

# **SISMITAS EN DEPOSITOS MIOCENO SUPERIOR-CUATERNARIO DE LA REGIÓN DE LIMA**

**Javier JACAY, Aldo ALVÁN, José TUESTA y Wilfredo BLAS**

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS: EAP Ingeniería Geológica, Av. Venezuela cuadra 34 s/n, Ciudad Universitaria, Lima-Perú. ([jjacayh@unmsm.edu.pe](mailto:jjacayh@unmsm.edu.pe)).

## **INTRODUCCIÓN**

El estudio de la paleosismicidad requiere como base aplicar conceptos de la geología clásica a la última fase de deformación, los rasgos morfotectónicos o las deformaciones generadas por movimientos sísmicos fuertes o por deformación tectónica gradual ocurrida durante el Mioceno superior al Cuaternario, se deben reconocer en el registro estratigráfico y estructural. El registro histórico e instrumental de sismos se complementa caracterizando y datando los grandes terremotos prehistóricos.

Este trabajo se llevó a cabo mediante la identificación y caracterización de las estructuras sedimentarias generadas por el efecto sísmico, la presencia de sismitas en sedimentos inconsolidados del Mioceno superior al Cuaternario de la región de Lima, evidencian actividad sísmica aproximadamente los últimos 7 Ma ligada principalmente a la actividad sísmica de subducción que no queda reflejada en el registro de la actividad actual (registro histórico e instrumental). Estos estudios basados en el registro geológico son fundamentales para caracterizar la actividad sísmica de las regiones de subducción, como es el caso de la zona costera del Perú central, donde los periodos de recurrencia de los grandes terremotos (de varios cientos de años) superan con creces el lapso temporal que abarcan los registros instrumentales e históricos.

El sector costanero pertenece a una de las principales estructuras extensionales con una directriz general NO-SE desarrolladas durante el Neógeno-Cuaternario en el sector occidental de la Cordillera Occidental, de la margen occidental sudamericana (Machare et al 1986), donde la región de Lima comprendida entre los valles de Huaura por el norte y Omas por el sur presenta una gruesa cobertura sedimentaria de depósitos inconsolidados pertenecientes a periodos del Mioceno superior al Cuaternario.

Existen abundantes evidencias de actividad sísmica en los depósitos inconsolidados, especialmente en algunos niveles sedimentarios de facies finas, a pesar de la importante tectónica reciente que caracteriza a este relleno sedimentario, los estudios sobre paleosismicidad son muy escasos y recientes. Se han publicado un par de notas preliminares (Jacay 2008 y 2012) en las que se realiza un ensayo de caracterización paleosismológica.

En este trabajo vamos a contribuir al conocimiento y valoración de la actividad paleosísmica en esta zona con nuevas evidencias obtenidas en el campo a partir de la observación de una serie de estructuras de deformación en depósitos no consolidados. Éstas han sido interpretadas, en la mayoría de los casos, como producto de licuefacción por efecto sísmico (sismitas; Seilacher 1969). Han sido observadas y analizadas en afloramientos de varias localidades distintas: en depósitos eólicos del Mioceno superior? en el sector Cerro Cortado, la Herradura, depósitos coluviales de Ancón, Pasamayo, Catalina Huanca, área de Santa Rosa de Quives, y en depósitos de arroyada de Esquina de Asia (Coayllo), entre otros (Fig. 1).

## **EL RELLENO NEOGENO-CUATERNARIO DE LA REGION COSTERA DEL PERÚ CENTRAL**

El pie del flanco occidental de la Cordillera de los Andes del Perú Central es constituido por depósitos sedimentarios y volcánicos mesozoicos (Cobbing 1973, Palacios et al 1992) cubiertos por la Formación Cañete del Mioceno superior, (Noble et al 2009) la que es recortada por numerosos valles de corto recorrido, cuya historia de incisión queda registrado en los rellenos aluviales presentes en las desembocaduras y en las numerosas terrazas fluviales y fluvioaluviales presentes en ambos márgenes a lo largo de su recorrido. Además se tiene depósitos de los cortos abanicos coluviales y depósitos eólicos correspondientes probablemente al cuaternario.

