

Investigación Científica y Movimientos Sísmicos

Edmundo Norabuena O.

presentado en el Coloquio:

Ciencia y Sociedad: “Desastres naturales”; Investigación Científica y Marco Institucional de Acción

22 de marzo de 2018 - Biblioteca Nacional del Perú
CONCYTEC

La Tierra, desde su formación cósmica hace más de 4500 millones de años, está sujeto a procesos internos dinámicos que modifican continuamente su forma y relieve. Como referencia, en el calendario cósmico confinado a 12 meses, el hombre ocupa solo los últimos segundos del 31 de Diciembre y en este marco los movimientos sísmicos y erupciones volcánicas son eventos naturales y no como frecuentemente la población los califica, fenómenos naturales, Figura 1. Por lo tanto, corresponde al ser humano usar el conocimiento científico para adaptarse al entorno reduciendo sus impactos sociales y económicos al mínimo.

En este contexto, la investigación científica busca de manera permanente ampliar conocimiento sobre los mecanismos que generan estos eventos geofísicos extremos e identificar potenciales indicadores físicos que anticipen su ocurrencia.



Figura 1. Calendario cósmico, C. Sagan, 1977.
(tierra.rediris.es/merge/Carl_Sagan/calendario.jpg)

El Perú y la Tectónica de Placas

El conocimiento científico acumulado hasta la fecha establece que la superficie terrestre está conformada por un mosaico de bloques rígidos denominadas Placas Tectónicas que interactúan entre si convergiendo o transcurriendo una respecto a la otra de manera constante. Esta dinámica produce deformación elástica en la zona de contacto que se

acumula lentamente en el tiempo hasta que los esfuerzos generados excedan la rigidez de la zona de contacto y producen su ruptura generando ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones. Este proceso dinámico que se repite en espacio y es recurrente en el tiempo a escala de décadas o centenas de años recibe el nombre de Ciclo Sísmico y se caracteriza en tres fases: inter-sísmica (acumulación de energía), co-sísmica (liberación de energía) y post-sísmica (recuperación del equilibrio), Figura 3.

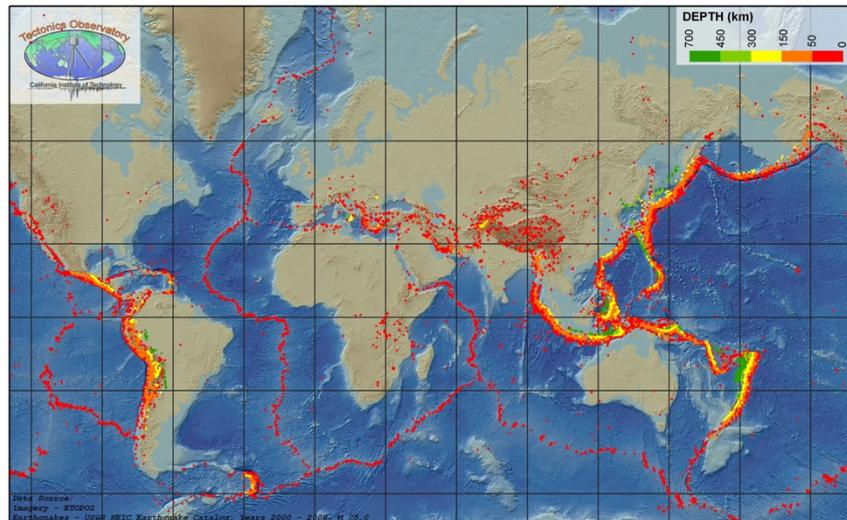


Figura 2. Sísmicidad y Placas Tectónicas.

En este marco, el Perú se encuentra localizado sobre el extremo occidental de la Placa Sudamericana cuya convergencia con la Placa Nazca es causa de todos los mega-sismos que desde tiempos históricos han afectado y afectaran las poblaciones costeras de nuestro país, así como como las de Colombia, Ecuador y Chile.

