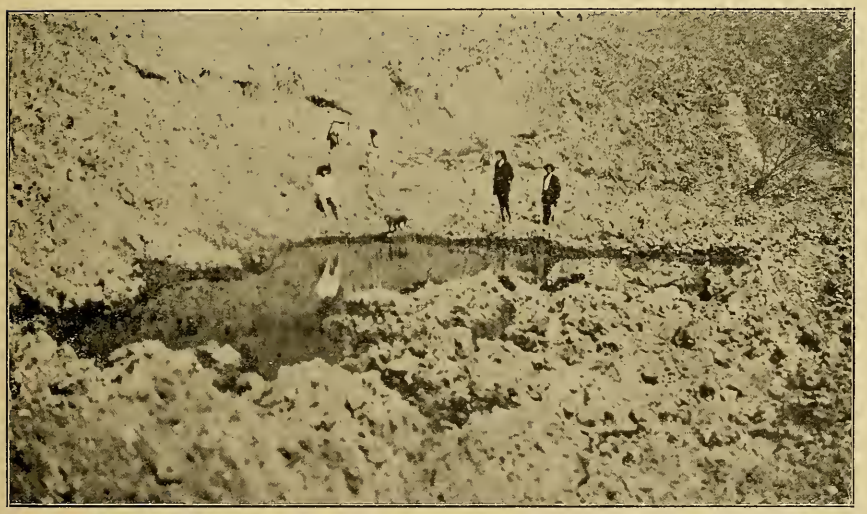
Fotografía número 2.—Ruinas en el costado W. de la plaza de Chilchotla, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Fotografía número 1.—Habitación destruída en la esquina SW. de la plaza de Patlanalá, Pue.

Fotografía número 2.—Calle Principal de Ayahualulco, Ver. (Cámara afocada al N.)

Fotografía número 1.—Grieta con desnivelamiento de los bordes en el cerro de Enmedio, Saltillo Lafragua, Pue. Rumbo medio EW.

Fotografía número 2.—Derrumbe del terreno blando en el cerro de "La Fundición," que descubrió el esqueleto basáltico de la montaña y provocó el alumbramiento de manantiales.



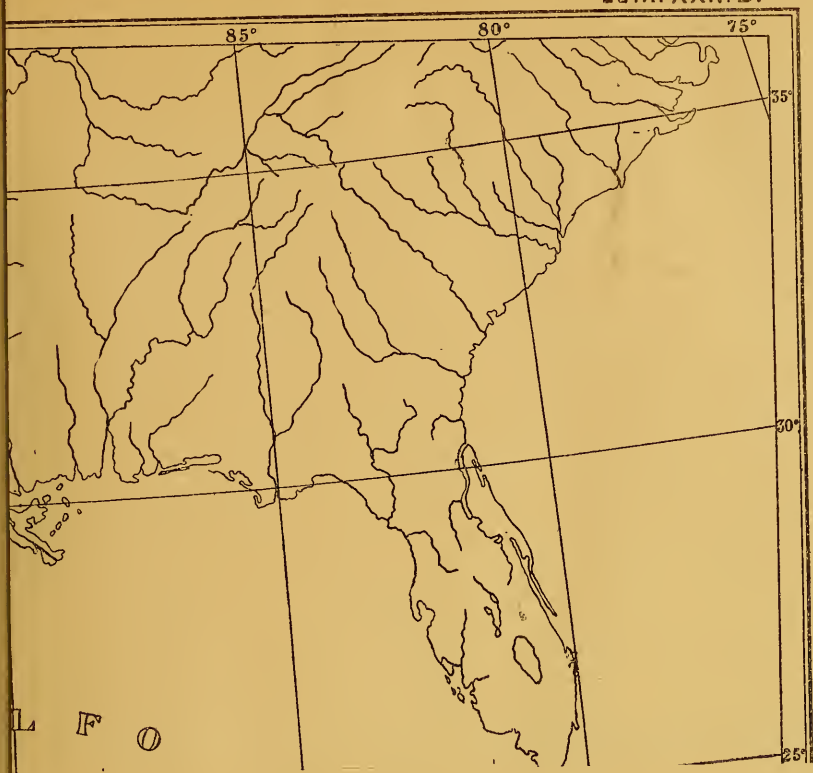
Fotografía número 3.—Aparición de manantiales e inundación de lodo en Chichicahuas, barrio de Chilchotla, Pue.

