

# A N E X O I

## HISTORIA DE VEINTIUN TSUNAMIS OCURRIDOS EN LIMA ENTRE 1586 Y 1974

(El 18 de Enero de 1,535 Francisco Pizarro, Conquistador del Perú, fundó la ciudad Capital de la nueva colonia en el valle del Rímac; lugar elegido por la bonanza del clima, su fertilidad y cercanía a un puerto natural que facilitaba las comunicaciones con la Madre Patria, España. Lima, según una descripción de mediados del siglo XVI, consistía en poco más de 500 casas que ocupaban un área en la que cualquier ciudad española albergaría 1,500 y ésto porque al trazarla se quiso evitar los defectos comunes a aquellas, procurando calles anchas y rectas y viviendas amplias. El trazo perpendicular de las vías dió origen a las islas cuadradas o Manzanas, cada una constituida por cuatro Solares, y cuyos lados fueron llamados Cuadras, nombre que subsiste. Las construcciones no levantaron más de un piso sobre el suelo porque la madera se corrompía rápidamente; los muros fueron de adobe, muy anchos, y los techos ligeros.

Por el tiempo del establecimiento español, el Callao, cuyo nombre probablemente se deba a los guijarros o cantos rodados que caracterizan sus playas, estaba poblado por nativos asentados en los terrenos que hoy se conocen como Maranga, Bellavista y Bocanegra, significativamente lejos del mar. El puerto en sí, entonces llamado "Puerto de Lima" o "Santa María", distaba 12 kilómetros de Lima y estaba a unos 3 metros sobre el nivel del mar. Uno de sus primeros habitantes, Diego Ruiz, obtuvo en 1,537 licencia para construir un Tambo u hospedaje para descanso de los viajeros y, a la vez, cobertizo de las mercaderías. Con el tiempo, la importancia del puerto se incrementó al concurrir a él los envíos de oro y plata provenientes de las minas, por lo que se convirtió en meta de piratas y corsarios, como el inglés Drake que lo saqueó en 1,579.

En el trazo del poblado debió seguramente emplearse el mismo criterio adoptado en Lima, pero no se tomó en cuenta su posible destrucción por causa de una invasión o salida del mar, quizás por ignorancia de estas ocurrencias. De hecho, los primeros relatos de Tsunamis en el Perú son posteriores a la fundación de Lima).

**9 de Julio de 1,586.** Poco después de las 7 de la noche la tierra tembló fuertemente en Lima, causando la destrucción de iglesias, conventos, hospitales y casas. El temblor fue sentido hasta unos 500 Kms, al norte y otros tantos por el sur; incluso en la región central (Huánuco) y centro-sur (Cuzco). Murieron en Lima alrededor de 20 personas. Silgado estima (Referencia Bibliográfica No. 1) la magnitud del sismo en 8.1 según la escala de Richter.

El Virrey, Don Fernando Torres de Portugal, en carta al Rey de España le refería que al momento del sismo se encontraba en el Puerto del Callao inspeccionando la Armada Real. Se trasladó entonces a una barraca situada a 300 pasos (250 metros) de la orilla, pero noticiado de

la braveza del mar buscó refugio en zona más alta. El mar se retiró inicialmente, y luego se alzó cerca de 2 brazas (3.60 metros) inundando parte del pueblo. Retiróse y volvió a salir, y esta vez llevó consigo la barraca con toda la mercadería almacenada y algunos barcos y carros que por allí había. Las aguas llegaron también hasta el Monasterio de Santo Domingo, distante unos 200 metros de la orilla. En otra parte de su memoria afirma el Virrey que "fue tanta el agua que quedó por allí que (temo) otro y otros días no se pueda andar a caballo".

El tsunami fue observado en las costas de Sanriku, al Norte del Japón.

**24 de Noviembre de 1,604.** Sobre la 1.30 de la tarde un gran terremoto asoló la costa sur del Perú, arruinando las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica, extendiéndose los daños hasta Ica por el norte. En Lima, según las crónicas, el sismo fue moderado. Según Silgado, la magnitud fue cercana al 8.4 Richter.

El tsunami que siguió fue de enorme poder destructivo para el puerto de Arica, donde 23 personas murieron. Refieren los testimonios de la época que el mar se retiró dejando en seco el surgidero de los navíos. "En el puerto del Callao el mar no salió con tanta furia como en otras partes", sino que "hubo un golpe de agua que sin entrar en él lo dejó hecho isla, de manera que por algunos días no se podía pasar de Lima al Callao sin atravesar un gran charco", refiere el P. Bernabé Cobo en su "Historia del Nuevo Mundo".

(Entre los años 1,640-1,647, siendo Virrey el Marqués de Mancera, se construyeron las murallas que rodearon al pueblo del Callao, por lo que desde entonces se le llamó Presidio. Las murallas eran de aproximadamente 4 metros de altura, exteriormente de piedra e interiormente de adobe. En plano, su contorno adoptaba la forma de un segmento circular deformado, con la parte recta haciendo frente a la bahía en una longitud a los 1,200 metros, encerrando así una superficie aproximada de 59 Hectáreas. Estaban provistas de 13 núcleos artillados o baluartes, convenientemente distribuidos en su contorno, y que eran terraplenes elevados construidos para emplazar sobre ellos la artillería, de modo de ofrecer un mayor dominio sobre el campo. Si nos guiamos por las cotas actuales del terreno, el borde de las murallas superaba en algo los 7 metros de altura sobre el nivel del mar.

El presidio tuvo cuatro Puertas, llamadas: de Santiago, situada al norte y cerca al mar; de Lima, hacia la Mar Brava, hacia lo que hoy es Chucuito y La Punta; y Real, hacia el muelle. Las dos primeras conducían hacia el camino a Lima).

**20 de Octubre de 1,687.** Ocurrieron en Lima dos temblores; el primero hacia las 4 y 15 de la tarde, y el segundo, el más prolongado, a las 5,30. Murieron cerca de 100 pobladores, quedando la ciudad tan dañada que, por muchos días, la población pernoctó en tiendas de esteras en plazas y huertos. Los estragos llegaron hasta 700 kms. al sur de Lima, habiéndose observado también la formación de grandes grietas de kilómetros de extensión.

