



Los sismos de Baeza de Octubre de 2007

Introducción

La región nororiental del Ecuador, es uno de los sectores que en el pasado han presentado sismos de carácter destructivo. Este es el caso de los sismos del 5 de marzo de 1987 (eventos de magnitud M_s 6.1 y 6.9). El evento principal de 6.9 grados, se localizó en $0.08^\circ S$, $77.84^\circ W$ a una profundidad de 12 km (Espinosa et al., 2000), y la intensidad máxima fue de IX en la escala MSK. Este evento generó daños de importancia en las provincias de Napo, Sucumbios, Imbabura, Pichincha y Carchi. A causa de este sismo se produjeron gran cantidad de deslizamientos y flujos de lodo que provocaron la ruptura, en varios tramos del Oleoducto Transecuatoriano, causando cuantiosas pérdidas económicas para el país. Se debe notar que el epicentro de este terremoto se encuentra a más de 50 km al NNE de la población de Baeza.

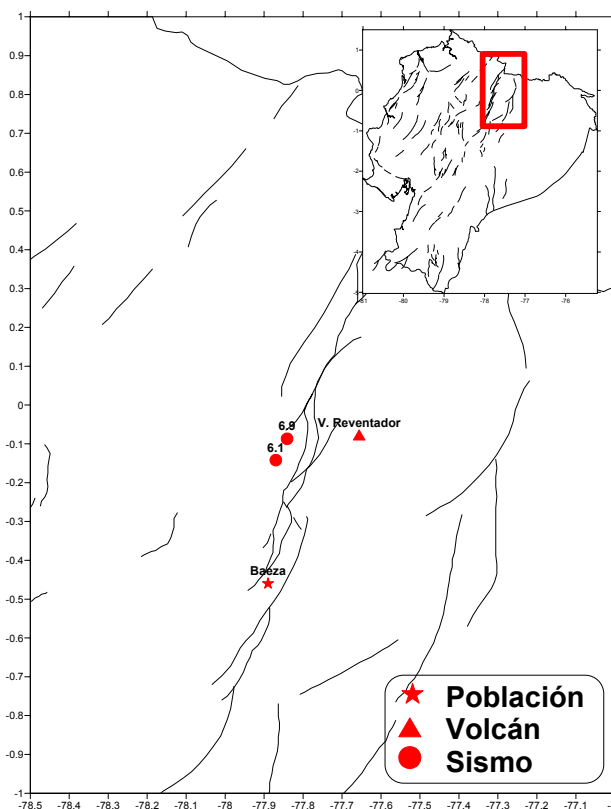


Figura 1. Ubicación de los eventos de marzo de 1987, según los datos del IG-EPN

En los últimos años, se registraron 2 eventos de menor magnitud en el sector: el primero ocurrió el 8 de enero de 2004 a las 00h03 (GMT) o 7 de enero a las 19h03 (TL), a unos 3.8 km al NO de Baeza (Fig. 2). El evento tuvo una magnitud $m_b=4.5$ grados en la escala de Richter. Por ser superficial, 8.5 km de profundidad, fue sentido con fuerza y causó alarma en la zona. Este evento causó además cuarteamiento de pocas paredes en San Francisco de Borja. La intensidad estimada en la zona epicentral fue de V-VI en la escala de Mercalli y en Quito, dónde también fue sentido, sobre todo en los edificios altos, se estimó una intensidad de II grados en la escala de Mercalli. Las réplicas de este evento se registraron hasta el 12 de enero, totalizando 134. Algunas de estas réplicas, sobre todo las que tuvieron lugar en horas que siguieron al evento principal, fueron sentidas en los sectores cercanos al epicentro.



Otro sismo, de magnitud ($m_b=4.8$ grados) se presentó el 24 de octubre de 2005, a las 17h35 (GMT) o 12h35 (TL). Este sismo se localizó a unos 2.4 km al S de la población de Baeza y fue también de carácter superficial. El evento causó cuarteamiento de paredes y rotura de vidrios en la población de Baeza y fue sentido en las provincias de Napo, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. Asociado a este sismo se registraron 10 réplicas que fueron sentidas cerca a la zona epicentral (IG-EPN, 2006).

Sismos de Baeza de octubre de 2007

Desde el día 26 de octubre de 2007, se observa un incremento de la actividad sísmica en el sector de Baeza. Esta actividad muestra un sismo principal a las 15h38 (TL) de ese día, cuya magnitud m_b es de 4.3 y se ubicó a unos 12.7 km al SO de Baeza. El sismo fue sentido fuertemente en la población de Baeza, aunque no causó ningún tipo de desgracias personales o materiales. El movimiento además de ser sentido en la Provincia de Napo, fue sentido levemente en Pichincha según los reportes recibidos. Este evento fue seguido por una serie de réplicas de menor magnitud que fueron disminuyendo en número con el paso de las horas.

