



EL ARTE DE CONSTRUIR

EN LOS PAISES ESPUESTOS A TEMBLORES
DE TIERRA

POR EL

CONDE DE MONTESSUS DE BALLORE

(Traducido del frances)

Quos vult perdere
Jupiter dementat.

PREÁMBULO

Un título semejante puede parecer medianamente temerario i osado, pues en la opinion pública los temblores de tierra consideráanse como fenómenos contra los cuales la ciencia i la sabiduría humana no pueden nada i delante de los cuales es menester inclinarse como en presencia de lo inevitable. La magnitud de ciertos desastres séismicos, verdaderos acontecimientos históricos, el gran número de víctimas aplastadas bajo los destrozos de sus habitaciones, los edificios que forman la gloria de las ciudades principales, pulverizados en medio de las ruinas de propiedades privadas, los terribles incendios que rematan la catástrofe quemando vivos a numerosos heridos ántes de que se hubiera podido sacarlos de entro de los escombros, bajo los cuales están sepultados; todo esto hace de los temblores de tierra

fenómenos cuyo balance se computa anualmente por millares de víctimas i por millones de pérdidas. Es sin embargo fácil de demostrar, por numerosos ejemplos, como es que está en el poder del hombre reducir frecuentemente a pequeña cosa el peligro sísmico, a condicion de elejir convenientemente el terreno sobre el cual se quiere edificar, siguiendo estrictamente las reglas del arte de construir i empleando esclusivamente materiales de excelente calidad. Que si ademas se procede conformándose para los detalles i para cada elemento de construccion a las reglas particulares a las cuales conduce en los países inestables, la observacion de la manera cómo cada uno de ellos se comporta bajo la accion del movimiento sísmico, puede afirmarse que las pérdidas serán reducidas a un minimum casi siempre insignificante.

Estas reglas particulares resultan de que las construcciones ordinarias son calculadas en todas sus partes para resistir a un esfuerzo continuo i vertical de arriba hacia abajo—la pesantez—así como a la reaccion o al empuje mútuo de sus diversas partes, entre tanto que aquí se trata de la accion de resistir a un movimiento horizontal ondulatorio brusco i vertical de abajo hacia arriba. Se concibe sin dificultad que deben seguirse reglas especiales para el arte de construir.

I hai evidentemente dos maneras bien distintas de considerar la materia.

Un arquitecto, un ingeniero, en fin, un constructor de profesion habria estudiado sea teóricamente, sea por la observacion de los estragos ocasionados por los temblores de tierra, la manera de colocar los edificios i sus diversas partes al abrigo de las sacudidas sísmicas, i él habria espuesto i codificado, por decirlo así, las reglas a las cuales lo habria conducido este estudio, sin dar el detalle de las observaciones. Este es el método seguido en los reglamentos ediles en muchas reparaciones públicas en los países inestables, a raíz de las catástrofes; pero que la rutina, la incuria i una especie de fatalismo inconsciente han dejado en breve caer en desuso

hasta que un nuevo desastre hace llegar un tardío *mea culpa*.

Tal trabajo presentando como el del Lt. coronel Cortés soluciones discretas, frecuentemente, sino siempre, sancionadas por los sucesos ulteriores, para todos los jéneros de construcciones i sus elementos constitutivos, una obra técnica i práctica en una palabra, no seria bajo ciertos puntos inútil. Pero él no se dirigiria mas que a los profesionales solamente i evitaria dar a conocer a las poblaciones interesadas una esposicion de la manera cómo se comportan o de la resistencia que presentan en caso de temblores, *no tan sólo* los edificios públicos sino tambien las habitaciones, para la edificacion de las cuales los propietarios no se sirven frecuentemente mas que de simples obreros, o en todo caso de prácticos poco instruidos que obedecen solo a una técnica tradicional.

Se estima, pues, mucho mejor referirse a la observacion de los desastres a los cuales están espuestas las habitaciones de diferentes tipos de los paises sometidos a temblores de tierra i mostrar por donde pecan ellas. Los medios de mejoramiento aparecen así con claridad. Este es el método por medio del cual los escritores militares establecen las reglas de la táctica por el estudio de las batallas i campañas del pasado. Ellos preparan de esta suerte las victorias del porvenir. Este es el método que ha sido seguido, i de aquí que las diversas divisiones de la obra se espliquen i se justifiquen.

SUMARIO

CAPÍTULO I

ELECCION DEL SITIO DE UNA CONSTRUCCION

1. Terrenos firmes o blandos, homogéneos o heterojéneos, con o sin cohesion.—2. Peligro de las líneas de juncion de los llanos i de los fondos de hondonadas con las pendientes i de terrenos de naturalezas diferentes entre sí.—3. Peligro de las orillas de los rios i de los canales.—4. Influencia favorable supuesta de escavaciones bajo las ciudades.—5. Pendientes de las montañas i de las colinas.—6. Construcciones sobre alturas.—7. Conclusiones jenerales respecto a la eleccion del sitio.—8. Reconocimiento séismico del terreno.—9. Traslacion de ciudades a puntos mas favorables.

CAPÍTULO II

MALOS MATERIALES I CONSTRUCCIONES DEFECTUOSAS

CAPÍTULO III

DE LAS MURALLAS. MATERIALES I PREPARATIVOS

1. Murallas por albañilería.—2. Preparacion de los muros con albañilería.—3. Agrietamiento de muros con albañilería.—4. Muros de ladrillo.—5. Preparacion de los muros con ladrillo.—6. Agrietamiento de los muros con ladrillo.—7. Dimensiones de los muros.—8. Muros con perfil parabólico i de beneficio.—9. Muros diversos, adobe, cemento, cemento armado.—10. Influencia de la direccion de los muros con relacion a la del temblor.

CAPÍTULO IV

EFECTOS DE LOS TEMBLORES DE TIERRA SOBRE LOS DIVERSOS MATERIALES DE LAS HABITACIONES I MEDIOS PREVENTIVOS

1. Construcciones ordinarias.—2. Construcciones sobre pilotes.—3. Construcciones movibles o sísmicas.—4. Aberturas de muros. Puertas i ventanas. Fachada Perry.—5. Pisos i techos.—6. Ciclos.—7. Chimeneas de habitaciones.—8. Balcones.—9. Cornisas i balaustradas de coronamiento.—10. Muros de division.—11. Cascos de escaleras.—12. Basamientos.—13. Pilares o contrafuertes.—14. Angulos de las casas.—15. Terrazas.—16. Pórticos de entrada con columnatas. Cariátidas.—17. Arcos i bóvedas.—18. Techos i coberturas.

CAPÍTULO V

EFECTOS DE LOS TEMBLORES DE TIERRA SOBRE LAS DISPOSICIONES DEL CONJUNTO DE LOS EDIFICIOS

1. Plan de un edificio.—2. Número de pisos.—3. Disposicion interior de las habitaciones.—4. Conexion entre las diferentes partes de un edificio. Juncion de antiguas i de nuevas construcciones. Antetechos.—5. Longitud de los muros.—6. Casas en serie o en agrupacion.

CAPÍTULO VI

CONSTRUCCIONES DE MADERA, MADERA I FIERRO, LADRILLO
I ALBAÑILERÍA. CASAS RÚSTICAS

CAPÍTULO VII

EFFECTOS DE LOS TEMBLORES DE TIERRA SOBRE LOS DIVERSOS MODELOS
LOCALES DE HABITACIONES EN LOS PAÍSES SÉISMICAMENTE INESTABLES.