Luego del segundo temblor, el mar se retiró dejando gran parte

del puerto seco, volviendo "con mayor ímpetu y furia contra la tierra que la inundó toda y de los que pudieron escapar de la horribilidad y temblor del terremoto se anegaron muchos en el mismo camino que escogieron para salvar vidas", informó el Virrey. Murieron en el puerto cerca de 300 pobladores.

Según la encuesta hecha por el Cabildo de la ciudad, la ola marina entró al puerto pasando por encima de las murallas, e hizo encallar dos embarcaciones. Más al sur, a unas cinco leguas (28 kms.) de Lima, el mar desapareció un pueblo de pescadores llamado Quircay (hoy Lurín). Los estragos causados por el tsunami fueron grandes a lo largo de la costa comprendida entre Chancay (al norte de Lima) y Arequipa.

Otros testimonios refieren que el tsunami se repitió en la mañana del día 22; y se sabe asimismo que en esta fecha llegó a las costas de Japón.

Silgado le asigna al terremoto magnitud 8.2 Richter.

(Es notoria la discrepancia entre el relato del Virrey y la encuesta del Cabildo. En efecto, si la ola pasó por encima de las murallas debió superar los 7 metros de altura, y en consecuencia se hubiera producido, por lo menos, destrucción y mortandad similares a las causadas por el tsunami de 1,746. Ello no ocurrió, lo que hace suponer que la altura de ola fue menor, y lo sucedido acorde al informe del Virrey.

Por lo demás, una crónica del tsunami de 1,746 -Referencia Bibliográfica No. 2- al describir el impacto que la noticia de la destrucción del Callao causó entre los habitantes de Lima, dice que "excedió lejos todos los grandes sismos que antes ahí sucedieron, porque si bien algunas veces ellos fueron ocasión de flujos (del mar) dentro de la Guarnición, hasta entonces esos flujos no causaron mayor daño al pueblo o a sus moradores..."

Entre el 23 de Setiembre y el 9 de Octubre de 1,713 estuvo anclado en el Callao el navío "San José" mandado por el marino francés Francisco A. Frezier. En este corto período, Frezier levantó el plano de la ciudad amurallada incluyendo un área baja al norte de ella, en la cual eran abundantes los afloramientos de agua dulce o puquios; los más importantes eran los del Chivato en terrenos del fundo La Legua, y de Miranaves en la hacienda del mismo nombre; de los cuales se formaba un arroyuelo cuyas aguas desde el establecimiento español fueron dedicadas al abastecimiento de los habitantes. Este es el río que en el plano de Frezier se confunde con el Rímac. De sus observaciones sobre esta zona baja, el marino auguró que la ciudad podría ser anegada por una salida del mar.- Francisco Amadeo Frezier. "Relation du voyage du la mer du sud". París, 1,732.

A la zona baja, hoy poblada y con cota topográfica entre 2.40-2.80 metros, daba la Puerta de Santiago; y según el relato del Virrey, muchos de los que pretendieron escapar perecieron ahogados en la inundación. Si se considera además que la altura de ola en 1,586 fue de 3.60 metros, y que las magnitudes de estos sismos son similares, puede concluirse en que la altura de ola en 1,687 bordeó los 4 metros).

El día Octubre de 1,746. El terremoto y el tsunami que le siguió son los más pavorosos de la historia sísmica peruana. Lima, al decir de los cronistas, había alcanzado grado de perfección por sus bien regladas calles, magníficos templos y vistosas fuentes. El terremoto ocurrido a las 10 y 30 de la noche fue prolongado (3 a 4 minutos según Llano y Zapata -Referencia Bibliográfica No. 3), y causó tal destrucción que de las 3,000 casas distribuidas en 150 manzanas sólo quedaron en pie 25; y la acumulación de escombros fue tal que a los vecinos les era imposible reconocer sus calles. En las 24 horas siguientes ocurrieron 200 temblores, y 430 entre la fecha del sismo y mediados de Febrero del año siguiente. Según el relato oficial murieron 1,141 habitantes de un total de 50,000, aunque Llano y Zapata afirma que el número debe elevarse a 2,000 incluyendo así los muertos por el hambre y la peste que sucedieron.

En el Callao no quedó edificio en pie; sólo las murallas resistieron el sismo. Pero media hora más tarde el mar alzóse y entro al Puerto. Volvió por segunda vez y desenterró murallas y baluartes desde sus cimientos. De las 23 embarcaciones surtas en el puerto, 19 se fueron a pique y 4 fueron llevadas por las olas tierra adentro. Una de ellas, el navío de guerra "San Fermín", fue llevado hasta lo que entonces eran tierras bajas de la hacienda Chacra Alta, y allí encalló, en lo que hoy es esquina de las calles Saloom y Colón. Cerca de él encalló el "San Antonio", barco que arribaba de Guayaquil donde había sido construido, y posiblemente el mascarón de proa que hoy se aprecia en la esquina de la calle Cochrane y Avda. Buenos Aires, a unos 150 metros de la señal anterior, pertenecía al navío. Según datos de Jorge Juan y Antonio Ulloa, el "San Fermín" medía 28.50 metros de quilla y 9.70 metros de manga, y montaba 30 cañones de 6 libras de bala (Jorge Juan y Antonio de Ulloa; "Noticias Secretas de América"; editado en 1,748 aproximadamente).

El tercer barco, el "Michilot" varó donde estuvo ubicado el antiguo Hospital de San Juan de Dios. El último, llamado "Socorro", fue llevado por las aguas hasta las estribaciones de la cordillera andina según el relato contemporáneo; presumiéndose que encallara en el extremo sur de la bahía de Chorrillos, donde las estribaciones son notables.