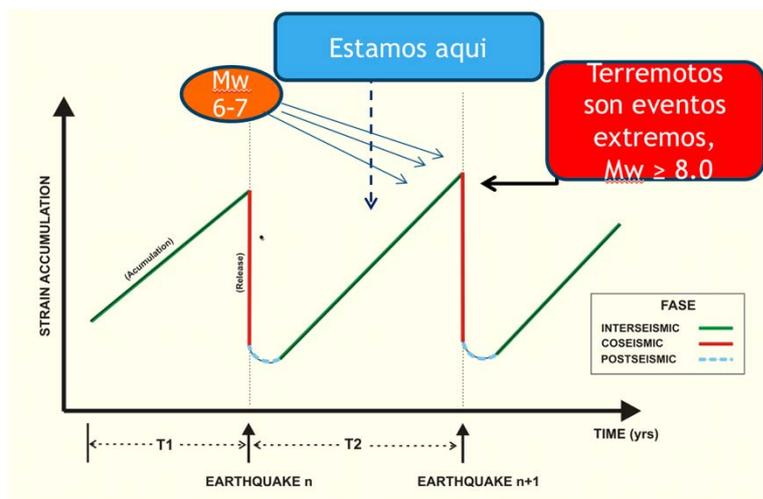


Figura 3. Esquema que representa el proceso recurrente de las fases del ciclo sísmico. El segmento verde (fase inter-sísmica) corresponde al periodo de acumulación de energía (décadas a centenas de años) al final del cual ocurre el sismo y la energía es liberada súbitamente en pocos segundos, segmento rojo (fase co-sísmica). Finalmente, el segmento celeste representa el tiempo de reajuste de la corteza a la perturbación causada por el sismo.

El avance de la tecnología espacial ha permitido implementar diferentes Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS) llamados entre otros GPS, GLONAS, BEIDOU y GALILEO. Estos sistemas son constelaciones de satélites que orbitan la Tierra a diferentes elevaciones y transmiten señales electromagnéticas cuya recepción por receptores especiales permite localizar las coordenadas geográficas de cualquier punto sobre la superficie terrestre. Esta funcionalidad permite a los científicos actualmente estimar con precisión la tasa anual de desplazamiento de bloques tectónicos inferida de la variación espacial y temporal de puntos de control apropiadamente distribuidos en la región de estudio.

En 1994, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y la *Carnegie Institution of Washington (CIW)* iniciaron las primeras mediciones GPS en el Perú con las que en 1998 obtienen el primer patrón de deformación inter-sísmica de los Andes centrales de Perú y Bolivia, Figura 4. A partir del 2001, el IGP inicia un programa de caracterización del ciclo sísmico en la región Lima mediante observaciones GPS inter-anales lo que ha permitido estimar el potencial sísmico frente a Lima como un sismo de magnitud 8.6 Mw sin descartarse la posibilidad de cisnes negros como lo ocurridos en el terremoto de Japón del 2011, Figura 5.

Por otro lado, el segmento Moquegua-Tacna-Arica, considerados zona de silencio sísmico desde el terremoto de Arica de 1868, se viene monitoreando de manera continua en colaboración con el *Instituto Tecnológico de California (Caltech)* y el *Instituto de Ciencias de la Tierra (ISTerre-Grenoble)*. El objetivo es monitorear de manera continua la deformación acumulada en los segmentos mencionados y a partir de ella estimar la magnitud probable del próximo evento extremo a producirse al final de su ciclo sísmico.