I.—Rejion del Mediterráneo

1. Villas de Menton i de la Liguria.—2. Casas españolas.—3. Casas portuguesas.—4. Casas italianas.—5. Casas de Ischia.—6. Casas dalmatás.—7. Casas de Cefalonia.—8. Casas de Zante.—9. Casas de Metelin.—10. Casas monolíticas de Santorin.—11. Monumentos monolíticos vitrificados.—12. Orden dórico.

II.—Asia

13. Isba rusa.—14. Casas armenias del Cáucaso.—15. Casas japonesas indígenas.—16. Casas japonesas con madera i piedras labradas.—17. Templos japoneses.—18. Casas de Calcuta.—19. Casas birmanes.

III.—América

20. Casas de la Martinica.—21. Casas hispano-americanas.—22. Casas de Cliff-dwellers de Nuevo Méjico.

IV.—Oceania

23. Casas de Filipinas.

CAPÍTULO VIII

EFFECTOS DE LOS TEMBLORES DE TIERRA SOBRE DIVERSAS CONSTRUCCIONES
DIFERENTES DE LAS HABITACIONES

I.—Derrumbe i ruptura por los temblores de tierra de construcciones elevadas

1. Ecuacion fundamental de estabilidad i esperiencias japonesas.—2. Chi-

meneas de fábricas. Sistema Diak.—3. Campanarios i torres. Cúpulas, Cruces, Para-rayos.—4. Machones de puentes.—5. Faros i mesas sísmicas para lámparas de faros.—6. Portada de entrada de las propiedades, columnas, monumentos funerarios, ishidoros i menhirs.—7. Depósitos para agua en las estaciones de los ferrocarriles.—8. Derribo de construcciones importantes.

II.—Rotacion i resbaladura de objetos planos por los temblores de tierra

9. Tumbas i otros objetos espuestos a la rotacion i resbaladura o deslizamiento.

III.—Construcciones diversas accesorias

10. Muros de sostenimiento, escarpes, terraplenes, muros aislados para sosten de puentes, etc.—11. Estanques, barreras i diques.—12. Acueductos i canales.—13. Trabajos de minas i pozos.—14. Cañerías de gas i otros.—15. Ferrocarriles.—16. Cables submarinos.

CAPÍTULO IX

SISTEMAS DE CONSTRUCCIONES DESTINADOS A COLOCAR LAS HABITACIONES AL ABRIGO DE LOS TEMBLORES DE TIERRA

1. Sistema Lescasse.—2. Sistema del Lt. Coronel Cortés i Agulló.—3. Casa de Clark i C.^a en San Salvador (América Central).—4. Casas de la comision española para la reconstruccion de las villas de Andalucía.—5. Sistema Inouyé.

CAPÍTULO X

ALGUNOS MEDIOS PREVENTIVOS I APLICACION PRÁCTICA DE LOS SEISMÓGRAFOS A LA ESPLOTACIÓN DE LOS CAMINOS DE FIERRO

1. Algunos medios prácticos. Alcobas i mesas contra los temblores de tierra. Aposentos contra los temblores de tierra. Lámparas de seguridad.
2.— Aplicacion práctica de los seismógrafos en la explotacion de los ferrocarriles.

CAPÍTULO XI

Reglamentos municipales. Arjel, Lisboa, Norcia, Manila Ischia.

APÉNDICE

Tabla cronológica i de referencia de los temblores citados.
Índice bibliográfico.
Índice analítico.

CAPITULO I

ELECCION DEL SITIO DE UNA CONSTRUCCION

1. Terrenos firmes o blandos, homogéneos o heterojéneos, con o sin cohesion.—2. Peligro de las líneas de juncion de los llanos i de los fondos de hondanadas con las pendientes i de terrenos de naturalezas diferentes entre sí.—3. Peligro de las orillas de los rios i de los canales.—4. Influencia favorable supuesta de escavaciones bajo las ciudades.—5. Pendientes de las montañas i de las colinas.—6. Construcciones sobre alturas.—7. Conclusiones jenerales respecto a la eleccion del sitio.—8. Reconocimiento seísmico del terreno.—9. Traslacion de ciudades a puntos mas favorables.

1. *Terrenos firmes o blandos, homogéneos o heterojéneos,
con o sin cohesion*

En un pais inestable, sometido a temblores de tierra i que ha soportado ruinas mas o ménos graves i completas, es fácil despues de cada fenómeno seísmico desastroso, constatar que en las ciudades i aldeas, aun las mas aproximadas, los desastres presentan a menudo las mas grandes irregularidades, como poblaciones mui perjudicadas que deslindan con otras que han sufrido mucho ménos i aun que diversos barrios

de una ciudad han sufrido daños de importancia muy desigual. La casualidad no puede invocarse, i, en casos iguales, es decir, en igualdad de condiciones, simplemente relativas a la construcción, es preciso buscar la razón de estas diferencias, a menudo considerables, en la base de los edificios, en las particularidades inherentes tanto a la naturaleza de los materiales del sub suelo como a la situación topográfica de los lugares habitados.

Es necesario simplificar un problema que la experiencia hace aparecer como uno de los más complejos, i limitarse, para principiar, a la comparación de los daños según sea el terreno más o menos duro, compacto, homogéneo i coherente. Parecería *a priori* que la cuestión no fuera dudosa. No deja de serlo, i puede uno convencerse de ello leyendo las numerosas teorías bastante contradictorias — prueba de que ellas son insuficientes todavía — relativas a la propagación del movimiento sísmico según la naturaleza de los terrenos atravesados. La observación deja al fin de cuentas el único medio de separar las opiniones i de segregar la parte correspondiente a las diversas influencias.

El método consistirá en relatar los hechos observados i en procurar desprender de ellos la enseñanza.

Es una observación corriente en Tokio, que los suelos duros han sufrido siempre menos que los suelos blandos.

Cuando el temblor de Charleston del 31 de Agosto de 1886, el monto de los perjuicios evaluados por una comisión municipal, nombrada con este objeto, ha variado considerablemente según los diversos barrios de la ciudad, i por lo menos en gran parte, dicen los sabios comisionados, verosíblemente en relación de las diferentes naturalezas del suelo. Esta ciudad está edificada sobre una península comprendida entre los ríos Cooper i Ashley, cuyos terrenos secos i un poco elevados sobre el nivel de las aguas de estos dos ríos, se hallaban en el siglo XVIII divididos en numerosos lóbulos por las pequeñas indentaciones de un suelo pantanoso, que el agua salada invadía a cada marea. Las habitaciones habían ocupado al principio exclusivamente las partes dise-

caídas, pero a medida que la ciudad aumentaba, se rellenaban hasta su nivel los terrenos bajos que no se distinguen actualmente de los otros al menos, esteriormente, i aparte de algunas escepciones debidas a las diferencias de construcción, fué sobre estos terrenos rellenados donde se constataron los daños mas considerables.

El área dañada por los temblores de tierra de los días 5 i 7 de febrero de 1783 en Calabria comprende la ladera Tyrrhénica del Aspromonte, es decir, toda la rejion hidrográfico del Petracio i la del Vacale, el afluente mas meridional del Mesina. La catástrofe fué inmensa en todos estos valles i todas las aldeas fueron ahí reducidas a montones de ruinas en que no se reconocian ni el trazado de las calles ni la colocación de los edificios. Esta área se estendió a todos los terrenos terciarios i cuaternarios de las llanuras de Gioia formados de rocas heterojéneas poco consistentes inmediatamente superpuestas a las rocas cristalinas. En cambio, en las proximidades de los macizos cristalinos del Aspromonte, del Jejo i Cao Vaticano los daños disminuian. Así se explica que si Bagnare perdió mas de la mitad de su población, a pocos kilómetros de ahí, Scila habria salvado por su subsuelo gneisico aun cuando hubiese continuado el temblor.