De los 4,900 habitantes que tenía el Callao salvaron la vida sólo 200. Algunos por encontrarse a bordo de los barcos que fueron llevados por el mar sobre el pueblo; otros, asidos a maderos. Veintidos se libraron de la muerte aferrados a la muralla del Baluarte Santa Cruz (el cual estaba situado un poco al norte de lo que hoy es el Baluarte San José del Castillo Real Felipe. La veracidad de este hecho parece confirmarse porque el Virrey mandó formar la Primera Compañía de la nueva fortaleza a base de los 6 soldados sobrevivientes del Regimiento Portugal del Presidio). De los que el mar arrastró, unos fueron llevados por las olas hasta la isla San Lorenzo, distante 6 millas de la costa; otros a diferentes playas del sur (Miraflores, Barranco, Chorrillos), donde vararon incluso al cabo de cinco días. Los testimonios de algunos sobrevivientes refieren como los flujos y reflujos encontráronse, rodeando de esta forma al pueblo y arrasando cuanto en él había. Llano y Zapata refiere el trágico caso de cuatro hombres a los cuales fue imposible rescatar por impedirlo el volumen de desechos que el mar llevaba consigo.

El terremoto fue sentido en Guayaquil (1,100 kms. al norte de Lima), y en Cuzco y Tacna por el sur. El tsunami llegó a Concepción, Chile, al cabo de 6 y 1/2 horas, e inundó 3 a 4 cuadras del puerto. Silgado le atribuye al sismo la magnitud máxima ocurrida en el Perú: 8.4 en la escala de Richter.

(Es importante señalar que por primera vez se obtiene un registro histórico del intervalo transcurrido entre el momento del sismo y la llegada del tsunami a la costa, en el cual coinciden las crónicas consultadas. Los treinta minutos sirven para delimitar la zona del probable epicentro del sismo, basándose en las Cartas de Refracción o avance de la ola, preparadas para los tsunamis de 1,966 u 1,974, para este Informe. De esta manera se estima que el epicentro estuvo en el mar, a 100 kms. de la costa.

Del relato de éste y los anteriores tsunamis puede inferirse que la invasión del mar ocurrió principalmente por la zona baja al norte de las murallas, zona de los puguíos y el río. Consecuencia de ello es que, cuando se decidió la construcción de la nueva fortaleza, el Real Felipe, se escogió el lugar más alto dentro de los linderos del antiguo Callao. Don Luis Godín, Cosmógrafo Mayor del Reino, encargado de examinar a los arquitectos, agrimensores, maestros de obra y tasadores de inmuebles de Lima, fue comisionado por el Virrey para proyectar la nueva fortaleza. En su proyecto, Godín aconsejó trasladar la ciudad a los terrenos que se conocen hoy como Bellavista; ideó también ubicar el puerto tierra adentro, para lo cual sugirió obras que harían navegable el río mencionado. El Virrey aceptó la nueva ubicación de la ciudad pero postergó la idea del puerto. El emplazamiento escogido por Godín sugiere hoy que el mar en su salida no llegó más allá de los 1,000 metros tierra adentro y quedó por debajo de la cota topográfica de los 8 metros.

El que veintidos hombres se libraran de la muerte sobre una muralla de 7 metros sobre el nivel del mar, indica que la altura de ola en ese punto no alcanzó tal dimensión. Más aún, las murallas del Real Felipe se alzaron 4 metros sobre un terreno cuya cota topográfica media es también 4 mts. y seguramente en su construcción se tomó en cuenta la posibilidad de un nuevo maremoto. Todo tiende a señalar que la altura de ola del tsunami de 1,746 fue inferior a los 7 metros.

Cabe agregar que, treinta años más tarde, en Diciembre de 1,776, ocurrió una salida del mar que aisló el Castillo. Las bravezas obligaron al Virrey a reforzar la orilla, pues amenazaban destruir la Casa de Administración de Rentas y los almacenes que se levantaban fuera de la fortaleza y al pie del mar.

Paulatinamente, la zona baja fue poblándose con edificaciones comerciales y administrativas, pese a las disposiciones legales y militares que las prohibían. Los esfuerzos de los sucesivos gobernantes por arrasarlas fracasaron al enfrentarse a los intereses de los comerciantes afianzados en el lugar; y así, las precarias viviendas y almacenes dieron origen a lo que fue luego el Callao Republicano).

1° de Diciembre de 1,806. A las 6 de la tarde ocurrió el mayor temblor desde 1,746. Duró aproximadamente un minuto. El mar salió fuera de sus límites ordinarios y causó averías en algunos barcos surtos

en la bahía. Se dice que levantó un ancla de tonelada y media y la depositó sobre la casa del Capitán del Puerto.

(Hacia 1,865, el tráfico marítimo del Callao era servido por una pequeña ensenada artificial que formaba el molo o dique colonial, el que fue empezado por Amat para reemplazar los muelles destruidos por el tsunami de 1,746. En este año de 1,865 se inició la construcción de un muelle metálico cuyo arranque en tierra, en una longitud de 94 metros, se hacía sobre pilotes de fundición y proseguía en un molo de albañilería de 76 metros, el cual formaba parte del cabezo o escollo. Este muelle se erigió sobre el colonial. La construcción de la Dársena es posterior; tenía un desarrollo interior de 820 metros de muelles, con una altura de 1.80 metros sobre la pleamar, y su boca de entrada era protegida por un rompeolas de 200 metros de extensión. Los malecones de la Dársena eran macizos, con muros exteriores de piedra, y en la poza que encerraban se construyó un espigón de 150 metros con tablero de madera sobre pilotes metálicos. En el diseño se ganó una apreciable área al mar y al mismo tiempo se estabilizaron las orillas marinas fronterizas a la obra y que hasta entonces habían sido inundadas por las bravezas. La Obra fue entregada en 1,877.- Alberto Regal. Referencia Bibliográfica No. 4.

El río formado por los puquios desapareció con el incremento de la población).

**9 de Mayo de 1,877.** A las 8 y 28 de la noche ocurrió un terremoto frente a las localidades de Mollendo, Ilo y Arica, que fue seguido por un tsunami que destruyó Arica. En el Callao se sintieron leves temblores; el mar embraveció y alrededor de las 4 de la tarde del día 10 cubrió la estación del muelle Dársena. El tsunami llegó hasta Nueva Zelandia y Yokohama en Japón.

