

Los estudios neotectónicos y paleosísmicos en la mitigación del riesgo sísmico

Franck A. Audemard M.

FUNVISIS, Caracas, Venezuela. e-mail: faudem@internet.ve

El enfoque requerido para evaluar la **amenaza sísmica** en una región varía en función del contexto tectónico o geodinámico preponderante. Para las zonas de subducción del globo, caracterizadas por sismos que se extienden entre la superficie y hasta los 700 km de profundidad, la evaluación de la amenaza sísmica (EAS en castellano o SHA –Seismic Hazard Assessment- en inglés) se sustenta esencialmente en estudios sismológicos, no obstante la limitación temporal que la **sismicidad instrumental** (un siglo de registro, pero sólo confiable en sus últimas décadas) y los estudios de **sismicidad histórica** (en el mejor de los casos, un par de milenios en los países de larga tradición cultural como China e Italia) conllevan intrínsecamente. Como resultado de esta limitación, se ha comenzado recientemente a evaluar estas regiones caracterizadas por subducciones con otros enfoques indirectos, englobados dentro del campo de la **paleosismología**, que pretenden ampliar la ventana de observación de la sismicidad al reciente geológico, entre los que ameritan mención: el estudio de las terrazas marinas levantadas o zonas en subsidencia como consecuencia de movimientos cosísmicos, la evaluación de procesos de paleo-licuación en zonas costaneras y aluviales activas recientes, así como en lagos activos o fósiles de edad pleistocena-holocena y por la evaluación puntual (por trinchera) y regional (relaciones empíricas magnitud de la remoción vs distancia epicentral vs magnitud del sismo) de cualquier tipo de remoción en masa disparada por eventos telúricos ocurridos en el “slab” de subducción. Por el contrario, este enfoque sismológico está sumamente limitado en aquellas regiones del globo donde esté dada algunas de las siguientes condiciones: (a)- los grandes terremotos son de baja recurrencia y su período de retorno es muy superior a la tradición escrita de la región, y obviamente muy superior al registro instrumental; (b)- zonas del globo tectónicamente activas de gran complejidad estructural, donde la sismicidad está distribuida en una franja de deformación, dificultando la asociación sismotectónica de dicha actividad; (c)- algunas fallas geológicamente activas han demostrado que sus grandes terremotos no se rigen por la relación de Gutenberg-Richter (número acumulado de eventos vs magnitud de los mismos). En consecuencia, en estas regiones del globo, caracterizadas por una deformación crustal distribuida y de menor recurrencia, ha sido necesario utilizar un enfoque geomorfológico y geológico con miras a identificar las posibles fallas activas existentes y caracterizar el potencial sismogénico por falla o segmento de falla – expresado en términos de la magnitud máxima probable del eventual evento sísmico a ocurrir sobre una falla y del respectivo período de retorno de dichos sismos-; enfoque que puede ser definido como “Geología sísmica o de fallas activas”, la cual es piedra angular para la “Ingeniería de fallas activas”, cuyo objetivo primordial es la evaluación de la amenaza sísmica.

Partiendo de la base que los accidentes tectónicos activos en una región y su sismicidad asociada son bien conocidos –lo cual se conoce como **asociación sismotectónica-**, la caracterización del potencial sismogénico de dichas fallas activas es de fácil determinación. Estos parámetros constituyen los fundamentos modernos del análisis probabilístico de la amenaza sísmica para una región dada. Sin embargo, el escenario antes descrito es el menos frecuente de todos, para lo cual el enfoque geológico-geomorfológico tiende a resolver las siguientes dificultades encontradas durante la EAS de una región: (1)- la totalidad de los accidentes tectónicos activos es poco a mal conocida, lo cual implica que deben ser descritos por medio de estudios de geomorfología y geología clásica; conjunto de estudios agrupados bajo el término genérico de **neotectónica**; (2)- la región a evaluar es de gran complejidad