Segun informe del Jefe de injenieros de la plaza de Niza, los fuertes construidos sobre los terrenos homojéneos no sufrieron nada el 23 de febrero de 1837, mientras que el fuerte San Juan esperimentó daños bastante considerables por estar construido sobre un suelo formado de blocs heterojéneos simplemente justapuestos i cuyos intersticios están parcialmente rellenos de materiales menudos. En esta misma fecha se constató en Niza que los destrozos de mas importancia tuvieron lugar casi esclusivamente en la parte nueva de la ciudad, cuyas construcciones, jeneralmente posteriores a 1860, entre la plaza Massena, la estacion i el barrio Saint Etienne, habian necesitado cimientos difíciles en un terreno pantanoso, de aluvion i sin consistencia. En el mismo temblor las costas de terrenos arcillosos próximos a Diano, Marina, Niza, i Menton se manifestaron muy espues-

tos, así como las que descansan sobre un espesor notable de estratas margosas, miocenas, incoherentes i de calcáreas o arenas compactas como en Langhe por ejemplo. (1)

El temblor de tierra de Andalucía de 24 de diciembre de 1884 no dañó uniformemente los diversos barrios de Málaga. Los perjuicios fueron allí menores en la parte oriental de la ciudad, hácia el castillo de Gibralfaro, construido sobre los schistes paleozoicos, i mucho mas acentuados al Oeste sobre las arcillas pliocenas. El torrente Vélez limitó al Oeste la zona destrozada. Así, pues, todas las aldeas de esta region, a pesar de su mayor proximidad del epicentro sufrieron sin embargo ménos que Málaga, porque descansan sobre terrenos cristalinos antiguos. Cártama, mas alejada todavía del epicentro, debió sus grandes daños a sus margas i arcillas pliocenas. Quizás tambien las ondas sísmicas, reflejadas en diversos sentidos, agregaron aquí su acción a las de las ondas directas, advirtiéndolo en todo caso que la existencia de las primeras está todavía sujeta a discusión. Por tanto, la desigualdad de coherencia de los sub-suelos basta ampliamente para justificar la de los daños. Jatar se derrumbó en parte sobre el *travertino* i los conglomerados pliocenos, mientras que muy cerca de ahí villa Blanchart debió su salud a la resistencia de una dolomia compacta. Aun ahí las rocas calcáreas i cristalinas se mostraron mucho mas resistentes que los conglomerados i las blanduras terciarias.

Pilla, que ha sido uno de los primeros en estudiar racionalmente las relaciones entre los efectos dinámicos de los temblores de tierra i la naturaleza i la forma del suelo, examinando los daños de los temblores de la Calabria del 12 de Octubre de 1835 i 24 de Abril de 1836 i de la Toscana de 14 Agosto de 1846, ha encontrado que, en igualdad de otras circunstancias, las sacudidas fueron mas desastrosas sobre las

(1) Es por esta misma causa que este temblor no se sintió en Nimes mas que en el recinto de la villa romana, cuyo suelo ha sido socavado i removido en todo sentido, pero no afectó absolutamente los barrios nuevos donde pasó desapercibido por completo.

rocas desmenuzables i fáciles de ceder de los terrenos cuaternario i terciario, sobre todo si eran mas o ménos elevadas.

Melfi fué destruido el 14 de Agosto de 1851 a causa de la poca cohesion de su suelo, de lavas escoriáceas que descansan sobre tobas volcánicas sin consistencia.

Cuando el gran temblor de Jamaica del 6 de Junio de 1692, los únicos barrios de Port Royal que quedaron en pie fueron los que descansan sobre el calcáreo compacto, mientras que aquellos contruidos sobre cascajo o arena fueron completamente destruidos.

El caso de Lisboa es clásico. Los efectos destructores de los terremotos al principio del siglo XVIII, en particular el de 27 de Diciembre de 1722, se hicieron sentir sobre todo, segun la relacion de Shalpe, sobre las arcillas azules de la parte baja de la ciudad, i ninguna casa fué dañada sobre el calcáreo secundario o basalto. El 1.º de Noviembre de 1755 los destrozos no fueron precisamente delimitados, tan violento fué el temblor, pero las diferencias se manifestaron en el mismo sentido, como tambien a lo largo de la costa de los Algarbes cuyas villas marítimas fueron las que mas sufrieron.

En San Francisco el 21 de Octubre de 1868 los desastres se limitaron casi exclusivamente a los aluviones i a los terrenos formados a lo largo de la antigua playa, ahí donde el suelo ha sido rellenado.

En Talcahuano el 20 de Febrero de 1835 únicamente las casas edificadas sobre las rocas escaparon a la destruccion; i sucedió lo mismo en Valparaiso el 1.º de Noviembre de 1822, donde la solidez del granito jugó un rol de seguridad relativamente a los aluviones.

Segun la relacion de Fouqué, la mala colocacion de muchas de las villas de Mételin, edificadas sobre aluviones cerca del mar, o de aquellas de la llanura de la Colonia contruidas sobre un terreno movible, proviniendo de la descomposicion de las traquitas, ha tenido mucha parte en los daños experimentados el 6 de Marzo de 1877.

En Locrida, el 20 de Abril de 1894 la mayor parte de las ciudades devastadas estaban situadas sobre terrenos terciarios.

rios o cuaternarios poco resistentes, mientras que las del Sur-este de la península de Aetolymion donde predominan capas cretáceas mas firmes, han resistido bastante bien, al menos relativamente.

Una de las razones que han contribuido en mucha parte a hacer desastrosos los temblores de Zante de 31 de Enero i 17 de Abril de 1893 es la de que las fundaciones se han establecido allí casi por todas partes en un terreno movable, de aluviones. Sobre las pendientes del Scopos al cabo Daria, a 100 metros de distancia la una de la otra, de dos casas semejantes, la una que descansaba sobre calcáreo, quedó intacta, mientras que su vecina, situada sobre una capa de desperdicios, fué derribada. La parte alta de la villa de Lithaquia, también sobre calcáreo, no sufrió nada, mientras que la parte baja sobre aluviones se derrumbó casi completamente.

En los temblores de la Trifilia, de 2 de Junio de 1898, Stassió, construido, segun la liberacion del pais, sobre una colina de ruinas, fué reducido a escombros, al frente de Armeni i de Maletini, que quedaron indemnes sobre su roca.

Se sabe bien en Laibach cuánto menos sufren las casas sobre rocas, por ejemplo sobre el Schlossberg, que aquellas que están sobre el cascajo de la llanura. Así sucedió el 9 de Abril de 1895.

Un ejemplo mui curioso e instructivo ha sido dado por Th. Holdham, a propósito del temblor de tierra del Cachar del 10 de Enero de 1869. En medio de las ruinas, un pequeño templo indú, abrigado debajo de una inmensa higuera baniana, quedó intacto, lo que hizo aumentar la veneracion de que gozaba, habiéndose considerado el hecho como milagroso. En el exámen de este jeólogo se reconoció que las raices del árbol sagrado se habian entrelazado al rededor i por debajo de los cimientos, formándole así un subsuelo mui resistente.

Selei, mui cercana entretanto del foco del temblor de 18 de Diciembre de 1897, sufrió principalmente por estar edificada sobre los restos de casas destruidas con el temblor del

13 i 14 de Octubre de 1786 i sobre aluviones, miéntras que las sacudidas, mas violentas i numerosas sin embargo en Caiffrenze cerca de la cumbre de la Serriola sobre sólidos *schistes* arcillosos i calcáreos margosos eócenos no produjeron allí mas que daños del todo insignificantes.