**12 de Enero de 1,914.** Un pequeño tsunami de origen desconocido inundó la Escuela Naval de La Punta. Hubo daños menores en ella y en edificaciones aledañas.

**10 de Noviembre de 1,922.** Un sismo de magnitud 8.3 Richter, ocurrido al norte de Chile, generó un tsunami que llegó al Callao el día 11. No hay referencias de daños.

**24 de Mayo de 1,940.** El epicentro del sismo ocurrido a las 11 y 35 de la mañana y que afectó duramente a Lima, fue determinado por el Laboratorio de Pasadena, California, en los 10°S y 77.8°O, a profundidad focal de 42 kms. y con magnitud 8,2 Richter. Fue sentido desde Guayaquil por el norte, hasta Arica por el sur. Murieron 179 personas y 3,500 quedaron heridas.

Luego del sismo se produjo un pequeño tsunami; en Ancón el mar se retiró inicialmente unos 150 metros, dejando seco el muelle, y luego avanzó lentamente, pasando los muros del malecón. El fenómeno de retroceso y avance fue también observado en La Punta, Callao, y el puerto de Pisco, en Ica.

Es interesante señalar aquí que el epicentro está localizado en tierra firme, a 40 kilómetros de la costa.

**24 de Agosto de 1,942.** Sismo frente a Nazca a las 5 y 50 de la tarde, con magnitud 8.4 Richter y profundidad focal de 60 km. Se observó el levantamiento de un espigón que servía de embarcadero en la bahía de San Juan, prueba de una emersión local de la costa según Broggi (1,946; citado por Silgado). El sismo, de un minuto de duración, tuvo gran intensidad en los Departamentos de Ica y Arequipa. El tsunami originado fue apreciado en el Callao, por el norte, y Matarani por el Sur. En Puerto Lomas, al sur de Nazca, el mar se retiró más de 200 metros, regresando luego para inundar el pueblo, destruyendo embarcaciones y almacenes de la Aduana y causando heridos.

**1° de Abril de 1,946.** Terremoto en las Aleutianas, magnitud 7.4 Richter. El tsunami que originó fue observado por 33 mareógrafos del Pacífico; en el Perú fue registrado en Talara (puerto del norte), Callao y Matarani. No hay registro de daños.

**4 de Marzo de 1,952.** Sismo en Tohachi, Hokkaido (Japón), que produjo un tsunami que llegó al Callao. No se tienen mayores datos.

**4 de Noviembre de 1,952.** Terremoto en Kamchatka, con magnitud 8.2-8.4 Richter. El tsunami fue observado por 71 mareógrafos del Pacífico, y llegó al Callao a las 6 y 50 de la mañana del día 5. Los cambios abruptos en el nivel del mar formaron remolinos y corrientes, particularmente en el área encerrada por el rompeolas del Terminal Marítimo donde las corrientes desarrollaron velocidades de 10 nudos. Más de 30 yates y pequeños botes fueron dañados, y las grandes naves se vieron impedidas de cumplir sus itinerarios por la braveza del mar. Además, algunas casas de La Punta fueron inundadas en la tarde del día 5. Una sección de 120 metros del muelle fue destruida. En el Callao los daños fueron ligeros, aunque las corrientes arrastraron tierra adentro gran cantidad de lodo, varando además numerosos peces. Las oscilaciones en el mar se prolongaron por cuatro días.

**9 de Marzo de 1,957.** Terremoto en las Aleutianas, de magnitud 8.2-8.5 Richter. El tsunami generado fue observado por 54 mareógrafos del Pacífico. Sentido en los puertos peruanos de Talara, Callao (con muy pequeñas oscilaciones) y Matarani.

**20 de Enero de 1,958.** Terremoto en el mar frente a las costas de Ecuador y Colombia (Tumaco), con saldo de muchos muertos, edificaciones destruidas, embarcaciones desaparecidas, comunicaciones cortadas y gran pánico de la población. El tsunami generado alcanzó la costa peruana, inundando el Malecón Figueredo de La Punta.

**22 de Mayo de 1,960.** El día 21 a las 10:02:50 GMT ocurrió un terremoto cerca a Lebu, Chile central, el que causó daños en edificaciones y otras estructuras de Concepción y alrededores, y cerca de 150 muertos; produjo además un débil tsunami registrado en Talcahuano, un poco al norte. El sismo tuvo magnitud 7.2-7.5 Richter. Le siguieron numerosas réplicas, 4 de ellas con magnitudes superiores a 7. La última, ocurrida a las 19:10:47 GMT, precedió al gran sismo (main shock) sucedido a las 19:11:20, de magnitud 8.5 Richter, y cuyo epicentro fue en principio localizado en los 38°S y 73.5°O, y posteriormente corregido a los 41°S. Este sismo causó uno de los más destructivos tsunamis, -

afectó duramente las lejanas costas de Hawai y Japón.

Según el registro del mareógrafo de La Punta, la ola del tsunami llegó a este lugar a las 6 y 45 de la tarde del día 22 (hora local). Pero desde las 4 de la mañana una fuerte marejada golpeó el litoral de la Mar Brava y toda la banda sur de La Punta, desde el sitio denominado La Arenilla hasta el (entonces) establecimiento de baños; a consecuencia de ello, un amplio sector del balneario quedó anegado. Media hora más tarde, y luego de una aparente tranquilidad, el mar salió afectando la llamada Punta-Punta, rompiendo vigas de fierro que servían de defensa al establecimiento de baños. El fenómeno o salida del mar se repitió a las 2 de la tarde, y luego cada 4 horas aproximadamente. Las aguas causaron daños en establecimientos y calles por la arena y piedras que arrastraron. El tránsito de tranvías quedó paralizado por varias horas, mientras cuadrillas de obreros cerraban las bocacalles hacia la playa con sacos de arena. Clubes de playa de Miraflores y el camino costanero de "Las Cascadas" entre la Quebrada de Armendáriz y Barranco sufrieron daños. La braveza del mar fue notoria en Paita, Pacasmayo, Casma, Huarney, Huacho, Pisco y Paracas. El mareógrafo de La Punta registró fuertes oscilaciones durante los cinco días posteriores.