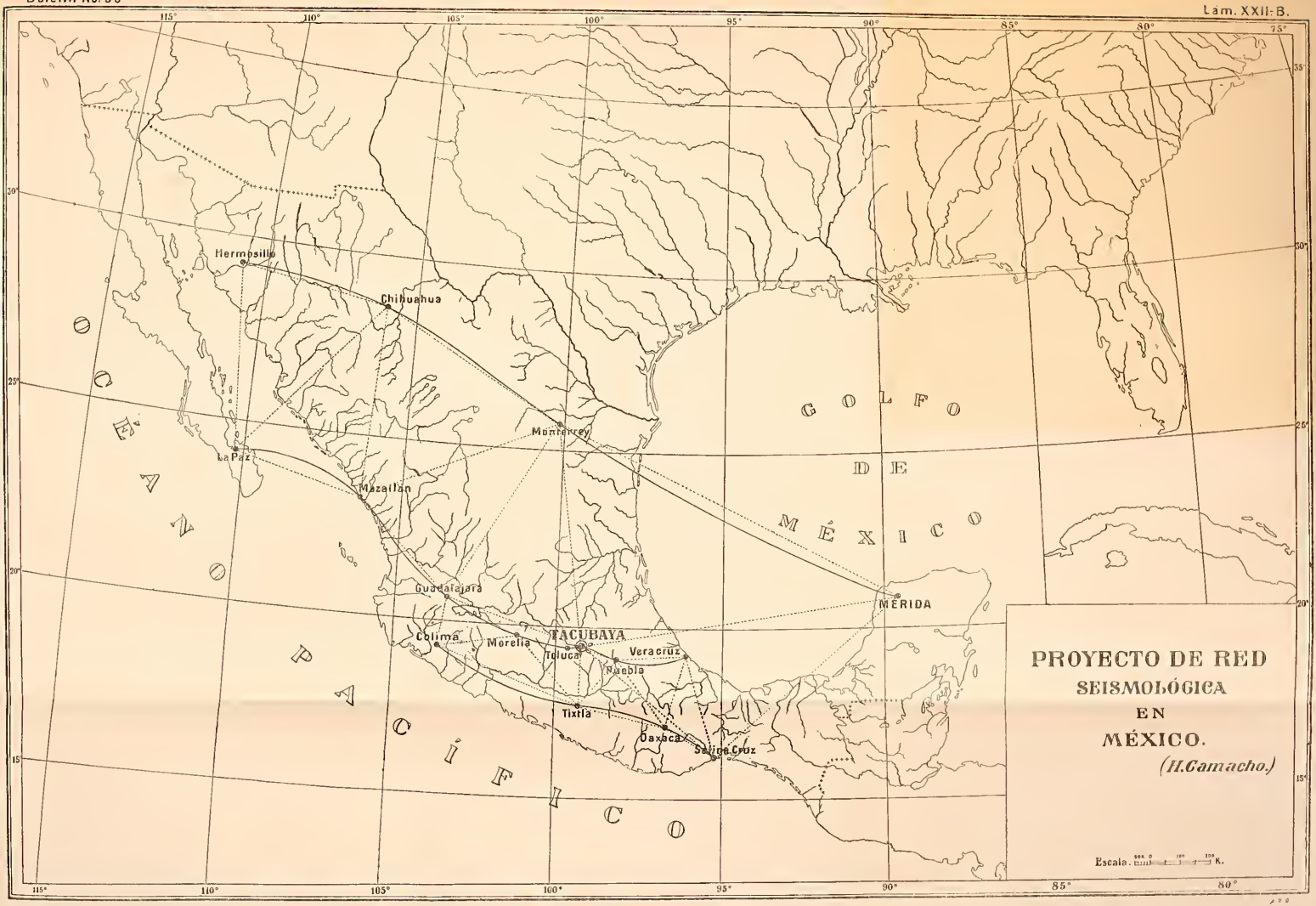
Derrumbe del material blando en el Cerro del Calvario, Chilchotla, Pue.; alumbramiento de las aguas subterráneas y formación de una ola de lodo.

Fotografía número 1.—Caseta de madera en la plaza de Patlanalá, Pue. (Desviada en conjunto al W.)

