

Características Espacio - Tiempo de la sismicidad superficial en la region sur de Perú durante el período de 1976 a 2005

Characteristics Space – Time of the superficial seismicity in the South region of Peru during the period from 1976 to 2005

Víctor Aguilar Puruhuaya¹, Roberto Kosaka Masuno²

<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2006.v6.07>

RESUMEN

En este estudio se analiza las características a fin de identificar la presencia de asperezas y/o agrupamientos de sismos a partir de la distribución espacio tiempo de sismicidad superficial en la región Sur de Perú, entre las coordenadas 13°-19° Sur y 69°-78° Oeste, en un periodo de 1976 a 2005, ($M_b > 4,5$), la información a utilizada es del catalogo (NEIC). Los terremotos se producen sobre la superficie de contacto de placas, la misma que presenta una longitud del orden de 2 000 km en el borde occidental de Perú, y que para producir sismos debe comprometer áreas pequeñas de 200 km en el caso de sismos con magnitudes de 7,0M y áreas menores para sismos de pequeña magnitud. La acumulación de sismos en dichas áreas puede ser explicada con el modelo de Asperezas, el mismo que está basado en la idea de los gaps o lagunas sísmicas presentes en las zonas de subducción y fue desarrollado por Kanamori (1981). En estas zonas, los terremotos grandes tienden a repetirse en el mismo lugar después de un determinado periodo de tiempo. Los esfuerzos iniciales no son homogéneos, debido al hecho de que han habido terremotos antes del sismo actual y los esfuerzos han sido liberados. El nuevo terremoto comienza donde no han habido terremotos con anterioridad y en donde hay fuerte acumulación de esfuerzos. El análisis de la distribución espacial de la sismicidad superficial ha permitido identificar la presencia de asperezas con diferentes dimensiones y longitudes, todas ellas ubicadas entre los sismos ocurridos en los años 1996 y 2001. En estas áreas ocurrieron sismos en el pasado; por lo tanto, ellos ocurrirán en el futuro y posiblemente tengan las mismas características en cuanto a la ubicación hipocentral y tamaño (magnitud). La historia sísmica indica que en la región Sur del Perú los sismos de magnitud elevada que produjeron longitudes de ruptura del orden de 300–500 Km. Como el terremoto de 1868 ($M_w 9,0$), el mayor ocurrido en esta zona, no se ha repetido desde hace 138 años, de ahí que dicha región sea identificada como la mayor zona de laguna sísmica con una área de ruptura del orden 500, la misma que se vio afectada parcialmente por el terremoto del 2001 con una área de ruptura de 370 Km. Los resultados obtenidos en este estudio, son un ejemplo de la importante deformación superficial presente en áreas pequeñas, las mismas que producen sismos de magnitud moderada con la consecuente ocurrencia de un número importante de réplicas durante periodos de tiempo muy cortos.

ABSTRACT

In this study the characteristics are analyzed in order to identify the presence of harshness and / or groups of earthquakes from the distribution space time

1. Instituto Geofísico, UNSA
2. Universidad Alas Peruanas

of superficial seismicity in the South region of Peru between the coordinates 13° - 19° South and 69° - 78° West in a period from 1976 to 2005 ($M_b > 4.5$), the used information is from the catalogue (NEIC). The earthquakes take place on the surface of contact plates, the same one that presents a length of the order of 200 km in the western edge of Peru, and that to produce earthquakes must jeopardize smaller areas of 200 km, in the case of earthquakes with magnitudes 7, 0M and smaller areas for earthquakes of small magnitude. The accumulation of earthquakes in these areas can be explained with the model of Harshness, the same one that is based in the ideas of gaps or seismic lagoons in the zone of subduction and which was developed by Kanamori (1981). In these areas, the great earthquakes tend to repeat in the same place after of a certain period of time. The initial effort is not homogeneous, due to the fact that there have been earthquakes before the present earthquakes and the efforts have been released. The new earthquake begins where there have been earthquakes previously and in where there is a strong accumulation of efforts. The analysis of the space distribution of the superficial seismicity has allowed to identify the presence of harshness with different dimensions and longitudes. All of them locates between the earthquakes happened in 1996 and 2001. In these areas earthquakes happened in the past, therefore all of them will happen in the future and possibly they have the same characteristics as far as the hypocentral location and size (magnitude). Seismic history indicates that in the South region of Peru the earthquakes of high magnitude that produced lengths of rupture of the order of 300-500 km, like the earthquake of 1868 ($M_W 9.0$) the greater happened in this zone. It has not been repeated for 138 years, from that this region is identify like the greater zone of seismic lagoon with an area of rupture of 500, the same that was affected partially by the earthquake of 2001 with an area of rupture of 370 km. The results obtained in this study are an example of the important superficial deformation present in small areas, the same one that produce earthquakes of moderate magnitude with the consequent occurrence of an important number of replicas during periods of very short time.