El relleno sedimentario de los diferentes valles como Huaura, Chancay, Chillón, Rímac, Lurín, Mala, entre otros, es compuesto por una gruesa secuencia de materiales inconsolidados los que se asocian a sedimentos coluviales, eólicos y marismas (Lecarpentier et Motti 1968, Sebrier y Macharé 1980, Le-Roux, et al. 2000).

Las secuencias sedimentarias observadas en los principales cortes corresponden de manera general a una secuencia estrato decreciente, con un dominio de facies conglomerática, con un espesor promedio de 4 a 6m, los que se presentan conformando gruesos estratos generados por la migración lateral de estas barras de conglomerados (Giles et al, 2002). Estas barras conglomeráticas, se intercalan con facies de desborde, finas laminaciones horizontales y rizaduras con una bioturbación, especialmente por paleoraices en las llanuras de inundación. El desarrollo de la planicie aluvial ha sido modelada por procesos hidrodinámicos (sea en los ríos Huaura, Chancay, Chillón-Rímac, Lurín) a lo largo de su historia, en respuesta a los cambios del sistema fluvial como control a los cambios climáticos, cambios de nivel del mar y a la actividad tectónica en el área fuente desde el Mioceno superior a la actualidad

### **ANALISIS PALEOSISMICO.**

En la margen andina, principalmente la región del piedemonte pacífico, es un lugar de exposición de numerosas manifestaciones de actividad neotectónica como por ejemplo fallas activas, así mismo los depósitos de estas regiones especialmente corresponden a productos de la erosión de la cadena andina, como son los grandes depósitos de conos aluviales y depósitos fluvioaluviales de ríos que drenan hacia el pacífico, asociado a estos depósitos se tiene efímeros depósitos lacustres, depósitos de llanuras de inundación, los cuales presentan manifestaciones de estructuras de paleosismicidad. Muchas ciudades del área andina han sido objeto de estudios recientes en la ciudad de Quito (Hibsch et al 1996), México (Garduño et al 2009), Cusco (Benavente et al 2010), entre otros.

El análisis de la paleosismicidad se basa en el estudio de las deformaciones producidas por los sismos en los sedimentos inconsolidados. El fenómeno por el que ocurren las perturbaciones en la geometría del depósito, es la licuefacción. A la deformación se denomina sismita.

La licuación de un sedimento ocurre cuando hay una desestabilización de los granos de un material no consolidado, por la acción de una carga cíclica, que genera una reducción del esfuerzo efectivo (pérdida de contacto entre los granos del esqueleto del terreno) debido al aumento en la presión de poros haciendo que el suelo se comporte como fluido. Las sismitas pueden formarse en diferentes sedimentos como conglomerados, arenas, arcillas, calcáreos y areniscas (cuando aún no han sufrido litificación). En general las arenas no diagenizadas que contienen agua, son las más susceptibles a ser licuadas.

### **ESTRUCTURAS.**

Las estructuras más comunes observadas en la región de Lima por este fenómeno son: capas contorneadas con pseudonódulos, figuras de carga e inyecciones de material.

**Capas contorneadas con pseudonodulos.** Son figuras parecidas a las de carga, se diferencian porque ocurren en materiales de reología similar. Son semejantes a pliegues con vergencia variables, lo que facilita establecer distinciones respecto a un "slump", en algunos casos estos plegamientos se aíslan formando los pseudonódulos, reportados en los sedimentos lacustres de la ciudad de Quito (Hibsch et al, 1986) (Estas estructuras son las más comunes en la región de Lima, Fig. 2c y d).

**Figuras de carga.** Son del mismo tipo al anteriormente mencionado, pero generalmente se observan asociadas a las otras figuras. Se las observa cuando se tiene asociado niveles de arenas de diferente granulometría y niveles de limos igualmente afectado por sismicidad, como por ejemplo en sectores de La Herradura y Los Olivos (Fig. 2 a y c).