**21 de Noviembre de 1,960.** Sismo a las 5 y 50 de la tarde frente a la costa de Lambayeque, en el norte peruano, con epicentro en las coordenadas  $6.8^{\circ}\text{S}$  y  $80.7^{\circ}\text{O}$ ; magnitud 6.75 según la escala de la Japan Meteorology Agency, y profundidad focal de 93 kms. Generó un tsunami que, según testigos, alcanzó alturas gigantescas en los puertos de Eten y Pimentel; en este lugar el mar avanzó 600 metros tierra adentro. El tsunami fue registrado por los mareógrafos de Talara, Chimbote, Callao y Matarani, con pequeñas oscilaciones.

**28 de Marzo de 1,964.** Terremoto en Prince William Sound, Alaska, de magnitud 8.4 y profundidad focal entre 15 a 20 kms; ocurrido a las 03:36:13 GMT, arribó al Callao la primera ola a las 19:30 GMT. El sismo tuvo 28 réplicas en las 24 horas siguientes, 10 de ellas de magnitud superior a 6. El mareógrafo de La Punta registró fuertes oscilaciones en el mar durante los 4 días siguientes.

**17 de Octubre de 1,966.** El sismo que sacudió Lima a las 4 y 41 de la tarde (hora local) tuvo su epicentro en las coordenadas  $10.7^{\circ}\text{S}$  y  $78.6^{\circ}\text{S}$ , profundidad focal de 38 kms. y magnitud 7.5 Richter. Fue sentido desde Bogotá (Colombia) por el norte, hasta el Departamento peruano de Ica por el sur, y registrado por observatorios tan distantes como el de Toledo (España), Venezuela, Pasadena (California), La Plata (Argentina). Duró unos 50 segundos y causó el derrumbe de edificaciones antiguas (casas e iglesias), cuarteamiento de edificios modernos sin estructura adecuada y rotura de vidrios, así como daños en las instalaciones subterráneas de agua y desagüe. Los muertos fueron cerca de 100. niños en su mayoría, y más de 1,000 heridos.

Durante el sismo el mar embraveció y en algunos sitios salió de su cauce. Pescadores de Ancón que estaban por hacerse a la mar declararon luego que las fuertes corrientadas les impedían avanzar, por lo que se vieron obligados a regresar.

El tsunami causó destrucción en Puerto Casma (ubicado al noreste

del epicentro), alcanzando las olas alturas impresionantes, según testimonios. El mar cubrió los muelles y avanzó hacia las fábricas, destruyendo un muro de concreto armado que defendía la "San Elías". La primera ola llevó a la bolichera "Nikki" por encima del muelle, y la segunda la sacó de esta posición. Otras embarcaciones menores fueron arrastradas y una de ellas depositada en el patio de la "Pesquera Casma". Miles de sacos de harina de pescado fueron desparramados por la playa. No hubo desgracias personales porque la casi totalidad de sus 9,000 habitantes se refugiaron en los cerros vecinos. La salida del mar se repitió los días 18 y 21 con olas de tres metros de altura. A causa de las inundaciones se formaron lagunas de medio metro de profundidad. (Cabe anotar que la configuración batimétrica de Puerto Casma corresponde a una fuerte pendiente, donde la cota de los 20 metros de profundidad está a menos de 1.5 kms. de la costa. Topográficamente, corresponde a una bahía cerrada, estando ubicado el puerto en el extremo sur).

Daños similares a los descritos se registraron en los puertos cercanos de Supe, Caleta Vidal y Tortugas. En Caleta Culebras (Huarmey), el mar destruyó casi todas las viviendas dejando a 2,000 personas en el desamparo.

Varios sectores de la Carretera Panamericana Norte quedaron interrumpidas por las inundaciones, paralizándose el tránsito por varias horas.

El tsunami fue observado desde el Departamento de La Libertad, - por el norte. En Ancón, rebasó el malecón cuya altura promedio es de 2.70 metros sobre el nivel del mar y llegó hasta la calle Dos de Mayo, 95 metros tierra adentro. La violencia de las aguas rompió el cable del "Victoria", barco de 700 toneladas anclado en la bocana del río Rímac; tras 24 horas de estar el gárete, la nave encalló en la playa Cascajal, frente a la Refinería La Pampilla, muchos kilómetros al norte de su anterior posición.

En el Terminal Marítimo del Callao, el mar formó remolinos que liberaron de sus amarras a tres naves acoderadas en el muelle, estrellándose una de ellas contra los espigones (entonces en construcción) de Petróleo y Minerales, causando algunos daños.

En La Punta hubo un retiro inicial de 150 metros; y 50 minutos después de ocurrido el sismo llegó la primera ola. Según el mareograma, fueron 6 olas en total, siendo la última la mayor. Las aguas llegaron a otros 150 metros tierra adentro. Inundáronse también Chucuito, y Agua Dulce en Chorrillos; en este lugar el mar cubrió por dos horas el muelle de Pescadores, desapareciendo 16 chalanas (botes de pesca).

En los balnearios sureños de Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo y Pucusana, las aguas invadieron las calles obligando a los vecinos a refugiarse en los cerros que las circundan. Más al sur, en la caleta de San Andrés, Pisco, el mar se retiró 500 metros desde su cota habitual.

**26 de Julio de 1,968.** Tsunami de origen desconocido, que se prefiere calificar de maretazo, azotó el litoral peruano entre Talara y Tacna.

El golpe de agua tuvo mayor violencia en los puertos al sur del Callao (Pisco, Matarani, Mollendo e Ilo).

En la costa limeña, el mar atacó Callao, Chucuito y La Punta. La mayor intensidad se produjo a las 5 y 28 de la mañana, siendo la zona más afectada la costa de la Mar Brava, donde el agua ingresó más de trescientos metros debido al declive de la zona. Las defensas de tierra existentes contuvieron en gran parte la furia del mar.