INTRODUCCIÓN

La actividad sísmica de Perú tiene su origen en el proceso de subducción de la placa de Nasca bajo la Sudamericana, presente de norte a sur en su borde occidental, con una velocidad promedio del orden 7-8 cm/año (DeMets et al¹); (Norabuena et al²). Este proceso es responsable de la ocurrencia de los sismos de mayor magnitud que se hayan producido frente a la línea de costa (Dorbath et al³); (Tavera y Buforn⁴), todos asociados al contacto sismogénico interplaca. Estos sismos son frecuentes en el tiempo y en un año es posible registrar la ocurrencia de hasta 60 sismos con magnitudes $m_b > 4,5$ y en general, todos

sentidos en las localidades cercanas a la línea de costa.

Estos terremotos se producen sobre la superficie de contacto de placas, la misma que presenta una longitud del orden de 2 000 km en el borde occidental de Perú, y que para generar sismos debe hacerlo comprometiendo áreas pequeñas, del 200 km en el caso de sismos con magnitudes de 7,0M y áreas menores para sismos de pequeña magnitud. La acumulación de sismos en dichas áreas puede ser explicada con el modelo de Asperezas, el mismo que esta basado en la idea de los gaps o lagunas sísmicas presentes

en las zonas de subducción y fue desarrollado por Kanamori⁵. En estas zonas, los terremotos grandes tienden a repetirse en el mismo lugar después de un determinado periodo de tiempo. En este modelo, se supone la existencia de una gran falla en donde hay zonas rotas y otras no (superficie de contacto de placas). Los esfuerzos iniciales no son homogéneos, debido al hecho de que ha habido terremotos antes del sismo actual y los esfuerzos han sido liberados. El nuevo terremoto comienza donde no ha habido terremotos con anterioridad y

Datos utilizados

En este estudio se ha utilizado el Catálogo de National Earthquake Information Center (NEIC⁵), con 696 sismos de foco superficial ($h < 70$ km.) y magnitud mínima de 4.5 Mb. La restricción de datos, es cuando a su nivel máximo de profundidad debido a que se estima que a la profundidad de 60 Km. se encuentra el límite de contacto entre las superficies de las placas de Nasca y Sudame-

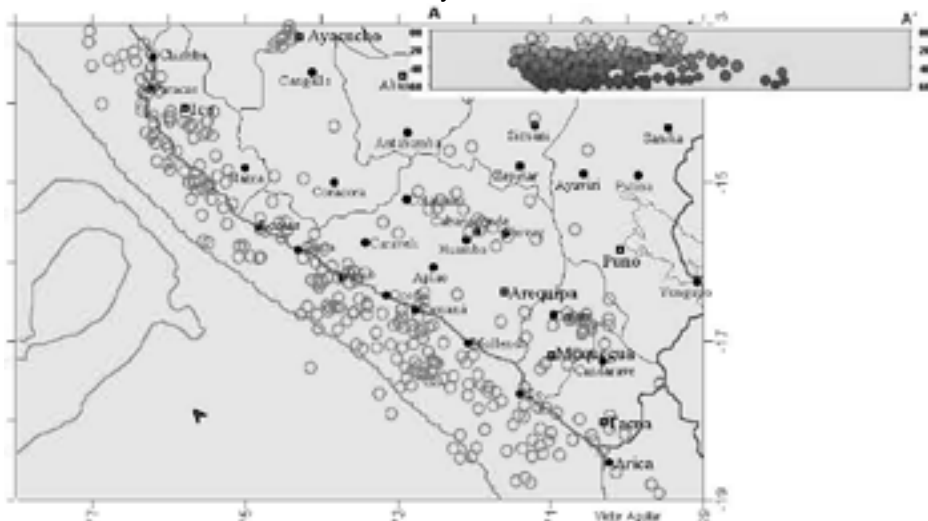


Figura 1.- Sísmicidad superficial ($h < 70$) presente en la región Sur del Perú, periodo 1976-2005 ($M_b > 4.5$) según el Catálogo Sísmico de National Earthquake Information Center (NEIC). En la parte superior derecha perfil A-A

en donde hay fuerte acumulación de esfuerzos.