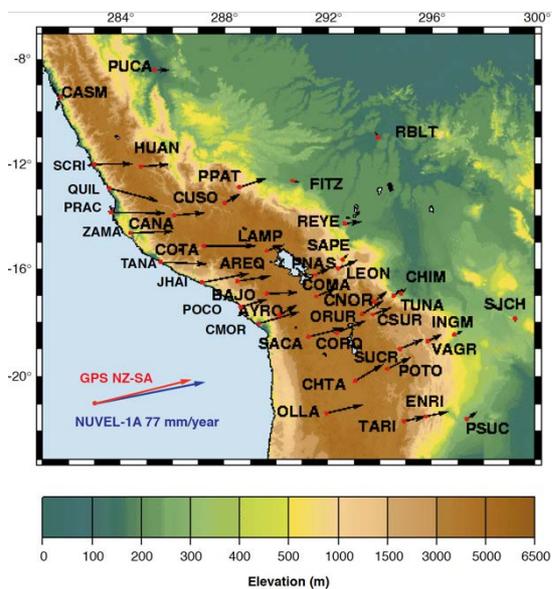


Figura 4. Campo de deformación horizontal de los Andes Centrales (Norabuena et al, 1998)

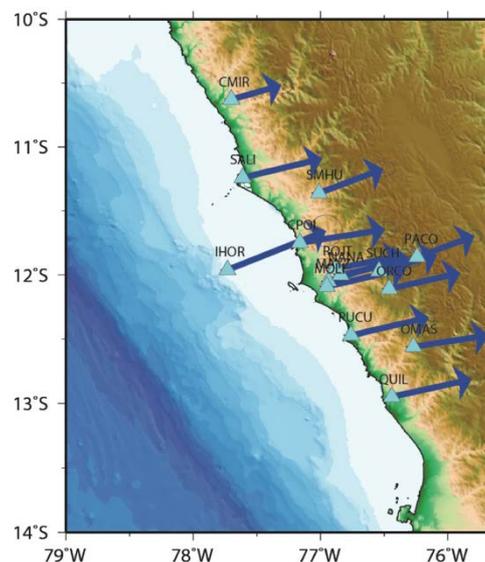


Figura 5. Campo de deformación horizontal de la Región Lima, 2001- 2010.

Por otro lado, mediciones GPS efectuadas después de los terremotos de Arequipa 2001 y Pisco 2007 han permitido documentar la fase final del ciclo sísmico en estas regiones y los máximos desplazamientos horizontales producidos; 1 m y 1.8 m respectivamente al momento del sismo. Recientemente, las investigaciones sobre el ciclo sísmico en el Perú se han

extendido a monitorear las principales fallas geológicas del territorio nacional que en el pasado reciente han sido fuente de movimientos sísmicos importantes. Entre estas figuran la Falla de la Cordillera Blanca (Región Ancash), la Falla Huaytapallana (Región Junín), la Falla Tambomachay (Región Cusco) y Falla de Alto Mayo (Región San Martín) entre otras.

Movimientos Sísmicos y Sistemas de Alarma Temprana

Los movimientos sísmicos que ocurren a nivel nacional, Figura 6, son registrados por la Red Geofísica Nacional que gestiona el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y está compuesta por la Red Sísmica Nacional, Figura 7, la Red Acelerométrica Nacional, la Red de Monitoreo de Deformación y la Red de Monitoreo Volcánico. Estas redes cumplen las funciones de: detección y ubicación de sismos, estimación del nivel de sacudimiento del suelo, estado del ciclo sísmico y evaluación del potencial eruptivo de volcanes respectivamente.

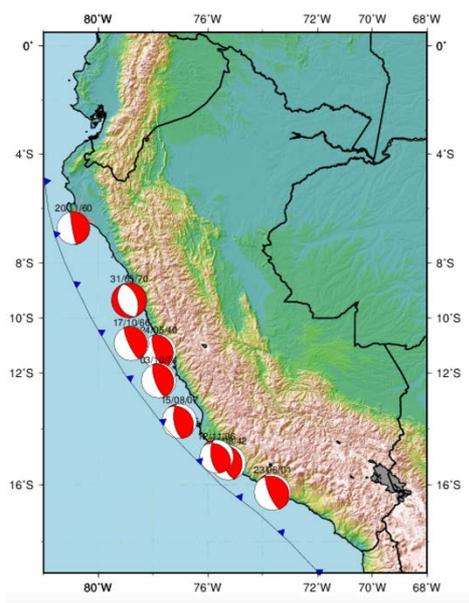


Figura 6. Los grandes terremotos o mega sismos ocurridos desde el siglo XX.