Fotografía número 2.—El bajo de la falla de Ocoxochocan (Syenita), situada al N. de Quimixtlán, Pue. Mostrando los enormes "Earth-slumps." Rumbo EW. Echado al S. Vista tomada desde la Meseta de Xaltepec.

Lám. XXII-B.




PROYECTO DE RED
SEISMOLÓGICA
EN
MÉXICO.
(H. Camacho.)
Escala.
K.
GOLFO
DE
MÉXICO
OCÉANO
PACÍFICO
Hermosillo
Chihuahua
Monterrey
La Paz
Mazatlán
Guadalajara
Colima
Morelia
TACUBAYA
Toluca
Veracruz
Puebla
Tixtla
Oaxaca
Salina Cruz
MÉRIDA
115°
110°
105°
100°
95°
90°
85°
80°
75°
30°
25°
20°
15°

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN

* Número 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por los Ings. A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895.—56 págs., 21 láms.
* Número 2.—Las Rocas Eruptivas del SO. de la Cuenca de México, por el Ing. E. Ordóñez.—1895.—46 págs., 1 lám.
* Número 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por el Dr. C. Sapper.—1896.—58 págs., 6 láms.
* Números 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México, por los ingenieros J. G. Aguilera y E. Ordóñez.—1897.—272 págs., 5 láms.
* Números 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca, por los ingenieros J. G. Aguilera, E. Ordóñez y P. C. Sánchez.—1897.—184 págs., 14 láms.
* Número 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 págs.
* Número 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por el ingeniero José G. Aguilera.—1898.—158 págs.
* Número 12.—El Real del Monte, por los ingenieros E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 págs., 26 láms.
* Número 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por el doctor Emilio Böse.—1899.—54 págs., 3 láms.
* Número 14.—Las Rhyolitas de México (Primera parte), por el ingeniero E. Ordóñez.—1900.—78 págs., 6 láms.
* Número 15.—Las Rhyolitas de México (Segunda parte), por el ingeniero E. Ordóñez.—1901.—78 págs., 6 láms.
* Número 16.—Los criaderos de fierro del Cerro de Mercado en Durango, por el ingeniero M. Rangel, y de la hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por el ingeniero J. D. Villarello y doctor E. Böse.—1902.—144 págs., 5 láms.
* Número 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, completada hasta 1904, por R. Aguilar y Santillán.—1904.—XIII. 330 págs.

Número 18.—Descripción Histórica de la Red Sismológica, por M. Muñoz Lumbier.—1919.—68 págs., 14 láms.

Número 19.—Los temblores de Guadalajara en 1912, por el doctor Paul Waitz y Fernando Urbina.—1919.—IV, 83 págs., 32 láms.

* Número 20.—Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco, por el doctor E Böse.—1905.—116 págs., 9 láms.

Número 21.—Le Faune Marine du Trias Supérieur de Zacatecas, par le Dr. C. Burckhardt avec le collaboration du docteur S. Scalia.—1905.—44 págs., 8 láms.

* Número 22.—Sobre algunas faunas terciarias de México, por el doctor E. Böse.—1906.—96 págs., 12 láms.

Número 23.—Le Faune jurassique du Mazapil, Zac., par le docteur C. Burckhardt.—1906.—216 págs., 43 pls.

Nmero 24.—La Fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P., por el Dr. E. Böse.—1906.—95 págs., 18 láms.

Número 25.—Monografía Geológica y Paleontológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y descripción de la Fauna Cretácica de la Encantada, cerca del Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua, por el Dr. E. Böse.—1910.—196 págs., 50 láms.

* Número 26.—Algunas regiones petrolíferas de México, por el ingeniero J. D. Villarello.—1908.—122 págs., 22 láms.

Número 27.—La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y sus formaciones de contacto, por el doctor Alfred Bergeat.—1910.—109 págs., 9 láms. y 15 figs.

Número 28.—Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México, por el ingeniero J. D. Villarello.—12 láms. y un croquis geológico (1:100,000).—Informe sobre las aguas del río de la Magdalena, por el profesor J. S. Agraz.—1911.—89 págs.

Número 29.—Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango, par le Dr. C. Burckhardt.—1912.—264 págs., 26 pls.

* Número 30.—Sobre algunas faunas del Cretácico superior de Coahuila y regiones limítrofes, por el Dr. E. Böse.—1913.—56 págs., 8 láms.