El objetivo de este estudio consiste en identificar la presencia de asperezas y/o agrupamientos de sismos a partir de la distribución espacio tiempo de sísmicidad superficial ocurrido en el Sur del Perú entre las coordenadas 13° - 19° Sur y 69° - 78° Oeste. Figura 1.

ricana dentro del proceso de subducción (Heras⁶). Se eliminó sismos menores a 4,5 Mb de magnitud, porque al no ser registrados en un gran numero de las estaciones de la red mundial, sus parámetros hipocentrales no son de buena calidad. Asimismo, se procedió a eliminar las réplicas de sismos grandes asumiendo una distribución temporal de 20 días.

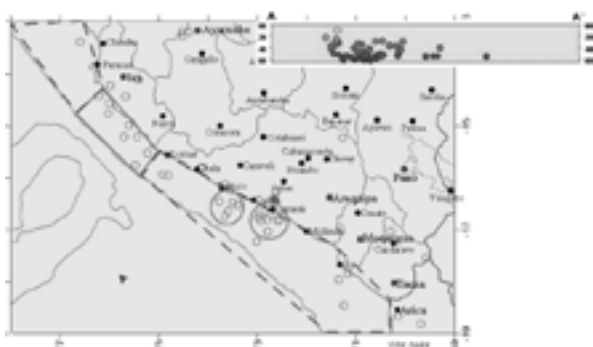


Figura 2a. Sísmicidad superficial periodo 1976 - 1980 ($M_b > 4.5$), estrella verde epicentro terremoto de 1979. Perfil A-A

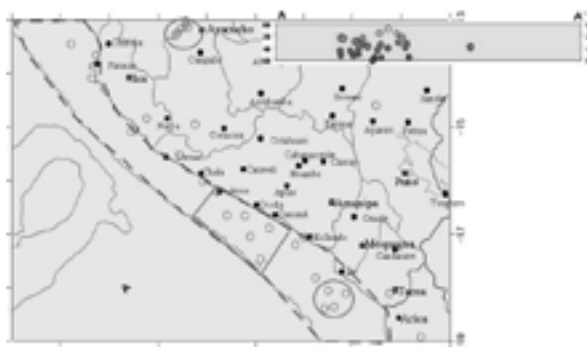


Figura 2b. Sísmicidad superficial periodo 1981 - 1985 ($M_b > 4.5$). Perfil A-A



Figura 2c. Sismicidad superficial período 1985 - 1986 (Mb> 4,5). Perfil A-A

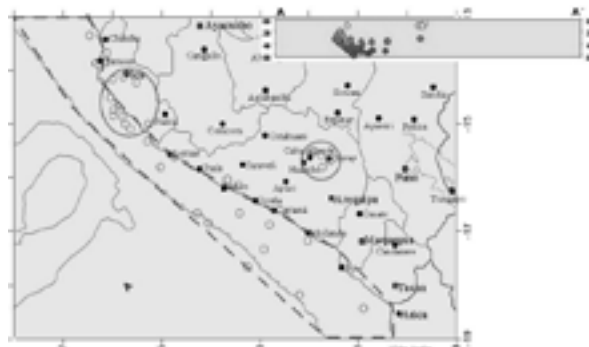


Figura 2d. Sismicidad superficial período 2001-2005 (Mb> 4,5). Perfil A-A

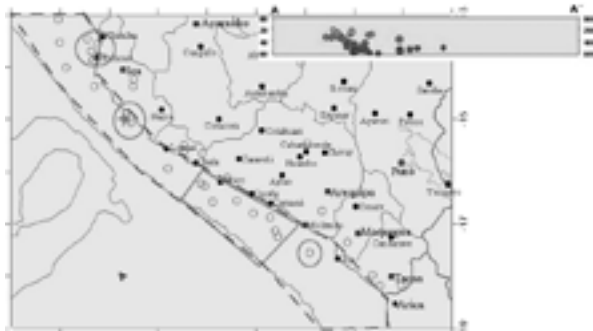


Figura 2e. Sismicidad superficial período 1996 - 2000 (Mb> 4,5), estrella verde epicentro terremoto de 1996 de Nasca. Perfil A-A