En la Martinica el 11 de Enero de 1839, Fort de France fué destruida, pero Saint Pierre se libró. Es porque el suelo de esta última ciudad es jeneralmente rocoso, miéntras que su rival ocupa el lugar de antiguos pantanos. En la misma Fort de France, el fuerte San Luis i algunas casas fundadas sobre islotes rocosos sobresalientes de los aluviones han podido resistir. La Pointe à-Pitre i Basse-Terre corresponden exactamente a la Guadalupe en estas dos ciudades; tambien el 8 de Febrero de 1843 los acontecimientos se produjeron allí exactamente de la misma manera.

En Aix-la-Chapelle, cuando los temblores de 18 de Setiembre de 1692, 18 de Febrero de 1796, 24 de Junio de 1877 i 26 de Agosto de 1878 los daños se restringieron únicamente a los barrios del Polytechnicum i del Instituto de sordo-mudos al Noroeste construido sobre una creta poco compacta, miéntras que aquellos del Sureste levantados sobre un sólido calcáreo *devoniano* no han sido jamas dañados.

En Studena, el temblor de Clana de 27 i 28 de Febrero de 1870 respetó únicamente una casa moderna, asentada sobre un calcáreo compacto, pero dañó mucho el resto de la villa construido sobre aluviones.

El temblor de Sillein de 19 de Enero de 1858, se hizo sentir principalmente sobre la llanura formada de capas diversas estratificadas, i casi no se notó en las montañas mas sólidas formadas de granito, sienita, pórfiros, e.c.

El gran temblor de Bellune, de 29 de Junio de 1873, fué apenas perceptible sobre la ribera derecha del Drave, donde dominan el *lehm* i la arcilla, materiales mas compactos que los ripios de la ribera izquierda, donde el sacudon se hizo sentir mucho mas fuerte aun cuando ésta se encuentra mas allá de la primera con relacion al *epicentro*.

La ruina de Oran de 9 de Octubre de 1790 se limitó a una

escasa porcion de aluviones comprendida entre las alturas de Santa Cruz i del *Chateau-neuf*, que no parecian haber sido afectadas.

La parte exterior de la Kasbah, donde se divisaban todavia en 1889 las antiguas murallas al salir del boulevard Malakoff, los muros del Oeste i las casas que le bordean, en fin, el barrio judío al Sur, construidos sobre la roca misma, han sufrido mucho ménos que la parte baja de la ciudad.

Arjel, enteramente edificado sobre los *schistes* antiguos i *gneiss*, no sufrió el 2 de Enero de 1867 mas que perjuicios insignificantes relativamente a las localidades vecinas, formadas de capas pliocenas poco compactas, de la Mitidja.

San Salvador en América Central está edificada sobre aluviones i cenizas volcánicas sin ninguna consistencia.

Así esta ciudad es célebre entre todas por sus desastres. A 14 kilómetros de ahí se levanta Santa Tec'a sobre una cumbre de sólidos mantos de lava i esta villa no sufre casi nada.

En el temblor de 10 de Febrero de 1874 en la Nueva Inglaterra, se pudo observar que en Long-Island las sacudidas se sintieron sobre todo allí donde el *gneiss* alterna con el *drift*.

La heterojeneidad del suelo intervenia, pues allí, como circunstancia desfavorable para las construcciones.

El caso de Gottschee, en Carniola, es mui instructivo, por cuanto ahí se ve intervenir las diferencias de cohesion de tres terrenos diferentes. A menudo se ha constatado en efecto, que los frecuentes temblores de este pais se sienten mas en las capas aluvionarias que en la terciaria, i mas en ésta que en las triásicas o mas antiguas, como lo han relatado Suess i Mojsisovics.

Se ha recorrido hoi dia casi todas las rejiones del globo en que los temblores de tierra son la causa de desastres mas o ménos graves, i resulta de las observaciones relatadas que en todas partes, cualesquiera que sean por lo demas las circunstancias de edad i naturaleza de los diferentes terrenos, sus caractéres de dureza, de solidez, de cohesion i homojene-

neidad determinan por sí solos la importancia relativa de los daños sufridos por las construcciones que soportan, pero con la restriccion formal i mui importante de que en lo demas las otras condiciones sean las mismas. En una palabra, no se ha hecho intervenir todavía las informaciones topográficas mútuas. Va a verse que la introduccion de este elemento nuevo complica singularmente el negocio de la eleccion del terreno mas favorable, o mas exactamente hablando, la eleccion del ménos desfavorable, para levantar, en los paises espuestos a temblores de tierra, construcciones con el peligro mínimo. Es necesario para esto relatar las observaciones que permiten darse cuenta de la influencia de las circunstancias de situacion i de formas del terreno.

2.—*Peligro de las lineas de juncion de las llanuras i de los fondos de las hondanadas con las pendientes i de los terrenos de naturalezas diferentes entre sí.*

Se ha constatado anteriormente que los suelos de aluvion o poco compactos de las llanuras son relativamente los mas peligrosos; es preciso todavía tener en cuenta, en ciertos casos, el espesor de los depósitos o su posicion al pie de las pendientes, allí donde se adelgazan progresivamente.

De Humboldt ha hecho notar ya que los puntos situados inmediatamente al pie de cordilleras compuestas de *gneiss* i de *mica-chistes* están en la América del Sur mas removidos que las llanuras mismas.

Se ha comprobado tambien que en las Calabrias el 5 i 7 de Febrero de 1783, los sacudimientos que se propagaron del Oeste al Este al traves de capas de reciente formacion, se han hecho mucho mas violentos al alcanzar sus puntos de union con el granito, como si una reaccion se produjese cuando el movimiento ondulatorio es detenido repentinamente por las rocas duras. Dolomieu llega hasta hablar de un efecto de disjuncion entre los flancos de las montañas i las masas de arenas i de arcillas apoyadas contra ellos con una adhesion insignificante. Tambien puede quizás invocarse el efecto de las ondas seismicas reflejadas o refractadas.

En el temblor de la Andalucía del 24 de Diciembre de 1884, las construcciones levantadas en la vecindad de dos suelos de naturalezas diferentes, tales como *schistes feuilletés* i calcáreos cristalinos, o arcillas i calcáreos compactos, han sufrido especialmente.

Un ejemplo bien demostrativo es el de la pequeña ciudad japonesa de Totzuka, formada por una larga calle de 7 a 8 metros de ancho solamente, tendida al pie de una colina. El 15 de Enero de 1887, el costado de la calle opuesto a las pendientes, i fundado sobre un terreno arrastrado, fué el único en experimentar perjuicios.

Klana, en Istria, está situada a la orilla de una profunda zanja llena de *lehm* i cascajos de aluvion en lechos casi horizontales, pero algunos de sus barrios descansan sobre los bancos de sólido calcáreo de las murallas que encajonan el valle. Los primeros fueron los únicos que tuvieron que sufrir con el temblor del 27 i 28 de febrero de 1870.

Semejantes observaciones se desprenden tambien del temblor de tierra del 2 de Enero de 1867 en Algeria. Las ciudades o villas que fueron las mas perjudicadas son Blidah, Mousaïville, Bou-Rouni, El Affroun, etc., las cuales situadas en la periferia de la rejion de aluviones de la Mitidja, descansan en la union con el carteniano o el granito de los escarpes del macizo de los Béni Salah, miéntras que Marengo i Duperré en medio de la rejion han sido poco o nada dañados. Tenés, Cherchell i Milianah sobre el carteniano, en el límite de los depósitos de aluvion, así como Sétif, Bordj Bon-Arreridj a la orilla de valles pliocenos i miocenos soportan las desventajas de situaciones igualmente peligrosas.