Número 31.—La Flora Liásica de la Mixteca Alta, por el Dr. G. R. Wieland.—1914.—162 págs., 50 láms.

Número 32.—La zona megasísmica Acambay-Tixmadejé, Estado de México, estudiada por F. Urbina y H. Camacho.—1913.—125 págs., 75 láms.

Número 33.—Faunas jurásicas de Symon y Faunas cretáticas de Zumpango del Río, por el Dr. C. Burckhardt.—1920.—137 págs., 32 láms.

* Número 34.—Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz.—Algunas plantas de la Flora Liásica de Huauchinango, Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1916.—18 págs., 9 láms.

* Número 35.—El Petróleo en la República Mexicana, por el ingeniero de minas M. Bustamante.—1918.—216 págs., 37 láms., 2 cartas y 2 perfiles. (1.ª parte.)

Número 36.—La sismología en México, por Manuel Muñoz Lumbier.—1918.—102 págs., 32 láms.

Número 37.—Estudio geológico minero de los Distritos de El Oro y Tlalpujahua, por el ingeniero de minas Teodoro Flores. (En prensa.)

PARERGONES

* Tomo I. Número 1.—Los Temblores de Zanatepec, Oax.—Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por el Dr. Emilio Böse.—1903.—25 págs., 4 láms.

* Número 2.—Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por el Dr. E. Angermann.—El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, octubre de 1902, por el Dr. Emilio Böse.—1904.—26 págs., 3 láms.

* Número 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán, por el ingeniero E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por el ingeniero J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora, por el Dr. E. Angermann.—1904.—34 págs., 2 láms.

* Número 4.—Estudio de la teoría química propuesta por el señor ingeniero Andrés Almaraz, para explicar la formación del petróleo de Aragón, México, D. F., por el ingeniero J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubirito, Sinaloa, por el Dr. E. Angermann. — Las aguas subterráneas de Amozoc, Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez.—1904.—24 págs., 1 lám.

* Número 5.—Informe sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Drs. E. Böse y E. Angermann.—Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente del Rancho de Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello.—1904.—26 págs.

* Número 6.—Estudio de la Hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el ingeniero J. D. Villarello. — 1904.—58 págs., 2 láms.

Número 7.—Estudio de una muestra de grafita de Ejutla, Estado de Oaxaca, por el ingeniero J. D. Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el ingeniero E. Ordóñez.—1904.—26 págs.

* Número 8.—Hidrología Subterránea de los alrededores de Querétaro, por el ingeniero J. D. Villarello.—1905.—55 págs., 8 láms. y 2 figs.

Número 9.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez. (Primera parte.)—1905.—54 págs., 1 plano y 4 láms.

Número 10.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez. (Segunda parte.)—1905.—45 págs., 3 pls. y 8 láms.

* Tomo II. Número 1.—Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Sobre la Geología de la Bufa, Mapimí, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Notas Geológicas sobre el Cretáceo en el Estado de Colima, por el Dr. E. Angermann.—1907.—35 págs., 3 láms.

* Número 2.—Sobre algunos fósiles Pleistocénicos recogidos por el Dr. E. Angermann en la Baja California, por el Dr. E. Böse.—Sobre la aplicación de la potasa cáustica a la preparación de fósiles, por el Dr. Emilio Böse y Víctor von Vigier.—Sobre las rocas fosforíticas de las sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas, por el Dr. Carlos Burckhardt.—1907.—31 págs., 1 lám.

* Número 3.—El Volcán Jorullo, por el ingeniero de minas Andrés Villafaña.—1907.—58 págs., 8 láms.

* Números 4, 5 y 6.—El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e ingenieros A. Villafaña y J. García y García. — 1908. — 124 págs., 43 láms. y 1 cuadro.

* Número 7.—El Valle de Cerritos, Estado de San Luis Potosí, por el ingeniero Ezequiel Ordóñez, págs. 263-273.—Fuente termal en Cuitzeo de Abasolo, Estado de Guanajuato, por el ingeniero Andrés Villafaña, págs. 277-287, láms. LVI-LVII.

* Número 8.—Estudio Hidrológico de la región de Río Verde y Arroyo Seco, en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 282-337, lám. LVIII.—1809.