**Inyecciones de material.** Son las figuras más comunes asociadas a un sismo, entre ellas tenemos, "volcanes de arena y lodo" descritos en varios sismos, en donde aparecieron cráteres de sifonamiento, generando hundimientos, desenterramientos, inundaciones. Ocurren cuando la presión hidráulica del sedimento es lo suficientemente fuerte como para producir un empuje sobre las capas sobreyacentes, que se caracterizan por ser poco competentes, lo que ayuda a la expulsión, ejemplo en Cerro Cortado, Los Olivos y Santa Rosa de Quives (Fig. 2 b, c y e).

También en muchas áreas se observan algunos depósitos con niveles de escape de fluido asimétricas correspondientes a estructuras en champiñón con doble vergencia, observándose en algunos casos vergencia opuestas; las intrusiones y deformaciones de arenas son muy raras cuando se las observa generalmente son ligadas a pequeños desplazamientos como fallas normales asociados siempre a un nivel (esto se observan en depósitos eólicos como los de Pasamayo). También se observan cuerpos de arenas y/o limos independizados dentro de las capas de limos a manera de pseudonodulos.

## CONCLUSIÓN

Los depósitos inconsolidados del área de Lima, presentan una relativa abundancia de figuras ligadas a eventos sísmicos, observados en los depósitos finos que se asocian a los diferentes depósitos como fluviotorrenenciales y lacustres. A la fecha no se cuenta con dataciones para tener una idea de la antigüedad de los sismos que han dado lugar a estos niveles de sismitas (excepto Catalina Huanca), pero se pueden señalar desde los más antiguos a los más modernos, como lo son los depósitos de la Herradura, cerro Cortado, Planicie aluvial del abanico fluvio aluvial del Rímac, depósitos lacustres de catalina Huanca, depósitos fluviotorrenenciales de santa Rosa de Quives, y los de la llanura de inundación de la esquina de Asia.

## BIBLIOGRAFIA

Benavente C., Cárdenas J., Concha R., García B. y Morales M. (2010) Evidencias de paleosismos en la estratigrafía de la cuenca Cuaternaria Cusco, Perú. XV Congreso Peruano de Geología, Cusco. Vol. Resúmenes Extendidos, p: 1280-1283.

Cobbing J. (1973) Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. INGEMMET, Bol. Serie A. N° 26. 171 pp. Lima, Perú.

Garduño V., Chávez J., Aguirre J., Vázquez R., Mijares H., Israde I., Hernández V., Rodríguez-Pascua M. y Pérez R. (2009) Zonificación de los periodos naturales de oscilación superficial en la ciudad de Pátzcuaro, Mich., México, con base en microtemores y estudios de paleosismología. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas v.26 N.3. p: 623-637.

Giles B., Marocco R. y Jacay J. (2002) Depósitos de Ríos Trenzados Conglomeraticos del Abanico del Río Rímac. XI Congreso Peruano de Geol. Vol. Resúmenes, p. 25

Hibsch Ch., Alvarado A., Yepes H., Sebrier M. y Perez V. (1996) Falla activa de Quito y fuentes sismogénicas regionales: un estudio del riesgo sísmico de Quito (Ecuador) con el análisis de los sedimentos cuaternarios. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*. 25 (3), p: 359-388.

Jacay J., Maquera E., Alván A. y Tuesta J. (2008) Sedimentología y aspectos de paleosismicidad del relleno sedimentario de la Quebrada Catalina Huanca (Ate-Vitarte). Volumen de Resúmenes Extendidos del XIII Congreso Latinoamericano de Geología y XIV Congreso Peruano de Geología. 5p.

Jacay J. (2012) Aspectos geológicos de paleosismicidad y arqueosismología en el valle fluvio-aluvial del Rímac. Volumen de Resúmenes "Arqueología y Patrimonio de la Cultura Lima", 1p.

Lecarpentier C. et Motti R. (1968) Note sur les Accumulations Quaternaires des Vallées du Chillón, Lurin et de Chilca (Désert côtier Péruvien). *Rev. De Géomorph. Dyn.* XVIII (2), p: 73-82.

Le-Roux, J.P., Tavares, C. and Alayza, F. (2000) sedimentology of the Rimac-Chillon alluvial fan at Lima, Peru, as Related to Plio-Pleistocene sea-level changes, glacial cycles and tectonics. *South America Earth Sciences*. 13: 499-510.

