

traccionando el terraplén asociado (lateral spreading por borde libre), así como el muro de contención de dicho estribo, en su lado aguas arriba. La arena fue expulsada al pie del muro de contención, por los cráteres de dos volcanes de arena (Foto 16).



Foto 15.- Volcanes de arena aislados en la vega del Río Sama, a nivel del puente sobre el mismo río. Su diámetro es inferior a los 50 cm.

Se puede resumir, de manera muy general, que las evidencias de licuación, según su distribución espacial y tamaño, muestran valores máximos en la región de Camaná; disminuyendo tanto en frecuencia como en volumen eyectado de arena y agua tanto hacia el norte como hacia el sur. Se sugiere que las áreas al norte del Río Yauca, como al sur del Río Sama, sean evaluadas en detalle para definir la extensión total de los procesos de licuación a lo largo de la costa sur peruana. Por otra parte, sería conveniente evaluar en los mismos ríos, en dirección aguas arriba, cuan lejos tierra adentro, se reconoce la ocurrencia de licuación en la vega de los mismos. Por último, es necesario medir y catalogar las evidencias de licuación a lo largo del Río Ocoña, que no pudo ser visitado.

Es de hacer notar que no se pudo determinar la ocurrencia de más de una generación de evidencias de licuación (falta de relaciones de corte o de diferencia de frescura marcada

entre indicios de distinta generación), lo cual no permite discriminar si las “réplicas” de mayor magnitud, tal como el evento ocurrido en la madrugada del sábado 07/07/2001 de magnitud Mw 7,5, pudieron inducir licuación de arenas, donde las condiciones le fuesen favorables. Por otra parte, tampoco podemos asegurar que la distribución de las evidencias de licuación



Foto 16.- Estribo sur del puente sobre el Río Sama: observe como el muro de contención está traccionado y fuera de la vertical. Igualmente, el banco de arena muestra claras evidencias de lateral spread y ocurrió eyección de arena por dos cráteres al pie del muro.

determinada y aquí reportada sea toda producto del sismo principal y que algunas de las mismas hacia el sur no hayan sido inducidas por la secuencia de “réplicas” que progresaban hacia Chile. No obstante, un diagrama de diámetro de los conos de los volcanes de arena vs la distancia epicentral, parece satisfacer bastante bien una regresión lineal, lo cual permitiría precisar que si son todas contemporáneas y producto del sismo principal del 23 de junio del 2001 (Fig. 2). Por otra parte, la distribución espacial asimétrica (más vasta al sur del epicentro) de las evidencias de licuación parece evidenciar la progresión de la ruptura cósmica y polarización de la liberación energética por parte del sismo principal hacia el SE.

Otras Observaciones de Campo Relevantes

Adicionalmente a las observaciones previamente formuladas, podemos indicar que:

Camaná no sólo fue notoria por presentar las evidencias de licuación más grandes y frecuentes, pero también se vio afectada por un tren de tres ondas tsunamis (según varios reportes de moradores) que devastaron los cultivos sembrados en las partes bajas y más costeras de la planicie aluvio-deltáica del Río Camaná, sobre una franja de unos 500-600 m de penetración; así como diversos balnearios ubicados hacia el sur de la población de Camaná: La Punta, Amecosupe y Los Cerrillos. Afortunadamente, estas áreas construidas son esencialmente utilizadas para vacacionar y la población fija es poca, lo cual mitigó los efectos de las olas de 2,5 m de alto; que irrumpieron entre las construcciones provenientes desde el NW (según algunos moradores), lo cual concuerda perfectamente con el epicentro instrumental del sismo principal del 23 de junio del 2001. Es de hacer recalcar que parece ser la única localidad donde se atestiguó la penetración de las olas en territorio peruano; a diferencia de la costa chilena que reporta varias intrusiones, con una altura máxima de olas en Arica (cerca de la frontera con el Perú) de 2,57 m y afectando la población de Corral, en Chile meridional, con aún 90 cm de elevación. Por el contrario, entre Las Lomas –en el NW- y La Yarada (contiguo a territorio chileno), todas las otras localidades costeras peruanas más bien reportan haber visto el mar retirarse y regresar luego calmadamente. En el Puerto Pesquero de Mollendo (a unos 80 km al SE de Camaná), en construcción, los trabajadores pudieron estimar el cambio de elevación del retiro del mar en 2,5 m, con base en una roca sumergida en 2 m durante la marea baja en la bahía del puerto y la cual afloró en ½m. Más aún, fueron contabilizadas tres retiradas del mar, luego del sismo principal.