**3 de Octubre de 1,974.** El sismo tuvo lugar a las 9 y 21 de la mañana, con epicentro en los  $12.3^{\circ}\text{S}$  y  $77.8^{\circ}\text{O}$ ; profundidad focal de 13 kms. y magnitud Richter 7.5. Tuvo una duración aproximada de 90 segundos. Los efectos destructivos se extendieron desde Lima y poblaciones alejadas hasta Pisco, causando 78 muertos y 2,500 heridos. Los daños fueron importantes, sobre todo en edificaciones antiguas y en las construcciones sobre terrenos blandos, como en La Molina y Chorrillos, etc. En algunos lugares se observó la formación de agrietamientos en el terreno paralelos a la línea de costa, y algunos perpendiculares; también, asentamientos y licuefacción.

El registro del mareógrafo de La Punta indica que la primera ola llegó a este lugar 20 minutos después del sismo. A Pucusana la ola arribó a los 30 minutos aproximadamente, destruyendo parte del malecón e inundando hasta la altura del Parque Central: 80 metros desde la orilla y cota superior a los 3 metros sobre el nivel del mar. En esta zona el malecón de la ribera tiene una altura promedio de 1.60 metros. Las aguas arrastraron las balanzas del Terminal Pesquero y algunas lanchas de pesca; también arrastraron botes y lanchas hacia la isla Galápagos. La salida del mar fue similar en San Andrés, Pisco, donde las aguas llegaron hasta la Plaza de Armas. El retiro del mar fue notorio en Agua Dulce, Chorrillos, alcanzando unos 120 metros, y volviendo luego a su cauce de manera gradual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS O FUENTES CONSULTADAS

1. Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1,513 - 1,974).- Enrique Silgado. Instituto de Geología y Minería. Lima. 1,978.
2. "A true and particular Relation of the dreadful Ruin in which Lima (otherways called La Ciudad de los Reyes) Capital of the Kingdom of Peru, involved, by the horrible Earthquake that happened there in the night, the 28th of October, 1,746: And of the total Destruction of the Garrison and Port of Callao from the violent Irruption of the Sea, occasioned by the Earthquake in that Harbour".- Relato anónimo publicado como Capítulo II de un libro sobre sismos, editado en Londres en 1,748.
3. Carta o Diario, que escribe D. Joseph Eusebio de Llano y Zapata, a su más venerado amigo y Doctor correspondiente, el Doctor Don Ignacio Chirivoga y Daza, Canónigo de la Iglesia de Quito ..... Imprenta de Juan de Zúñiga. Madrid. 1,748
4. Historia del Real Felipe del Callao (1,746 - 1,900).- Alberto Regal. Imprenta del Colegio Militar Leoncio Prado. La Perla. Callao. 1,961.
5. La Conquista del Perú.- J. Antonio del Busto D. Librería Studium Editores. Lima. 1,981.
6. Preliminary Catalog of Tsunamis occurring in the Pacific Ocean.- Kumizi Iida, Doak C. Cox. USA Hawaii, Hawaii Institute of Geophysics.
7. US Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey. Washington DC. Special Publication Ner 300.
8. Registros del mareógrafo de La Punta, cedidos por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHNM).
9. Archivo periodístico del Diario "El Comercio" de Lima.
10. Biblioteca del Diario "La Prensa" de Lima.
11. Relatos de testigos presenciales de los tsunamis de 1,966 y 1,974 (comunicaciones personales).

Fecha	Magnitud (sismo)	Epicentro (sismo)	Altura de Ola	Area Inundada
9/7/1586	8.1	68 kms. frente a la costa.	3.6 mts. (Callao)	Callao: 250 metros tierra adentro.
24/11/1604	8.4	Lejano (continental)	2.8 mts. (Callao)	Callao: alrededores (bajo cota 3 mts.)
20/10/1687	8.2	95 kms. frente a la costa.	4 mts. (Callao)	Callao: zona baja al norte, y Callao mismo.
28/10/1746	8.4	100 kms. frente a la costa.	7 mts. (Callao)	Callao: 1,000 mts; destrucción total. (Bajo cota 6 mts.)
9/5/1877	-	Lejano (continental)	2.4 mts. (Callao)	Callao: orillas, muelles.
24/5/1940	8.2	10°S, 77.8°O (40 kms. tierra adentro).	Ancón: 3.2 mts; Callao: id.	Ancón: malecón. Callao: La Punta, Chucuito.
24/8/1942	8.4	15°S, 76°O (frente a Nazca)	Pto. Lomas: gigantescas	-
4/11/1952	8.2-8.4	Lejano (transcontinental)	-	La Punta: malecón Figueiredo. Callao: orillas
20/1/1958	-	Lejano (continental)	-	La Punta: malecón Figueiredo.
22/5/1960	8.5	Lejano (continental)	-	La Punta: playas de Miraflores y Barranco.
21/11/1960	6.75 JMA	6.8°S, 80.7°O (frente a Lambayeque).	Eten y Pimentel: grandes olas	Pimentel: 600 mts.
17/10/1966	7.5	10.7°S, 78.6°O (72 kms. frente a la costa).	Ancón: 3.2 mts. La Punta: 4 mts. Puerto Casma: olas grandes.	Ancón: 95 mts. La Punta: 150 mts. Pto. Casma: total.
26/7/1968	-	-	-	Sur del Callao y La Punta.
3/10/1974	7.5	12.3°S, 77.8°O (75 kms. frente a la costa).	Pucusana: 3 mts. La Punta: 2 mts.	Pucusana: 80 mts.

## A N E X O II

### LA ALTURA DE OLA Y EL TIEMPO DE LLEGADA SEGUN EL ESTUDIO DE HEBENSTREIT Y WHITAKER

Cuando el presente estudio se estaba concluyendo, a pedido del Dr. John Tomblin de UNDRRO, el Sr. Paul Krumpe de la Oficina para Asistencia de Desastres en el Exterior del Gobierno Norteamericano, tuvo la gentileza de enviarnos el estudio efectuado por G.T. Hebenstreit y R.E. Whitaker que trata sobre posibles orígenes y efectos de tsunamis en la costa Oeste de Sudamérica, usando simulación numérica lineal por computadora. Basándose en informaciones históricas y tectónicas sobre zonas de silencio reportadas por Mc Cann y colaboradores, y comunicaciones personales de Brady y Spence, los autores asumen seis posibles zonas de origen de sismos tsunamigénicos que pueden afectar una extensa área comprendida entre Buenaventura (Colombia) y Concepción (Chile), analizando los efectos sobre 300 localizaciones ubicadas a lo largo de casi 5,000 kms. de costa.