Macharé, J., Sebrier, M., Huaman, D., & Mercier, J., (1986) Tectónica cenozoica de la margen continental peruana, *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* vol. 76: 45-77.

Noble D.C., Wiese J., Zanetti K., Vidal C. & McKee E. (2009) Late Miocene age of "Quaternary" conglomerate and gravel of the coastal plain of central Peru and other evidence bearing on the Neogene evolution of the pacific slope of the Peruvian Andes. In Volumen Especial N° 7, "Victor Benavides Caceres" *Sociedad Geológica del Perú* Lima, p: 89-105.

Sebrier M. y Macharé J. (1980) Observaciones Acerca del Cuaternario de la Costa del Perú Central. *Bull. Inst. Fr. Et. And. T. IX* (1-2), p: 5-22.

Seilacher, A. (1969): Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology*, 13: 155-159

Teves N. (1973) Cuaternario en la Costa Peruana. II Congreso Latinoamericano de Geología. Caracas, t. III, p 1887-1901.

Tricart J., Lecarpentier C., Usselmann P. y Teves N. (1969) Geomorfología de la Gran Lima. Informe Comisión de Aguas Subterráneas Ministerio de Agricultura, Lima.

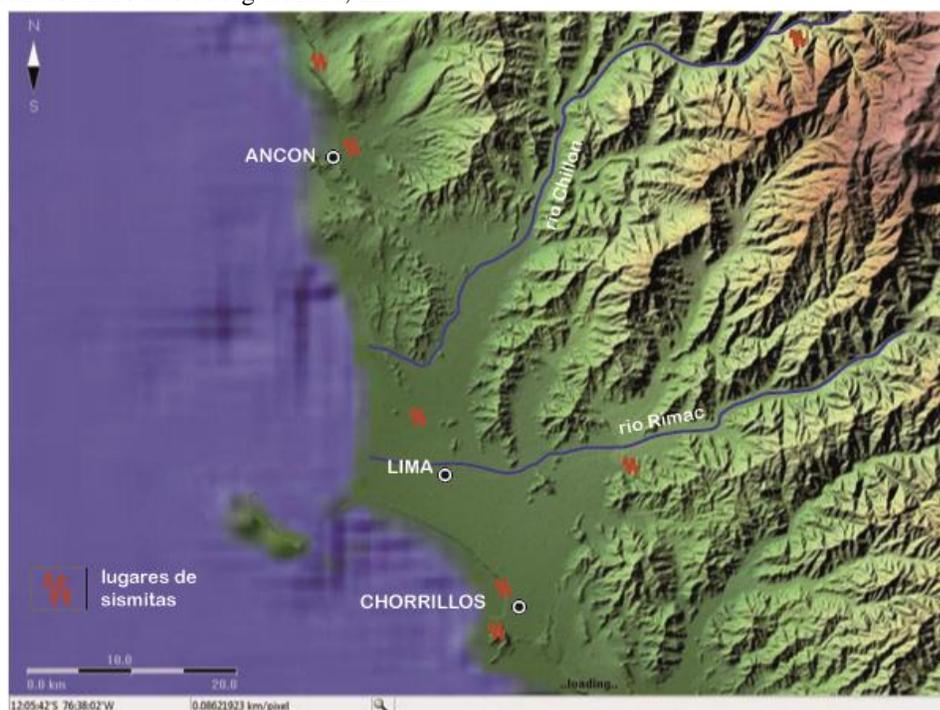


Fig. 1 Ubicación de algunas áreas con presencia de estructuras paleosísmicas tratadas en el presente artículo en el área de Lima.