La distribución de las poblaciones afectadas por el tsunami, tanto en territorio peruano como chileno, también sugiere que la progresión de la ruptura cosísmica estuvo dirigida hacia el SE; lo cual ha sido reiterado por la secuencia de réplicas, claramente ubicadas al SE del epicentro principal y con tendencia a migrar hacia territorio chileno. Más aún, pareciese que este sismo principal (Mw 8,4) disparó un sismo Mw 7,5 el día 07 de julio de 2001, con epicentro próximo a Mollendo (vivido por esta comisión quienes pernoctaban en Mollendo al momento del sismo), que habrá que determinar si se le puede realmente considerar como una réplica.

Del punto de vista de los daños a construcciones, la mayoría de las viviendas afectadas son de bloques de adobe sin reforzamiento estructural de ningún tipo. Son raros los casos de daños en estructuras aporticadas, excepto por la sede del Ministerio Público de la ciudad de Camaná que mostró grietas diagonales en elementos de mampostería a

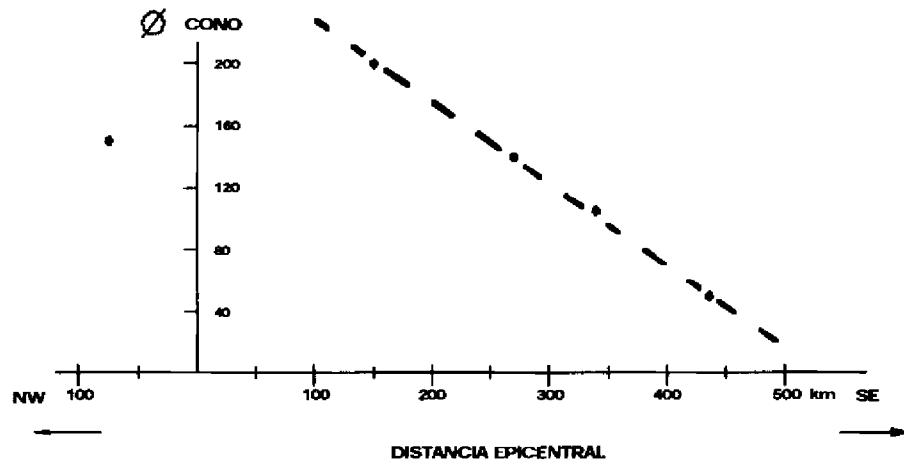


Figura 2.- Relación lineal entre el diámetro de los conos de arena aislados imperturbados (de crecimiento libre) versus distancia epicentral.

consecuencia de la ductilización del acero en la base de una columna, así como grietas en mampostería en la biblioteca de la misma ciudad. También, la torre del campanario de la población de Cocachacra fue fuertemente dañado. La repartición de los daños en construcciones humildes en adobe observadas por esta comisión a lo largo de la costa peruana se extiende por lo menos desde Pescadores (entre Atico y Ocoña) hasta Tacna (en frontera chilena). Curiosamente, la población de Chala, la cual parcialmente cuelga literalmente de un acantilado marino de unos 15 m de alto y muy próxima (a unos 50-70 km hacia el NW) al epicentro del sismo principal, no muestra daño en aquellas construcciones ubicadas sobre la cresta del acantilado. Más aún apilamientos (sin mortero alguno) de bloques de adobe no cayeron con la sacudida sísmica. Resumiendo, la distribución espacial del mismo nivel de daños en construcciones similares también sugiere que la energía fue liberada más eficientemente hacia el SE.