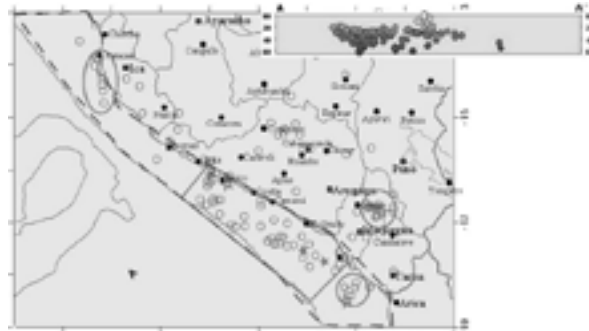


Figura 2a. Sismicidad superficial período 2001 - 2005 (Mb> 4,5), estrellas verdes epicentros de terremotos de 1868 y 2001 y estrellas azules réplicas del terremoto 2001. Perfil A-A

El análisis de la sismicidad se hace sobre mapas de distribución espacial para el periodo de 1976 – 2005. El análisis mejora al analizar la distribución de los sismos en función del espacio-tiempo en mapas con periodos de 5 años. Figura 2.

RESULTADOS

Según la Figura 1, la mayor concentración de sismos se encuentra entre la fosa y la línea de costa; mientras que en el interior, la sismicidad disminuye considerablemente, aunque existen ciertos agrupamientos que podrían estar asociados a la presencia de algunas fallas geológicas.

En la Figura 2a, se muestra la actividad sísmica para el periodo 1976 – 1980: existen concentraciones de sismos entre las latitudes $-14,5^{\circ}$ a -16° y otros frente a la localidad de Camaná y Ocoña, cercanos al epicentro del sismo de magnitud 6,8M ocurrido en el año 1979 (estrella). Se observa disminución de la actividad sísmica entre la fosa y la línea de costa en las latitudes -13° a -19° .

En la Figura 2b, se muestra la actividad sísmica periodo 1981 – 1985: los sismos muestran concentraciones entre las latitudes -16° a $-17,5^{\circ}$ y otros al SO de Ilo y al Oeste de Ayacucho. Se observa que no hay actividad sísmica entre la fosa y la línea de costa en las latitudes -13° a -19° ; probablemente se esté acumulando energía para un próximo sismo mayor.

En la Figura 2c, actividad sísmica periodo 1986 – 1990: sobresalen cuatro agrupamientos de sismos, uno frente a la ciudad de Nasca y tres frente a Mollendo, Ilo y al Oeste de la ciudad de Tacna. Se observa ausencia de sismos entre la fosa y la línea de costa en las latitudes -13° a -19° ; probablemente se esté acumulando energía para un próximo sismo mayor.

En la Figura 2d, actividad sísmica periodo 1991 – 1995: se identifica la presencia de un agrupamiento de sismos entre las latitudes $-14,5^{\circ}$ a $-15,5^{\circ}$ y otro en el continente cerca de la localidad del Colca (sismos Maca 1991 y Sepina 1992). Se observa disminución de sismos entre la fosa y la línea de costa en las latitudes -13° a -19° ; pro-

bablemente se este acumulando energía para un próximo sismo mayor.

En la Figura 2e, actividad sísmica periodo 1996 – 2000: existe acumulación de sismos entre las latitudes -16° a $-17,5^{\circ}$ y otro al SO de Chincha. Otra acumulación de sismos está presente cerca al epicentro del sismo de Nasca de 1996 (Mw 7,7; estrella verde) y al SO de Mollendo. Se observa ausencia de sismos entre la fosa y la línea de costa en las latitudes -13° a -19° .