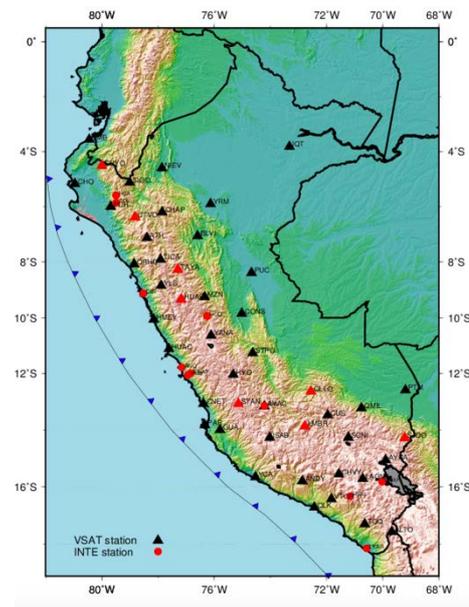


Figura 7. Red Sísmica Nacional, con 60 estaciones y transmisión en tiempo real.

La información generada por estas redes es de vital importancia para la atención de los desastres por sismo y actualmente están siendo complementada con la implementación de un sistema de alarma sísmico nacional. Este sistema busca generar una señal de alarma con tiempo de anticipación máximo de 24 segundos antes que la segunda onda sísmica (S), de mayor potencial destructivo que la onda P, llegue a la costa. Se entiende que el tiempo de anticipación es directamente proporcional a la ubicación del sismo con respecto a la costa, pudiendo en algunos casos coincidir la llegada de la señal de alarma con la de la onda S quedando sin efecto la alarma. En la actualidad el sistema de alarma sísmico está en su primera fase de implementación correspondiente a la Región Lima, Figura 8, y luego se extenderá hacia las regiones de Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna.

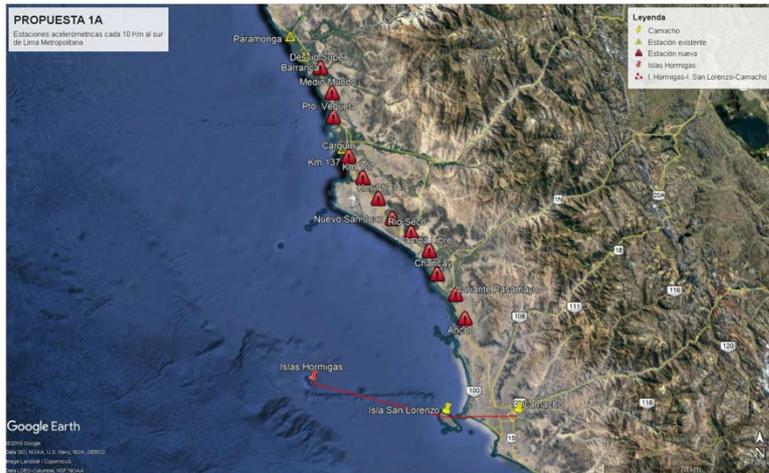


Figura 8. Sistema de alarma sísmica para la Región Lima (Fase I). Se compone de una estación sísmica en la Isla Hormigas de Afuera a 60 km de la costa. La información registrada será transmitida hasta el IGP mediante telemetría digital vía enlace Isla San Lorenzo.

Podemos resumir que el objetivo de la ciencia e ingeniería con respecto a los eventos sísmicos extremos es traducir el conocimiento científico del riesgo existente en zonas vulnerables en sistemas de alarma temprana, así como en construcciones seguras que reduzcan el impacto social y económico de los mismos.