En lo referente a reposición de servicios o líneas vitales, todo parecía relativamente normal, salvo: (a)- los tramos viales Atico-Ocoña y entre los km 1109 y 1177 (entre El Fiscal y la bifurcación a Ilo a partir de la Panamericana sur; especialmente a lo largo del valle del Río Osmore) por lo reincidente de los derrumbes o caídas de escombros y los asentamientos en la calzada, aunque había suficiente maquinaria disponible; (b)- falta de suministro eléctrico en Pescadores para la noche del 05/07/01; y (c)- racionamiento de agua en Mollendo en la noche del 06/07/01.

En lo concerniente a la ayuda humanitaria, es poco lo que podemos señalar, pero se vieron carpas de Defensa Civil desde Pescadores hacia el sur (inclusive en los balnearios de Camaná afectados por el tsunami), así como la elaboración de la “olla comunitaria” en la mayoría de las poblaciones más afectadas. No obstante, se escucharon comentarios que algunos insumos (ropas, frazadas, alimentos) no estaban llegando realmente a las personas más afectadas, tal como en La Curva; referido por una moradora de Mollendo.

Agradecimientos

El primer autor (FA) de este informe de misión quiere agradecer a Funvisis, y muy en particular a su presidente Lic Nuris Orihuela, por la oportunidad brindada. Igualmente estos agradecimientos son extensivos a los colegas del Instituto Geofísico del Perú por su calurosa acogida y la logística puesta a la disposición para la feliz realización de esta inspección corta pero sumamente fructífera. En Funvisis, a mis compañeros de Departamento de Ciencias de la Tierra: Geól. José Antonio Rodríguez por la revisión del escrito, Geóls. Raymi Castilla y Victor Cano por la digitalización de fotos y figuras, y Marina Peña por la realización de las figuras a tinta china.

Tabla 1.- INESTABILIDADES GRAVITATORIAS A LO LARGO DE LA VIABILIDAD RECORRIDA								
Sector	Ubicación	Unidad	Tipos de Inestabilidades (*)					
			B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5	
Vial	mas Precisa	Geológica						
Panamericana sur. Chabá - Aico	km 692 - 694	Complejo de la Costa del Paleozoico inferior (*)				N		
Panamericana sur. Aico-Pescadores	km 712 - 726	Cebujones con material parental (*)	N (pocas)		N			
Panamericana sur. Aico-Pescadores	km 727 - 734	Arenas colicas no consolidadas	N (varias y graves)		N			
Panamericana sur. Aico-Pescadores	km 755,5		N					
Panamericana sur. Aico-Pescadores	km 738-742 (subida a Calveritas)	(*)				N (frecuente)		
Panamericana sur. Aico-Pescadores	km 744,5-749,5 (bajada a Pescadores)	(*)				N (frecuente)		
Panamericana sur. Pescadores-La Planchada	km 750 →		N (varios: afecta en 1 m la calzada)					
Panamericana sur. Pescadores-Ocoña	km 755-764 (excepto en 760 por tunel)						N (frecuente)	
Panamericana sur. Pescadores-Ocoña	km 772 (bajada hacia Ocoña)						N (frecuente)	

(*) Tipología de las inestabilidades en el texto

INESTABILIDADES GRAVITATORIAS A LO LARGO DE LA VEJALIDAD RECORRIDA (cont. 1)							
Sector	Ubicación	Unidad Geológica	Tipos de Inestabilidades (-)				
			B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5
Vial	mas Precisa						
Panamericana sur (Ocoña-Camana)	km 805-807		X (varias y graves. La carretera asfáltica afectada)				X
Panamericana sur. (Camana)	Terraplen de control de inundación del Río (Camana)	Depositos aluviales holocenos del Río (Camana)					X (2 sitios)
Panamericana sur. (Camana-Lambillo)	km 844-845 (subida alejándose de (Camana))		X (varios: afecta en I m la bajada)		X		
Carretera a Matarani desde Panamericana sur (55 km de long.)	km 37-46 en bajada hacia Islay)	Complejo de la Costa del Paleozoico inferior (*)	X		X (frecuente)	X (frecuente)	
Puerto de Matarani	Sector norte (patio de enlatadora (Ocean Fish S.A.))	(*)				X	
Puerto de Matarani	Sector norte (via acceso enlatadora (Ocean Fish S.A.))	Conglomerados aluviales cuaternarios				X	
Carretera costanera Mollendo-Aleja	Terraplen carretera	Llanura aluvio-costera del Río Tambo					X (muy frecuente y grado afectación variable)