Como la costa de Lima Metropolitana es una porción cubierta por dicho estudio, consideramos era de sumo interés incluir en este volumen un resumen de sus conclusiones más significativas. Cabe aclarar que no incluye suficientes detalles para su inmediata aplicación práctica. El tsunami modelado llega desde alta mar hasta donde la profundidad del agua es de 20 metros. Como en nuestro estudio se determina la altura de la ola en la orilla del mar, en función de la distancia recorrida por la ola desde la isobata 100 metros hasta la orilla, y se da énfasis a su aplicación de acuerdo a la batimetría y topografía local, ambos estudios son complementarios para el tramo de costa limeña.

De las zonas tsunamigónicas que los autores utilizan en su estudio, las que ellos denominan A y E tienen un alto riesgo de ocurrencia de sismos, y son las que producirían las olas de mayor altura en la costa central del Perú. Los tsunamis originados en las otras zonas afectarían más a Chile, y en menor medida la costa Sur Peruana.

Para el caso A, el área de origen del Tsunami es un rectángulo irregular que tiene 500 kms. de largo por 100 de ancho, y se extiende desde el Callao hacia el Norte, hasta la altura de Trujillo (Ver figura a). El evento sísmico asumido es de magnitud Kanamori  $M_w = 8.7$ . El caso E contempla una zona de origen que tiene 1,800 kms. de largo por 130 de ancho, y se extiende desde el Callao hasta Caldera (Chile), asumiéndose un sismo de  $M_w = 9.4$ . Este último caso no se comenta aquí porque estimamos muy remota la generación de un evento semejante. La historia no registra terremotos de tales características.

Para cada zona, los autores consideran dos casos: levantamiento uniforme del fondo oceánico, y levantamiento variable. Para la zona A, en el primer caso el levantamiento supuesto es de 5.8 metros en los 50,000 km<sup>2</sup> que abarca la zona de origen. Para un punto ubicado frente al Callao y donde la profundidad del agua es de 20 metros, la figura grafica la variación de la altura de las olas con el tiempo, y puede observarse que la primera ola llega a dicho punto 15 minutos después de ocurrido el supuesto terremoto (recordar hasta la isobata de 20 m.);

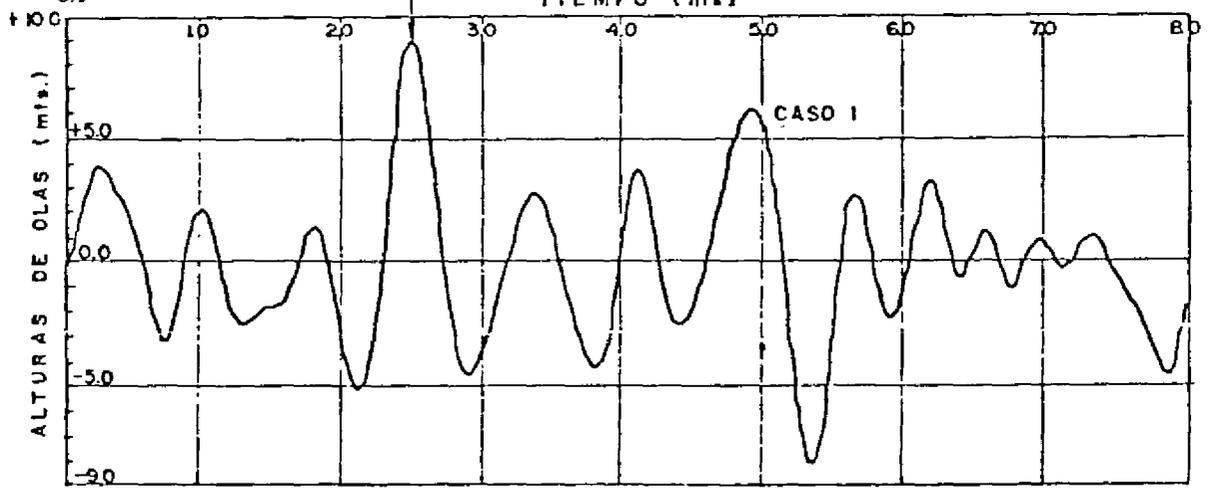
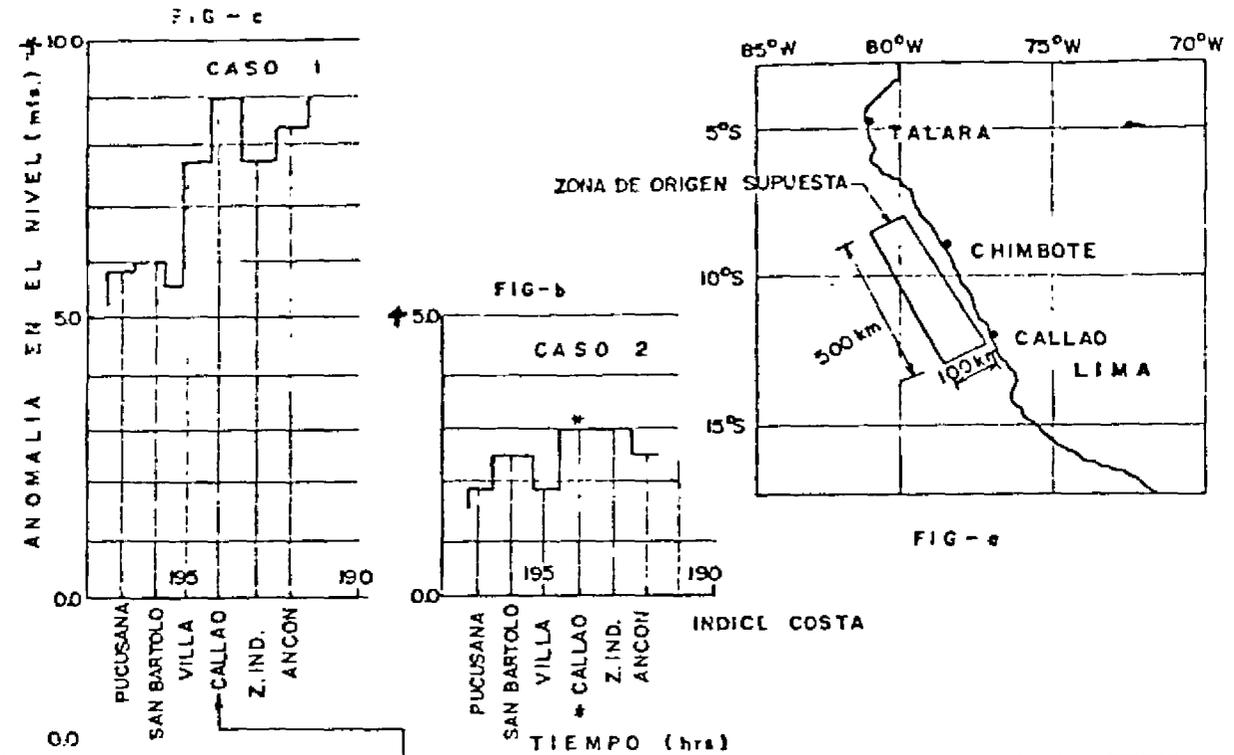