El temblor del 15 i 16 de Enero de 1891 fué mui desastroso en Gouraya i en Villebourg. Esta última aldea estaba edificada sobre un cono arcilloso de ruinas, mui cerca pues de los terrenos sólidos, i hendiduras existian allí con anterioridad. Ninguna colocacion podria ser mas peligrosa.

Parece pues bien averiguado, según las observaciones hechas, que las líneas de juncion de los terrenos de consistencias mui diferentes, deben evitarse para sentar allí construc-

ciones, tanto mas cuanto que las dislocaciones son frecuentes en ellas.

Refiriéndose a lo que se ha dicho de la ventaja presentada por Marengo, con relacion a los bordes de la llanura de la Mitidja, se explica como ha podido nacer en Tokio la creencia popular, seguramente errónea en jeneral, segun la cual terrenos blandos, aun pantanosos, podrian constituir buenas fundaciones, opinion que han podido adoptar hasta seismólogos como Perry i Ayrton. Se apoyaban para esto en que en la propagacion del movimiento séismico en el seno de un medio sin consistencia, aumentando los tiempos de trasmision, las ondas séismicas se estrellan contra un obstáculo i que por consecuencia una línea de construciones puede encontrarse protegida por la posibilidad de descansar en un momento dado sobre muchas de entre ellas, de la misma manera que, manejando convenientemente un buque, se le disminuye el balanceo de popa a proa, si se llega por este medio a hacerlo descansar siempre sobre tres crestas, a lo ménos de olas. Pero salvo talvez en ciertos casos particulares para los cuales seria preciso buscar la explicacion en otra parte, si su existencia estuviera bien comprobada, los suelos blandos, peligrosos ya por sí mismos, lo son mas todavia en su junction con los terrenos mas compactos.

I ademas los estudios largo tiempo continuados de los miembros de la Sociedad Séismológica del Japon han demostrado bien que, a pesar de la opinion de que los terrenos blandos i húmedos absorben mejor las vibraciones séismicas en su centro, es necesario eliminarlos tanto ahí como en sus orillas. En Manila se han dictado reglas especiales para construir en terrenos semejantes, i esta medida es evidentemente una de las mejores que puede tomarse cuando no es posible eliminarlos completamente.

Esta digresion pareceria quizás mejor colocada en la discusion relativa a los terrenos compactos o blandos; ella se da aquí porque se considera la opinion mencionada como una mala interpretacion de hechos del jénero del que ocurrió en Marengo.

El peligro propio de los pies de colinas o de escarpes es debido tambien en gran parte a que éstos son a menudo líneas de dislocacion i que, mui evidentemente, es una grave imprudencia asentar a la vez un edificio cualquiera sobre dos terrenos diferentes, que vibrarán desigualmente bajo la accion del movimiento séismico. Estas malas condiciones se empeoran todavia a menudo por los desplomes i deslizamientos que se producen a lo largo de los flancos de las alturas. Se ha observado a este respecto ejemplos bien caracterizados, aparte del temblor de las provincias centrales, Mino i Owari, en el del Japon de 28 de Octubre de 1891, i esto aun en el caso de pendientes enteramente moderadas.

3.—*Peligros de las orillas de rios i canales*

A lo largo de las orillas de los rios o de los canales los materiales adyacentes a la superficie libre, aun cuando sean compactos vibran con fuerza superior al máximum de la de su cohesion, por cuanto carecen de sosten por ese lado i de partículas a quienes comunicar su propio movimiento ondulatorio. Estos materiales tienden, pues, a separarse de aquellos colocados detras con relacion a la marcha jeneral de la propagacion séismica.

Una serie de sacudimientos repetidos tendrá tambien por resultado no solamente desmoronar los bordes de los escarpes, sino tambien formar una serie de hendiduras paralelas, cuya separacion teórica será la amplitud del movimiento ondulatorio. Este efecto acompaña a todos los grandes sacudimientos terrestres i pone en peligro las construcciones que se encuentran en tal situacion.

Es así como en la prefectura de Aichi, aunque a mas de 50 millas del epicentro, mas de 400 millas de márgenes o murallas de rios o de canales, i tambien las cercas de caminos, se derrumbaron con todas las habitaciones que se encontraban repartidas aquí o allá, en el temblor del 28 de Octubre de 1891.

En *Rangpur* el 12 de Junio de 1897, i a pesar de una dis-

tancia mui considerable del epicentro, colocado léjos, al otro lado del Brahmapoutra, en las colinas del Assam, los desastres no se debieron tanto al choque en sí mismo sino a que la ciudad estaba construida en parte sobre un suelo poroso i heterojéneo, descansando sobre una capa acuosa a algunos pies solamente de profundidad. La superficie se rasgó por todas partes paralelamente a las principales líneas de debilidad, tales como canales, bordes de estanques, etc. Estas hendiduras se han abierto a menudo bajo las casas i han determinado la caída en un gran número de casos. Al contrario, todas las casas léjos de estas líneas se han salvado relativamente.

Cuando el temblor del 10 de Enero de 1869, el bazar de Cachar debió su destruccion a su paralelismo al Barak, a las riberas del cual estaba casi apoyado. Compuesto de bambú era bastante elástico i sin esta situacion peligrosa hubiese escapado a la ruina como las construcciones similares de los alrededores. Los habitantes de Quito atribuyen la seguridad seismica de su ciudad a los numerosos canales de la vecindad por oposicion a los desastres célebres de Latacunga, a 15 millas solamente de distancia; i una opinion semejante reina en Tokio respecto de los numerosos i profundos barrancos que surcan esta ciudad. Estos dos casos son dignos de reflexion, dice el séismólogo Milne, pero seria ciertamente mui imprudente fiarse de ellos, porque las observaciones de Rangpur i de Cachar invalidan absolutamente estas creencias probablemente erróneas i que pueden, si ellas descansan sobre un hecho exacto, resultar de una falsa interpretacion de ciertas condiciones favorables no determinadas todavía. En todo caso en lo que concierne a Quito, puede que los canales invocados para explicar la inmunidad, estén bastante léjos i bastante profundos para absorber el movimiento séismico, o mejor para impedir la comunicacion a las partes elevadas del suelo situadas al otro lado, como en Cherrapongjee, cuyo caso será relatado mas adelante.

Es en el mismo orden de ideas que, segun los antiguos, el templo de Diana en Efeso habria sido espresamente edificado

sobre la orilla de un pantano con el objeto de preservarlo de los temblores.

En lo que concierne a la rejion *lacustre* de espesos aluviones de Bazaletzke al Noreste de Akhalkalaki, Mouchketof piensa que ellos formaron para las localidades del Oeste un colchon protector para el sacudimiento del 19 de Diciembre de 1899, proveniente del Noreste de esta rejion. Es con ocasion de este gran temblor que se ha podido descubrir en el área epicentral muchas hendiduras paralelas en la espesa capa de nieves que cubria el pais i que esclarecen perfectamente la accion del movimiento séismico en su produccion.

Aunque así sea, es preciso prudentemente considerar las orillas de rios, canales, barrancas, etc. como mui peligrosas para las construcciones. Tanto mas cuanto que aun en el Japon, donde reina la opinion contraria, se ha visto en Nagoya, donde se participa de la misma creencia que en Tokio, el 28 de Octubre de 1891, sufrir la ciudadela tanto como las habitaciones de los barrios vecinos, bien léjos de estar eficazmente protegida por los fosos de sus fortificaciones.