INESTABILIDADES GRAVITATORIAS A LO LARGO DE LA VIA LÍNEA RECORRIDA (cont. 2)							
Sector	Ubicación más Precisa	Unidad Geológica	Tipos de Inestabilidades ()				
			B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5
Carretera costanera: Mollendo-Meja	Próximo a Mollendo	Conglomerados cuaternarios, expuestos en acantilados marinos fosiles de 15-20 m				N (varios bloques)	
Carretera costanera: Meja-El Conto	Entre Meja y la Reserva de Aves	Llanura aluvio-costera del Río Tambo					N (varios y poca afectación a la calzada)
Carretera costanera: Meja-El Conto	En la motobomba (Colden Playa Discoteca)	Llanura aluvio-costera del Río Tambo					N (terraplen de vía secundaria muy dañado)
Carretera costanera: El Conto-La Curva	Sector El Boquerón	Llanura aluvio-costera del Río Tambo			N (en acantilados cortados en conglomerados del Cuaternario)		N (varios y fuerte afectación a la calzada)
Carretera La Curva-El Arenal	Salida de La Curva hacia El Arenal	Llanura aluvio-costera del Río Tambo					N (3 sectores con fuerte afectación a la calzada)

INES ESTABILIDADES GRAVITATORIAS A LO LARGO DE LA VIA LÍNEA RECORRIDA (cont. 3)									
Sector	Ubicación	Unidad Geológica	Tipos de Inestabilidades (-)						
			B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5		
Vial	más Precisa								
Carretera El Arenal-Punta de Bombon, por pte. El Frate	Entre El Arenal y puente El Frate	Llanura aluvial del Río Lambo							N (varios y poca afectación a la calzada y rampa puente)
Carretera El Arenal-Cocachacra-El Fiscal	Todo el tramo	Llanura aluvial del Río Lambo							N (varios y poca afectación a la calzada)
Panamericana sur: El Fiscal-Moquegua	El Fiscal-km 1045 y km 1050-1053							N (varios)	
Panamericana sur: El Fiscal-Moquegua	km 1076								
Panamericana sur: El Fiscal-Moquegua	km 1109-1113	En rocas sedimentarias de la fm. Moquegua superior del Terciario superior						N	
Panamericana sur: El Fiscal-Moquegua	km 1117 y km 1120-1122	En sedimentos conglomeráticos aluviales cuaternarios							

INESTABILIDADES GRAVITATORIAS A LO LARGO DE LA VIA LIDAD RECORRIDA (cont. 4)							
Sector	Ubicación	Unidad Geológica	Tipos de Inestabilidades (*)				
			B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5
Vial	más Precisa						
Panamericana sur. H1 Fiscal-Moquegua	km 1122-1123	En sedimentos conglomeráticos aluviales cuaternarios	N		N	N	
Panamericana sur. H1 Fiscal-Moquegua	km 1129-1130	En rocas volcánicas del Grupo Joquepala del Cretáceo-Terciario inferior	N				
Panamericana sur. Montalvo-bifurcación a Ho (km 1177,5)	km 1140 (proximo a peaje de Montalvo)	Valle aluvial holoceno del Rio Osmore					N (varios)
Panamericana sur. Montalvo-bifurcación a Ho	km 1148		N				
Panamericana sur. Montalvo-bifurcación a Ho	km 1148-1151	En sedimentos conglomeráticos aluviales cuaternarios			N		
Panamericana sur. Montalvo-bifurcación a Ho	km 1148-1151	En rocas sedimentarias de la fm. Moquegua superior del Terciario superior	N		N	N	
Panamericana sur. Montalvo-bifurcación a Ho	km 1152-1153	En rocas sedimentarias de la fm. Moquegua superior del Terciario superior			N	N	