estructural y la sismicidad asociada está distribuida en una franja de deformación, dificultando la asociación sismotectónica de dicha actividad; (3) la sismicidad con registro instrumental a nivel mundial es generalmente mucho más corto que el ciclo sísmico característico de una falla; así desconociéndose el período de retorno de los sismos destructores; (4) existen países cuya tradición escrita es muy corta (generalmente < 500 años; aplicable básicamente a los continentes africano, americano y australiano) y la recurrencia de sus grandes terremotos se expresa en términos de varios cientos a miles de años (en ocasiones en decenas de miles de años), haciendo que el estudio de los sismos históricos por la vía documental -disciplina complementaria a la sismicidad instrumental y conocida como sismicidad histórica- sea igualmente insuficiente para establecer uno o varios ciclos sísmicos en una falla o segmento sismogénico de la misma; vacío de información que ha tratado de llenar la paleosismología (el estudio geomorfológico-geológico de las deformaciones o rupturas superficiales cosísmicas y/o de las deformaciones indirectas o efectos inducidos asociados a terremotos pre-históricos); y (5) por último, algunas fallas han demostrado que los grandes terremotos no se rigen por la relación de Gutenberg-Richter, la cual sí es generalmente válida para sismos de magnitud inferior a $M 5,5$. En consecuencia, este enfoque geológico-geomorfológico pretende reconstruir el comportamiento de una falla o de un segmento de la misma en la ocurrencia de un terremoto; lo cual constituye uno de los objetivos primordiales del campo de la sismotectónica. No obstante, este enfoque aparenta presentar una gran limitación: las fallas activas deben afectar la superficie (trazas superficiales) y generar ruptura de superficie cosísmica. Entonces, la mejor forma de comprender el comportamiento sismogénico de una falla es estudiar los sismos contemporáneos producidos por fallas con rupturas de superficie cosísmicas; ocasión en la cual, además de establecerse la asociación sismotectónica del evento telúrico con un segmento particular de la falla en cuestión (en función de la posición relativa y longitud de la ruptura de superficie con respecto a la traza activa total de la falla activa), se obtiene información sobre: el estilo estructural de la falla, la cinemática de la falla, la tasa de desplazamiento de la misma, la deformación cosísmica asociada a cada sismo y su distribución a lo largo de la ruptura de superficie. La evaluación paleosismológica por el intermedio de excavación de trincheras pretende dar, adicional a la información sobre los aspectos antes mencionados, una visión más global sobre uno o varios ciclos sísmicos de una falla o segmento de falla (es decir, su historia sísmica más allá de las ventanas de observación de la sismicidad instrumental e histórica sumadas), lo cual permite establecer su peligrosidad sísmica, la ocurrencia del último evento y el tiempo faltante para la ocurrencia del próximo con características similares. En el caso de fallas crustales pero sin expresión superficial directa, la evaluación paleosísmica se aplica a través de las mismas técnicas que para las zonas de subducción que esencialmente tratan de analizar las deformaciones indirectas asociadas a los sismos que modifican, tanto por levantamiento como por hundimiento, la topografía o la morfología del paisaje; así como estudiando los efectos inducidos por la sismicidad (licuación de suelos y remoción en masa), los cuales también deben ser estudiados durante los sismos contemporáneos para así comprender su ocurrencia y extrapolarlos al pasado. Los estudios paleosísmicos sobre los efectos indirectos no se contentan con el análisis por trincheras y buscan soporte en otras técnicas: toma de núcleos continuos, sísmica de reflexión somera, sonar, análisis detallado cualitativo y cuantitativo de geoformas, entre otras.

Vista la contribución de la geología a la **macrozonificación sísmica**, la geología a través del enfoque geotécnico, ampliamente apoyado por la geofísica aplicada, permite además evaluar y caracterizar los efectos de sitio (amplificación o reducción de la señal sísmica, efecto topográfico, etc.) como los inducidos (licuación de suelos y remoción en masa) ligados a los eventos sísmicos de magnitud moderada a grande, conllevando a una mejor identificación de las condiciones geológicas locales y a una mejor caracterización de la respuesta del suelo a la señal sísmica (**microzonificación sísmica**).