4.—*Influencia supuesta favorable de las excavaciones bajo las ciudades*

Plinio pretende que los pozos i las cavernas son preservativos contra los temblores de tierra i Vivenzio dice que los romanos, al construir el capitolio, cavaron pozos para debilitar los efectos de las sacudidas. En fin, De Humboldt atribuyó la misma idea a los habitantes de Santo Domingo.

Las observaciones modernas no confirman tales sugestiones, verosimilmente contrarias a la realidad. Todo lo que puede decirse a este respecto es que en muchas circunstancias los *catavrothes* i los *dolines* de la Grecia i de los países *Kársticos* han sido una peligrosa vecindad.

Los fundamentos de la opinion de Plinio podrian encontrar un apoyo en el ejemplo de Samsar en el temblor de Akhalkalaki del 19 de Diciembre de 1899. Esta aldea está

situada encima de una alta garganta de bordes abruptos cortados en un compacto conglomerado rojo. La ladera muestra numerosas aberturas que conducen a cuevas o grutas cuyas bóvedas están muy bien talladas. Samsar sufrió relativamente poco, aunque situado muy cerca del epicentro.

Estas grutas se extienden hasta por debajo de las casas i Mouchketof dice espresamente, que ellas debilitaron el movimiento sísmico. Este caso sería pues un argumento en favor de la tesis del antiguo naturalista. Pero es seguramente mucho menos convincente en realidad que lo que parece a primera vista, puesto que es preciso no olvidar la estrecha solidez del conglomerado sobre el cual Samsar está edificado lo que fué muy probablemente la causa predominante de su inmunidad.

5.—Pendientes de las montañas i de las colinas

Mas todavía que anteriormente es preciso, para darse cuenta de la mayor o menor oportunidad de construir sobre las pendientes, referirse a la observacion, desde que a primera vista muchos hechos parecen contradictorios en razon de la diversidad de otras circunstancias.

En Bagnara Calabria, el 16 de Noviembre de 1894, los mas grandes destrozos tuvieron lugar en la parte central de la ciudad, donde las casas están construidas cerca del torrente sobre una vertiente de terrenos de aluvion.

El 5 de Julio de 1902, en Güvezne cerca de Salónica, las casas del fondo aluvionario de la comarca sufrieron un poco menos que las de los dos flancos, pero la razon de esto, no aparece claramente.

Lo que pasó en Güvejar, en Andalucía, despues del gran terremoto del 24 de Diciembre de 1884, es enteramente de naturaleza destinada a mostrar cuán espuestas están las construcciones en flanco de ladera.

Esta aldea se encuentra sobre la vertiente de la Sierra de Cogollos, a 8 o 9 kilómetros al Norte de Granada, pero fuera de la zona mesosísmica desastrosa. Por el fenómeno mismo

los daños se redujeron a la caída de algunas chimeneas i a la formación de grietas en las paredes de cierto número de casas, de las cuales ninguna cayó. Pero al poco tiempo despues del temblor muchas casas de lo alto de la aldea se derrumbaron en todo o en parte. Para esplicar como se produjo el desastre, consecuencia ulterior del fenómeno, basta conocer la situacion exacta de Gúevejar. El núcleo de la Sierra de Cogollos está formado de rocas calcáreas, cuyo flanco está recubierto hasta una cierta altura de un terreno margoso mezclado de un abundante producto de descomposicion, de donde emerjen las capas calcáreas *mesozoicas* que forman el peñon abrupto llamado el Castillo. Parece que entre el terreno superficial i el calcáreo estaban embutidas las capas de un calcáreo margoso en bancos fuertemente inclinados. En todo caso es cierto que esta especie de embutido inclinado i sin consistencia se encontraba en estado de equilibrio inestable a causa de la fuerte pendiente de las rocas calcáreas sub-yacentes i que el desplome producido por el temblor trajo un deslizamiento ulterior. Es tradicion local que hace ya algunos siglos el suelo de Gúevejar se habia socavado hácia abajo a continuacion de un temblor que dañó gravemente la aldea. Tambien se ve al pié de la Sierra i a poca distancia de Gúevejar las huellas de antiguas ruinas producidas por los fenómenos terrestres o por la naturaleza misma del suelo.

Muchas otras aldeas de la zona *pleistoseista* del temblor de Andalucía, como Albuñuelas, Saleres, Murchas, Restabal, Arenas del Rei, Ventas de Zafaraya, Vélez, Málaga, se encuentran en posiciones elevadas, enteramente análogas, por las necesidades de las interminables guerras entre moros i cristianos, i avecindaban con campos fértiles sobre los terrenos formados por la descomposicion de las rocas. Tambien estas aldeas bien gravemente esperimentadas ya en otras épocas por los temblores, se encuentran a menudo al pié de escarpes o de laderas abruptas cuya caída sobre las casas no ha contribuido poco a aumentar los destrozos, con esta circunstancia agravante de que el pié está con frecuencia mi-

nado por las aguas corrientes, como el rio Mürchan en Alhama.

Todas estas consideraciones relativas al desastre de Andalucía i dadas a luz por el informe de los miembros de la comision real encargada de estudiarlo, son mui juiciosas, pero no se sabria seguirlas en el terreno de la esplicacion que ellos dan sobre la ruina de las aldeas de Guajar Alto, Periana, Alfarnate i Canillas de Aceituno, a saber que existirian inmensas cavernas en las rocas calcáreas que las soportan, i cuyas bóvedas se habrian socavado bajo la accion de las vibraciones séismicas. Seria preciso constatar debidamente la existencia de ellas.

Los inconvenientes de una situacion análoga, pero un poco ménos acentuados, produjeron su efecto cuando el temblor de la Nueva Zelanda de los dias 16 a 18 de Octubre de 1855 por el cual fueron derribadas todas las construcciones de ladrillos de Wellington. Fué mas violento sobre los flancos de las colinas que en el centro de las llanuras aluviales. En este ejemplo, por otra parte ménos desastroso que el de Andalucía, el aluvion blando de que se trata era homogéneo en una grande estension, entre tanto que los materiales sin consistencia colocados contra la pendiente tendian a separarse i a desgregarse bajo la accion del temblor, de donde proviene aumento de los destrozos, pero sin llegar hasta el desplome a lo largo de pendientes por fortuna insuficientes.

En el temblor de Mételin de 6 de Marzo de 1867, algunas villas situadas sobre la pendiente de colinas fuertemente inclinadas, han sufrido graves deterioros a consecuencia de su posicion, las casas, las mas elevadas eran desplomadas sobre las de mas abajo donde la ruina era completa, por ejemplo, en Clapados, sobre la vertiente meridional de la cadena volcánica del centro de la isla.

Un efecto todo semejante ha sido observado en Cefalonia el 11 de Febrero del mismo año. Hagia Tecla, sobre los flancos de la montaña, que tiene en su cumbre a Damuoliana i Ríphi, ha sufrido mas que estas últimas ciudades. I de la misma manera la parte baja de los distritos de los Mesojetos

i de los Catogetos, donde las villas eran construidas sobre una capa delgada de calcáreos pliocenos sin consistencia, reposando ellos sobre una capa espesa de arcilla fácilmente removible. También enormes i desastrosos hundimientos se produjeron por ejemplo en Hagios Stephanos cerca de Hilaros.