FIG - d

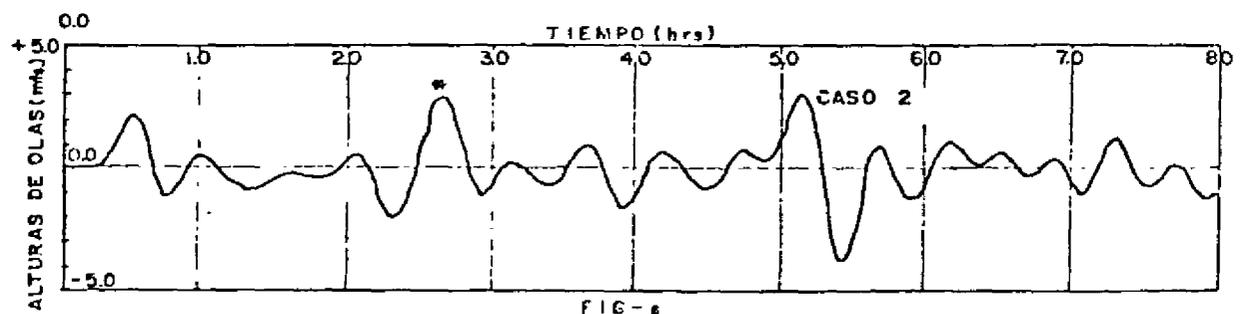


FIG - e

REGISTRO SIMULADO FRENTE A LIMA A 20mts. DE PROFUNDIDAD  
 1-- LEVANTAMIENTO UNIFORME 2-- LEVANTAMIENTO VARIABLE

y que la ola de mayor altura, 9 metros, ocurre 2hs 15m después. En la figura c se muestran las alturas máximas de olas para varios puntos si milares comprendidos entre Ancón y Pucusana.

En el segundo caso, el parámetro para desplazamiento medio fue ajustado para producir un desplazamiento máximo de 5.8 metros. Los desplazamientos menores que 0.05 metros fueron igualados a cero, para limitar la zona del levantamiento.

En la figura e se muestra la variación de la altura de ola con el tiempo para este caso. Puede verse que la primera ola incrementa rápidamente el nivel del mar 20 minutos después de ocurrido el sismo. La máxima altura de ola es de sólo 3 metros (marcada en el gráfico con un asterisco) y ocurre 2hs 35m después del levantamiento.

Con respecto a lo anterior, para el caso de levantamiento uniforme e instantáneo, el tiempo de llegada de la primera ola es de 15 minutos hasta el punto donde el mar tiene profundidad de 20 metros. De ahí hasta la costa, según las curvas de refracción de nuestro estudio tardaría 6 minutos más, de manera que el tiempo total es 21 minutos. Para el caso de levantamiento variable, en el punto antes señalado el nivel del agua empieza a incrementarse a los 20 minutos, a los que habría que agregar los 6 minutos. El tiempo de arribo de la primera ola sería entonces de 26 minutos. Ambos resultados están dentro del orden de magnitud de los nuestros.

Donde hay discrepancias es en la altura máxima de ola. Para la zona A, un sismo de la magnitud asumida tiene una probabilidad de ocurrencia muy baja, pero podría suceder. Pero lo que pensamos que no puede ocurrir realmente es que una área tan extensa como 50,000 km<sup>2</sup> se levante instantánea y uniformemente 5.8 metros. Esto no es posible ya que el fracturamiento de la falla se propaga a una velocidad promedio de 3.5 kms/seg.

La hipótesis simplificada produce valores más altos que si el levantamiento se propagara a velocidad finita y variable en toda el área. Estas condiciones están más cerca de la realidad, pero son difíciles de modelar para su estudio simulado por computadora.

Por las razones expuestas, creemos que la altura de las olas en el primer caso es en general exagerada, incluyendo los 9 metros frente al Callao (frente a Chimbote, casi en el centro del área perturbada, la altura máxima es de 14 metros).

Para el caso de levantamiento variable, la altura máxima frente al Callao es de 3 metros, debido a que esta localidad se ubica en el borde del área perturbada, donde el levantamiento oceánico es muy pequeño. En cambio, frente a Huacho, a 140 kms. al Norte, donde el levantamiento es ya importante (cercano al máximo), la altura de la ola es casi 5 metros (la máxima para este caso).

Comparando los resultados con los de nuestro estudio, donde las alturas máximas calculadas en función de las condiciones locales están entre los 5 a 7 metros, se puede concluir que ambos están dentro del mismo orden de magnitud.