* Número 9.—Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 339-362.—El hundimiento del Cerro de Sartenejas en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos, por el ingeniero T. Flores, págs. 363-384, láms. LIX a LXII.—1909.

* Número 10.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana durante los años de 1904 a 1908, págs. 389-467.—1909.

* Tomo III. Número 1.—El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 5-112, láms. I-XXXVII.—1909.

Número 2.—Estudio Geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una presa en el Cañón de Fernández, por el Dr. C. Burckhardt e ingeniero J. D. Villarello, págs. 117-135, láminas XXVII-XXXVI.—1909.

Número 3.—Estudio Hidrológico del Valle de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 141-172, láms. XXXVII-XLIV.—Catálogo de los temblores (macro y microsismos) sentidos en la República Mexicana durante el primer semestre de 1909, págs. 173-199. —1909.

Número 4.—Hidrología subterránea de la Comarca Lagunera del Tlahualilo, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 201-251, láms. XLV-XLVIII.—1910.

Número 5.—Nuevos datos de la Estratigrafía del Cretácico en México, por el Dr. E. Böse, págs. 257-280.—Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 281-301.—1910.

Número 6.—Estudio Geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango, por el doctor C. Burckhardt, págs. 307-357, láms XLIX-LI (plano geológico, 1:25,000) y 9 figs. — Plesiosaurus (Polyptychodon?) Mexicanus Wieland, por el Dr. G. R. Wieland, págs. 359-365, lám. LII.—1910.

Número 7.—Informe acerca de una excursión geológica preliminar efectuada en el Estado de Yucatán, por Jorge Engerrand y Fernando Urbina, con la colaboración del ingeniero J. Baz y Dresch, págs. 369-424, láms. LIII-LXXIV.—Estudio químico y óptico de una labradorita del Pinacate, Sonora, por el ingeniero Y. S. Bonillas, págs. 425-432, lám. LXXV. —1910.

Número 8.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el segundo semestre de 1909, págs. 435-496.—1911.

Número 9.—Reconocimiento de algunos criaderos de fierro del Estado de Oaxaca, por el ingeniero Y. S. Bonillas, págs. 499-524, láms. LXXVI-LXXIX.—1911.

Número 10.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el año de 1910, págs. 257-571.—Microsismos registrados en las Estaciones Sismológicas de Mazatlán y Oaxaca, de agosto a diciembre de 1910, págs. 273-587.—Indices del tomo.—1911.

Tomo IV. Número 1.—Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde), Oaxaca, por el Dr. P. Waitz, págs. 8-32.—Catálogo de los microsismos registrados en la Estación Sismológica Central durante el año de 1911, págs. 43-85.—1912.

* Número 2-10.—Memoria de la Comisión que exploró la región Norte del Territorio de la Baja California, por los Drs. E. Böse, E. Wittich e ingenieros T. Flores, P. González y señores F. Urbina y J. Engerrand, págs, 89-533, 112 láms.—1913.

Tomo V. Números 1-3.—Catálogo de los movimientos registrados en las Estaciones Sismológicas de Mérida, Mazatlán, Oaxaca y de los macrosismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1911, 76 págs.—1913.

Número 4.—Análisis hechos en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico. Números 1-279.—109 págs.—1913.

Número 5.—Apuntes acerca de la Hidrología Subterránea del Estado de Coahuila, por el ingeniero J. D. Villarello.—Informe relativo al agua solicitada por los vecinos de Pueblito, Querétaro.—Informe sobre el pozo de Yurécuaro, Michoacán, por el ingeniero T. Paredes.—34 págs.—1913.

Números 6-7-8.—Catálogo de los sismos registrados en la Estación Sismológica Central y en las de Mérida, Zacatecas, Oaxaca y Mazatlán, y de macrosismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1912.—125 págs.—1914.

Número 9.—Rocas Mexicanas clasificadas al microscopio en el Instituto Geológico, págs. 353-426.—1914. (Estados de Aguascalientes a Jalisco.)

Número 10.—Las aguas subterráneas en los Municipios de Acatlán y Jaltepec, Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo, por el ingeniero Vicente Gálvez, págs. 429-475, 15 láms.—Los recursos de agua del Valle de Tecalitlán, Estado de Jalisco, por el ingeniero Trinidad Paredes, páginas 477-501.—1916.

ANALES

Número 1.—Diatomeas fósiles mexicanas, por Enrique Díaz Lozano.—27 págs., 2 láms. —1917.