Caracas ha experimentado muchas verdaderas catástrofes sísmicas, particularmente graves el 11 de Junio de 1641 i el 26 de Febrero de 1812. En los dos casos la parte alta de la ciudad, abstracción hecha de excepciones debidas a defectuosas construcciones de casas i de edificios, sufrió mucho mas que los barrios bajos escalonados sobre los flancos del Avila en un terreno accidentado a doble pendiente hácia el Sur i el Este i recubierto de una capa arenosa sin ninguna cohesion. También los barrios altos fueron completamente destruidos.

Es sabido que en Casamicciola el 28 de Julio de 1883 la situacion de muchas casas, a media cuesta, bastó para causarles la caída.

Chesneau dice que Mustapha Superior, edificado sobre las margas sahelianas i los rodados de las pendientes está en muy inferiores condiciones de estabilidad que Arjel sobre suelo constituido de *schistes* antiguos i *gneiss*.

Chemakha es periódicamente visitada por violentos temblores de tierra. Cada vez (31 de Mayo 1859, 16 de Enero de 1872, 30 de Enero de 1902) los funcionarios i oficiales rusos encargados de estudiar los daños considerables i de socorrer las poblaciones duramente maltratadas, no han dejado de hacer observar el peligro particular que presentan en esta rejion, tanto en esta villa como en sus vecinas, las partes medias de las pendientes.

El temblor de tierra de Akhalkalaki de 19 de Diciembre de 1899 ha dado lugar a un gran número de observaciones interesantes. Azavrète está situada sobre una pequeña llanura de suelo de aluvion i al mismo tiempo sobre dos pendientes que se hacen frente de rocas cristalinas. Al contrario de lo que hubiera podido creerse, fué la parte central i baja la que

sufrió ménos i con mucho. Esto se debió a que estas rocas cristalinas están divididas en la superficie en pequeños paralelipedos bajo la accion de los agentes atmosféricos; tambien se produjeron derrumbamientos a lo largo de la ribera vecina. Dzori-Djioure-Merenia, fue una de las aldeas mas perjudicadas. Pero los daños se restrinjeron ahí casi exclusivamente a las casas del bajo construidas sobre los bordes aluvionarios del lago Baralestköy, donde no quedó, por decirlo así, piedra sobre piedra, entre tanto que aquellas, elevadas sobre las pendientes de las rocas cristalinas no cortadas, como en Azavrète, no sufrieron sino mui poco. Las mismas observaciones se hicieron en Home, Balko, Khertvice, Ordja, etc., en fin en todas partes donde la descomposicion de las rocas cristalinas no ha dado para las pendientes condiciones mas desfavorables i peligrosas que para los bajos aluvionarios.

De todas estas observaciones resulta pues formalmente que las pendientes, sobre todo si ellas son acentuadas i recubiertas de materiales heterojéneos, poco consistentes i adheridos en discordancia sobre un sub-suelo mas resistente, deben ser, en cuanto sea posible, desechadas como eminentemente peligrosas para construcciones en los países espuestos a temblores de tierra.

6.—*Construcciones sobre alturas*

¿Las alturas son en jeneral mas favorables que los llanos o los fondos de los valles?

La cuestion no es susceptible de una solucion terminante en todos los casos, i va a verse que en cada rejion inestable es preciso referirse a la esperiencia del pasado; la complejidad de las circunstancias locales influyentes permiten que aquí o allá pueda construirse en altura o en bajo. Además, los efectos difieren segun se trate de sacudidas horizontales u ondulatorias, verticales o susultorias.

En el temblor de las Calabrias de 16 de Noviembre de 1894, Seminara sufrió un poco mas que Palmi. Es que la primera de estas dos villas está situada sobre una altura es-

tendida i aislada donde aflora en algunos puntos una fina arena cuarzosa micácea, pero cuya gran porcion es constituida por otra parte por un terreno arcilloso más compacto, sin embargo bastante heterojéneo todavía a consecuencia de la presencia del pedernal. En Palmi muchas casas fueron parcial o totalmente destruidas en la parte plana de la villa construida sobre un suelo aluvionario, entretanto que los barrios elevados sobre la colina de Arangiara, formada de arenas miocenas bastante compactas o de afloramientos gneisicos, en particular en el del Espiritu Santo, resistieron. Gracias a estas circunstancias favorables la iglesia de Santa Maria degli Ucellatori que ya habia sido dañada en 1873, escapó en 1894.

Cuando el gran fenómeno séismico liguriense de 23 de Febrero de 1887 las diversas circunstancias de posicion que se manifestaron las mas desventajosas fueron las siguientes, segun Taramelli i Mercalli:

Bordes u orillas de conglomerados pliocenos, especialmente cuando forman alturas aisladas profundamente atacadas i removidas por las aguas. (Diano Castello, Bussana, Castellaro);

Bordes u orillas de arcillas superpuestas en rocas antiguas compactas (Albisola Marina);

Bordes elevados de aluviones a gruesos elementos (Canzo di Val di Tinea);

Cimas de alturas aisladas (Castil Vittorio, Corte);

Crestas alargadas i estrechas (Castiglione, Prelà);

Pendientes rápidas de montañas (Glori en el Val di Taggia, Chiusánico et Toria en el Val dell' Impero, Tavole, Pontassina, Villatella en la parte mas elvada del valle de Dolcedo, Solea sopra Albenga).

En muchas localidades del Piamonte los deterioros se manifestaron sobre todo en los viejos castillos de la edad media, como los de Incisa Belbo, Calamandrana, Frinco, Piea, Mombaruzzo, Viale, etc., no a causa de su vetustez, sino solamente en razon de su posicion en los bordes de escarpes abruptos. I se ha producido ahí el mismo fenómeno que en

las orillas de los rios. Se observa sin embargo que de una manera jeneral las condiciones topográficas fueron en este temblor subordinadas a aquellas mas influyentes de la naturaleza del subsuelo. Fué así tambien como en Jénova i en Niza las casas en situacion elevada i colocadas sobre rocas sufrieron ménos que las de la llanura formada de arenas i aluviones nuevos. Asimismo en los valles de los Alpes marítimos i Cotienes el fenómeno séismico fué mas sensible en sus displayados que en los flancos elevados de las montañas i de las colinas de rocas cristalinas antiguas. El hecho todo fué particularmente evidente en Val Maira. Esta *alternacion* perpendicularmente al costado de los distritos arruinados e indemnes hizo admitir sin razon a cierto jeólogo una especie de lei armónica resultante por ejemplo de pulsaciones en la propagacion de las vibraciones séismicas, cuando no era necesario ver mas que una *alternacion* de condiciones desfavorables en las desembocaduras de los valles i favorables sobre las cimas de separacion.

En Rieti, el 28 de Junio de 1898, la parte alta de la villa (plaza Victor Manuel) i las casas situadas sobre la colina que mira al Nor-este fueron las únicas que sufrieron. Pero la razon no fluye claramente de la descripcion de este temblor, no mas que de la observacion que hace Seebach relativamente al temblor de Alemania central de 6 de Marzo de 1872, a saber que en Potterstein las construcciones sufrieron ménos sobre los aluviones que sobre la roca i que en Altemburg, el temblor fué particularmente fuerte en el castillo situado sobre el pórfiro.

Los granitos de la parte alta de Messina han salvado frecuentemente estos barrios de desastres que han dañado los barrios bajos reposando sobre aluviones.

Los temblores del 11 de Mayo de 1870 i del 27 de Marzo de 1872 respetaron completamente el alto de Oaxaca, construido sobre una sólida roca llamada el Peñasco, entre tanto que el bajo sufrió enormemente. I asimismo en el estado de Jalisco, Tomatlan asiste desde su roca sólida a la ruina de las villas circunvecinas el 23 de Junio de 1882.