En la Figura 2f, actividad sísmica periodo 2001 – 2005 existen concentraciones de sismos entre las latitudes -16° a -18° asociado al sismo del 23 de junio del 2001 (Mw=8,2); Un agrupamiento de sismos al Oeste de la ciudad de Tacna; otro en el interior del continente por la reactivación del sistema de fallas presentes en Moquegua. También se visualiza un alineamiento de sismos al Oeste de Ica. Se observa disminución de la actividad sísmica entre la fosa y la línea de costa en las latitudes -13° a -16° y -18° a -19° . Con estrellas verdes la ubicación de los terremotos de 1868 y 2001 y réplicas mayores estrellas de color azul.

CONCLUSIONES

El análisis de la distribución espacial de la sismicidad superficial ha permitido identificar la presencia de asperezas con diferentes dimensiones y longitudes, todas ellas ubicadas entre los sismos ocurridos en los años 2001 y 1996. En estas áreas ocurrieron sismos en el pasado; por lo tanto, ellos ocurrirán en el futuro y posiblemente tengan las mismas características en cuanto a la ubicación hipocentral y tamaño (magnitud). La historia sísmica indica que en la región Sur del Perú los sismos de magnitud elevada produjeron longitudes de ruptura del orden de 300–500 Km. Así, el terremoto de 1868 (Mw 9,0), el mayor ocurrido en esta zona, no se ha repetido desde hace 138 años, de ahí que dicha región sea identificada como la mayor zona de laguna sísmica con una área de ruptura del orden 500, la misma que se vio

afectada parcialmente por el terremoto del 2001 con una área de ruptura de 370 Km. Actualmente, no existe un método o técnica que permita predecir con exactitud el lugar, tamaño y la fecha en que va ocurrir un sismo en una determina región, debido a que cada sismo presenta características físicas y tectónicas particulares y además, muy complejas en su origen, por lo que lo hacen diferente a otros sismos.

Los resultados obtenidos en este estudio, son un ejemplo de la importante deformación superficial presente en áreas pequeñas, las mismas que producen sismos de magnitud moderada con la consecuente ocurrencia de un número importante de réplicas durante periodos de tiempo muy cortos.

Desde el año de 1976 se observa disminución de actividad sísmica de 13° a 16° Latitud Sur y sucede el terremoto de Nasca 1996. La ausencia de actividad sísmica desde el año de 1976, de 16° a 19° Latitud Sur y en donde comienza acumular energía y es liberada en el terremoto del 2001, se observa en las Figuras 2a, 2b, 2c, 2d y 2e y un agrupamiento de sismos al SW de las localidad de Mollendo, en los años 1997 y 2000 de magnitud moderada, antes del terremoto, Figura 2e.

A fin de analizar la distribución de los sismos en función a la profundidad de sus focos, se ha elaborado secciones verticales para cada periodo de tiempo, según la línea A-A'. Estas secciones son perpendiculares a la fosa. Durante el periodo de 1976 a 2005, la sismicidad en la región se distribuye en profundidad siguiendo una línea con pendiente próxima a 30° hasta una profundidad de 60 Km. aproximadamente, muy similar a los patrones de sismicidad observado por otros autores (Tavera 1998).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DeMets et al.. Current plate motions.

- Geophys. J. Int. 1990, 101, 425-478.
2. Norabuena et al.. Deceleration Nazca-South America and Nazca-Pacific plate motions., Geophys. Res. Lett. 1999, 26, 3405-3408.
3. Dorbath et al.. Assessment in the size of large and great historical earthquake in Peru. Bull. Seism. Soc. Am. 1990, 80, 551-576.
4. CNDG. El Terremoto de la región Sur del Perú del 23 de junio. H Tavera (Editor) Instituto Geofísico del Perú, 2002, 422 pag.
5. Catálogo de National Earthquake Information Center (NEIC) (1976 - 2005).
6. Kanamori H.- The nature of seismology patterns before large earthquake, In Earthquake Predictionan International Review; Maurice Ewing Ser., Ed. D.W., Simpsn P. G. Richards, 1981, 4, 1-19, Washintong D.G. Am. Gefhys. Union.
7. Heras H.- Análisis de la distribución del valor de "b" en la zona de subducción de Perú. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín – Arequipa 2002.