* Número 2.—Las salinas de México y la industria de la sal común, por José C. Zárate. —1 lám., 71 págs. y 1 carta.—1917.

Número 3.—Las aguas subterráneas al E. de la Bahía Magdalena, Baja California.—Hidrología subterránea de los alrededores del pueblo de Tequisquiapan y Hacienda de la Labor, Distrito de Temascaltepec, Estado de México.—Estudio sobre la probabilidad de encontrar aguas subterráneas en el Potrero de la Ciénega, D. F., por el ingeniero de minas Vicente Gálvez.—58 págs., 12 láms.—1918.

* Número 4.—Análisis de un petróleo crudo del campo del Alamo, por Salvador S. Morales.—Análisis de una nafta, por A. M. de Ibarrola.—Nota sobre un Corundo de una nueva localidad de México, por Carlos Castro.—Captación de aguas potables en el Mineral de Jacala, por el ingeniero Heriberto Camacho.—47 págs., 3 láms. y un plano.—1917.

Número 5.—El Tequezquite del Lago de Texcoco, por el ingeniero de minas Teodoro Flores.—61 págs., 15 láms. y un plano.—1918.

Número 6.—Apuntes sobre el Mineral de Puerto de Nieto, Gto., por el ingeniero de minas Vicente Gálvez.—9 págs. con un croquis.—Breves consideraciones para el estudio de las arcillas que tienen aplicación entre los materiales de construcción, por el arquitecto Benjamín Orvañanos.—5 págs.—1919.

Número 7.—Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales, por Manuel Muñoz Lumbier. — 54 págs. y 9 láms.—1919.

Número 8.—Las aguas subterráneas de Tlanalapan, Dto. de Apan, Edo. de Hgo. —23 págs., con dos planos y un croquis.—Informe de las aguas subterráneas del Valle de Tecamachalco o Valsequillo, Edo. de Puebla, por Heriberto Camacho.—Págs. 27 a 38, con 9 láms., un plano, 2 perfiles y un croquis.—Ligeros apuntes sobre el sistema de "Flotación," por el ingeniero Luis Goerne.—Págs., 41 a 50, con 8 figs.—1920.

Número 9.—Depósitos diatomíferos en el Valle de Toxi.—Manantiales en el Pueblo de Tepexi de Rodríguez, Edo. de Pue., por Enrique Díaz Lozano.—1920.

FOLLETOS DE DIVULGACION

* Número 1.—Los temblores de Guatemala, por M. Muñoz Lumbier.—3 págs. y 1 lám.—Enero de 1919.

* Número 2.—Procedimiento para el cuanteo volumétrico del manganeso, por el profesor C. Castro.—3 págs.—Febrero de 1919.

* Número 3.—Informe que rinde el Jefe de la Sección de Química, acerca de unos minerales de manganeso que remitió el Departamento de Minas, para que se viera si tenían substancias radio-activas.—3 págs., 2 láms.—Marzo de 1919.

Número 4.—Informe condensado sobre la construcción de edificios de madera a prueba de temblores, traducción por el Dr. E. Böse y J. García y García. —Enero de 1920.—15 págs. y 16 láms.

Número 5.—Apuntes sobre las ferro-ligas, recopilados y extractados de varias publicaciones y análisis, por el ingeniero G. Cicero. — 33 págs. — Agosto de 1920.

* Número 6.—Instrucciones generales para análisis de tierras, por C. Castro.—4 págs. —Septiembre de 1920.

Número 7.—Análisis de Aguas.—Condiciones que deben reunir para que sean potables, por C. Castro.—11 págs.—Febrero de 1921.

Número 8.—Nota sobre el aprovechamiento de la Baritina Mexicana, por el ingeniero C. F. de Landero.—5 págs.—Junio de 1921.

MONOGRAFIAS

* "El Goniógrafo."—(La Plancheta.)—Su aplicación práctica para levantamientos topográficos y de configuración orográfica.—Con 12 láms., 2 tablas, 3 formularios y varias figuras en el texto, por el ingeniero Luis Bolland.—1919.

A las Grutas de Cacahuamilpa en Automóvil, por el ingeniero L. Salazar Salinas.—1922.

---

* Agotado.—Out of print.—Epuisé.—Vergriffen.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01224 2590