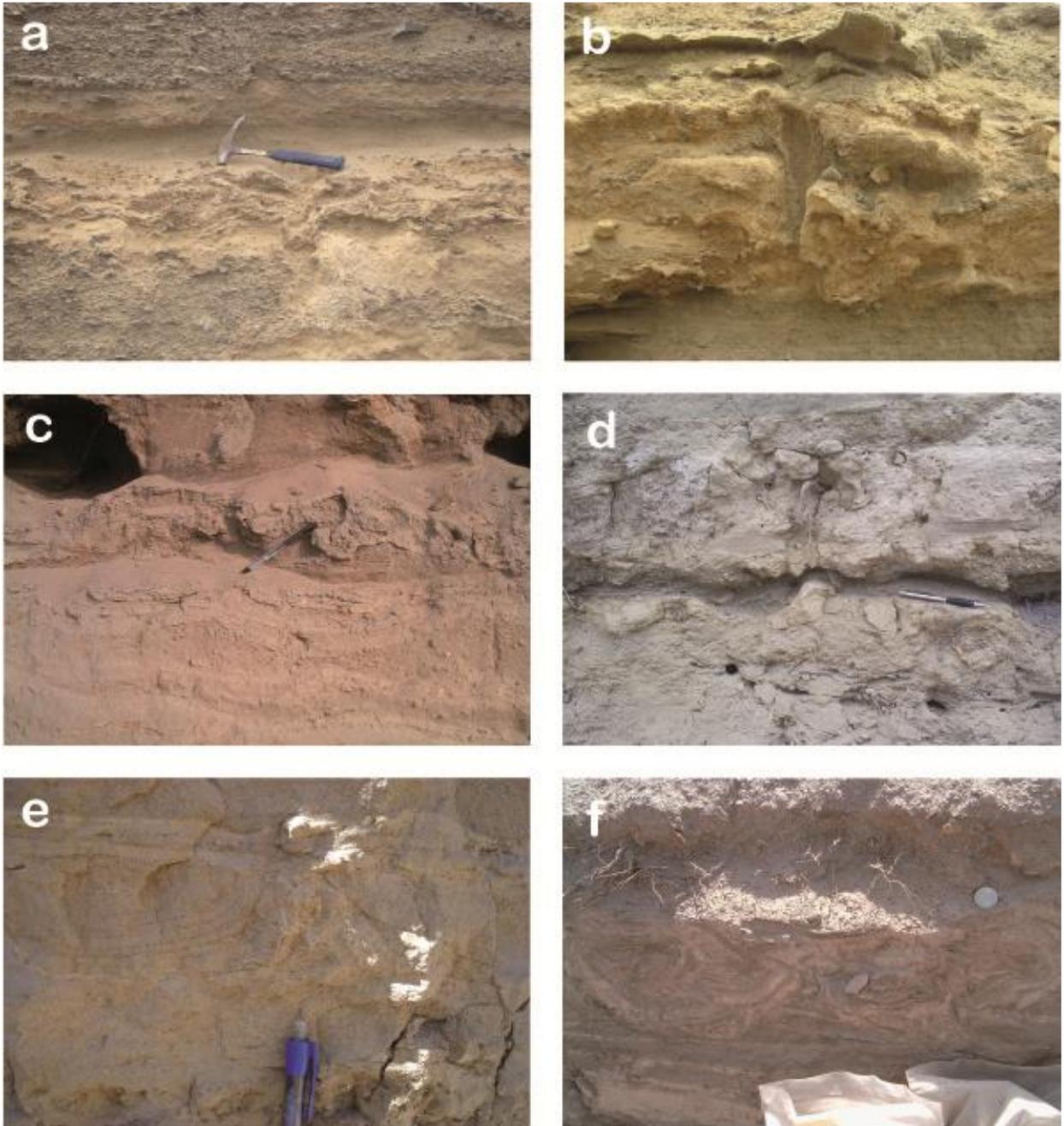


Figura 2.- Ejemplo de figuras por actividad sísmica el área de Lima: **a)** playa la Herradura (Chorrillos), **b)** inyección de arenas y limos en depósitos de arroyada del área de cerro cortado (al sur de Asia), **c)** estructuras de escape con morfología de champiñón con inyección de arenas (panamericana norte, los Olivos), **d)** capas de limos contorneados o pseudonodulos, esquina de Asia ruta a Coayllo, **e)** inyecciones de arena en depósitos limoarcillosos de terraza fluviotorrencial (ruta Santa Rosa de Quives a Arahuary), **f)** capas contorneadas en un nivel de mezcla, en depósitos lacustres (Catalina Huanca).