Análoga observacion en Santiago de Cuba respecto de sus barrios altos i bajos.

En el gran temblor de tierra de Bellune de 29 de Junio de 1873, San Floriano, Serralle i todas las localidades sobre la grupa montañosa que separa esta villa del valle de Alpa go son dejadas enteramente indemnes i aquellas sobre el terreno terciario, como Sitram, Tigres, Villa, Garus, Gies, relativamente han sufrido poco. Al contrario, las villas situadas sobre las ruinas de las pendientes i sobre los bordes arenosos de los lagos, Socher, Arsie, Plosis, Puos, Harra, han sido destruidas. El cascajo diluviano sobre el cual se encuentra Bellune no ofrece resistencia bastante para salvar del desastre, aunque no estaba en el epicentro.

En su famoso i clásico estudio sobre el temblor de tierra napolitano de 16 de Diciembre de 1857, Mallet constata que si las ruinas se localizaron principalmente sobre las alturas es porque las villas de la Basilicate de Benevento i de Pouilles han sido mas o ménos todas construidas sobre dos colinas elevadas de ordinario dificilmente accesibles i esto desde la mas alta antigüedad por razones puramente defensivas. El escalonamiento de las casas, las unas encima de las otras, ha jugado tambien su rol destructor. Pero algunas de estas villas han escapado a la destruccion por circunstancias particulares inherentes a su topografía, miéntras que sus próximas vecinas eran reducidas al estado de montones de escombros. Es, pues, altamente instructivo entrar en el detalle.

Castellucio se levanta sobre una especie de península dirigida Oeste Este con una fuerte pendiente hácia el Este. Las casas se juntan si bien al exterior, al borde del peñon abrupto que de léjos el villorrio hace el efecto de una muralla de la edad media. El choque la ataca por el Este, es decir, del lado del escarpe, de suerte que la parte suave del Oeste le sirve de sosten, así tambien los deterioros fueron minimos en esta direccion, entre tanto que, al pié, la Chiesa d'Incoronata estaba derribada sobre su sub-suelo de arcillas i cascajos aluvionarios. Este hecho de una proteccion ocasional

i causado por una direccion favorable del seísmo merece conservarse.

La antigua villa fortificada de Auletta debió su ruina a su posicion elevada sobre una fortificacion abrupta por dos lados i formada de una brecha calcárea, tosca, con gruesos elementos redondeados de tres a diez pulgadas de diámetro desprovistos de toda ligazon. Pertosa, en condiciones enteramente similares comparte la misma suerte.

A pesar de todo, al lado de estas dos villas, la de Petina queda en pié. Débese su inmunidad al hecho de que el movimiento viniendo del Este debia atravesar para alcanzarla algunos 300 o 400 metros de espesor de un calcáreo adherido a los flancos de la colina en lechos de espesor i de dureza variable, donde él ha perdido toda su fuerza viva. Diano fué de la misma manera salvado en medio de las ruinas de la vecindad, porque la sacudida, viniendo del Norte, se apagó en las capas calcáreas casi verticales de cerca de milla i media de poder e interpuestas en el sentido de la propagacion del movimiento seísmico.

Montemurro, llamado despues de la catástrofe la ciudad de la muerte, está situado sobre una meseta dirigida del Nor-este Suroeste entre dos quebradas abruptas. El subsuelo es arcilloso de donde emerjen de aquí para allá bancos espesos, pero de estratificacion mal definida, con un asperon calcáreo de rápida pendiente hácia el Sur, es decir, oblicuamente con relacion a la direccion jeneral de la cima. Estas condiciones son consideradas de las mas peligrosas.

Moliterno i Saponara, aunque a 5 kilómetros solamente el uno del otro i ámbas en el área pleitoseísmica sufrieron mui desigualmente. El primero, construido sobre un sólido asperon del-rias medio resistió pasablemente, miéntras que el segundo, elevado sobre la cresta cortada de fajas en escalones, fué casi totalmente destruido.

El caso de Petina i de Diano parece haberse reproducido en el terremoto de Akhalkalaki, el 19 de Diciembre de 1899, para la villa de Tchkarouli, que Mouchketod cree que salvó

por el promontorio rocoso que la separa de Bejano situado del lado de donde venia el choque i que fué arruinado.

La existencia de vibraciones marginales en el borde superior de los escarpes, como se acaba de citar desgraciados ejemplos de ellos en la Italia Meridional, se ha manifestado en numerosos terremotos por hundimientos considerables. Baste citar aquí, entre muchos otros, el fenómeno del 25 de Julio de 1855 en Levalais. El movimiento seísmico corrió hacia Este Noreste i cuando alcanzó a la parte mas baja del valle entre Zermatt i Bisp, a 1,000 i 2,000 piés encima de la superficie del fondo, se produjeron importantes caidas de rocas que se amontonaron del lado occidental, pero no oriental. Un fenómeno semejante causó la ruina de la ciudadela de Beerat en Albania, edificada sobre un anillo de creta cuya parte superior se dejó caer sobre ella el 12 de Octubre de 1891. Cuatrocientos soldados turcos murieron ahí aplastados.

Como ya se ha visto en Andalucía la influencia desastrosa de los torrentes minan la base de los escarpes, en la cima de los cuales se encontraban varias villas arruinadas en la Italia meridional, lo que ha sido puesto en evidencia por Mallet.

Cherra-Ponjee al borde Sur de la llanura de la Assam, está situado sobre una enorme losa de roca desnuda formando un suelo lijaramente ondulado por aquí i por allá, pero separado de la direccion de donde le vino el movimiento, el 12 de Julio de 1897, por una quebrada o *glen* estremadamente profunda i de murallas verticales.

Es a esta circunstancia que Oldham atribuye su inmunidad; pero es preciso observar que la estacion no está al borde mismo de la quebrada i que su subsuelo es parejo i sólido. El caso es, pues, por lo que respecta a la proteccion que le presta el barranco del lado de donde viene el choque, mucho ménos concluyente que el de Castelluccio, dado mas arriba.

El estudio de los daños causados en Tokio en el terremoto susultuorio del 20 de Junio de 1894 ha demostrado que los suelos altos i bajos habian sufrido de la misma manera.

Se ve, pues, qué variedad en el peligro introduce la diver-

sidad de las condiciones topográficas subordinadas por los demas a las condiciones de la naturaleza del terreno. Se sabe, sin embargo, que de una manera jeneral i siendo todas las condiciones iguales, los bordes de los escarpes de las colinas deben evitarse porque de ahí nacen vibraciones marginales secundarias que añaden su efecto al del terremoto propiamente dicho. El hecho ha sido verificado directamente en el Japon por Sekiya que, despues del terremoto de Tokio de 15 de Enero de 1887, colocó dos seismógrafos semejantes en la base i en el borde superior de un escarpe de 38 piés de altura. Los movimientos rejistrados fueron casi el doble en la parte alta que en la baja, en varios seismos moderados que vinieron despues.

Esta misma ausencia de regla jeneral aplicable a todos los casos, i esta subordinacion constante de las condiciones topográficas a las circunstancias de naturaleza del terreno, hacen que sus consecuencias respectivas, o bien se agreguen en un sentido favorable o desfavorable, segun los casos, o bien se compensen mutuamente. Esto resulta no sólo de numerosas observaciones ya dadas sino tambien de largos i pacientes estudios del famoso sismólogo Milne, en Tokio, en Yokohama i sus alrededores. No se podria pasar en silencio estas observaciones, pues ellas son de tal especie que aclaran las anomalias aparentes en la reparticion de los desastres ocasionados por un terremoto.

(Continuará)