El día 27, se registró otro evento considerado como principal, de una serie de eventos que se localizan alrededor de 13 km al SO de la población de Baeza y 73 km al SE de Quito, en las estribaciones orientales de la Cordillera Real. La localización y magnitud calculadas por el Instituto Geofísico para este sismo son las siguientes (Figura 2):

Lat.: 0.57°S
Long.: 77.95°W
Prof.: 10.97 km
Mag.(m_b): 4.7

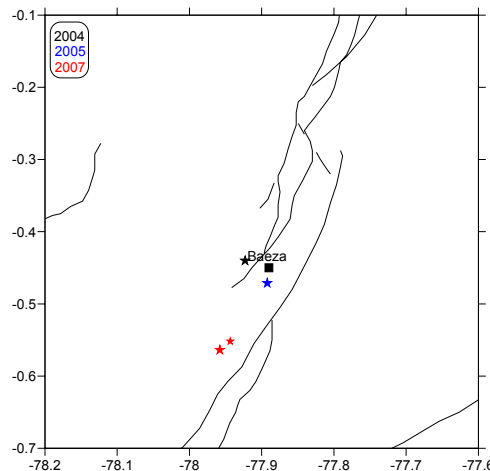


Figura 2. Sismos registrados en los últimos años.

Para el mismo evento el NEIC (National Earthquake Information Center) del Servicio Geológico de los Estados Unidos da los siguientes parámetros:

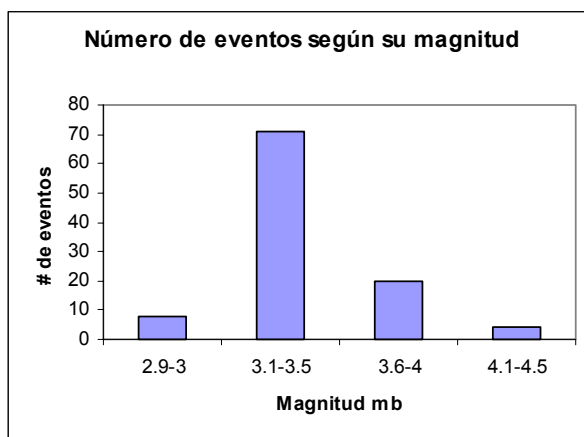
Neic:
Lat: 0.48°S
Long: 77.47°W
Prof: 70 km
Mag.(m_b): 5.0



El valor de profundidad presentado por este último organismo no es coherente con las fuentes sismogénicas de la zona donde se esperaría sismos superficiales (menores a 40 km) o profundos (mayores a 150 km)

La secuencia de eventos se caracterizó por la ocurrencia de alrededor de 380 sismos contabilizados en la estación de ANTI (estación localizada en el volcán Antisana y más cercana a la zona) entre el 26 y 31 de octubre, de los cuales solo 104 eventos pudieron ser localizados. De estos últimos, solo 7 eventos tuvieron magnitudes igual o mayor a 4.0 de los restantes la mayor parte están en el rango entre 3.1 y 3.5 (Figura 3). Se debe tomar en cuenta que los microsismos o pequeños eventos (generalmente menores a 3 mb) aunque se presentan en gran número no son registrados o solo son registrados por pocas estaciones, situación que no favorece para su localización.

La distribución espacial de las localizaciones muestra que los eventos de mayor magnitud se agrupan principalmente en la zona donde ocurrió el sismo principal, por el contrario se nota una fuerte dispersión hacia el Noroeste de los eventos de baja magnitud. Este fenómeno podría ser real sin embargo podría también estar relacionado al bajo número de lecturas y una reducción de la cobertura azimutal de la red. Un análisis de la diferencia de los arribos de las fases S-P puede ayudar a comprender si esta dispersión es real o si solo es un problema vinculado al bajo número de lecturas.



Magnitud mb	# de eventos
2.9-3	8
3.1-3.5	71
3.6-4	20
4.1-4.5	4
4.6-5	1

Figura 3. Histograma del número de eventos según varios rangos de magnitud

Previo al evento principal, se registraron alrededor de una decena de sismos de magnitud entre 3.0 - 4.0 y posterior a este, 104 de magnitudes entre 2.8-4.2 (Figura 4). Los datos de los sismos más importantes ocurridas del 26-31 de octubre se detallan en la tabla 1.

Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Año	Mes	Día	Hora	Minuto	Magnitud (mb)
-0.563	-77.957	10.97	2007	10	27	20	38	4.7
-0.551	-77.943	7.48	2007	10	26	20	25	4.3
-0.548	-77.961	10.7	2007	10	27	20	44	4.2
-0.536	-77.971	10.1	2007	10	26	20	26	4.2
-0.551	-77.977	12	2007	10	28	7	20	4.1
-0.577	-77.961	8.91	2007	10	30	21	3	4
-0.542	-77.950	11.1	2007	10	26	21	31	4

Tabla 1. Datos de los principales eventos premonitores y réplicas del sismo de Baeza del 27 de octubre de 2007



La figura 5 muestra la reducción gradual del número de sismos en función del tiempo (días), característica normal en este tipo de crisis y que se han presentado ya en esta región.

**Localizaciones de los sismos de Baeza
entre el 26-31 de octubre/2007**

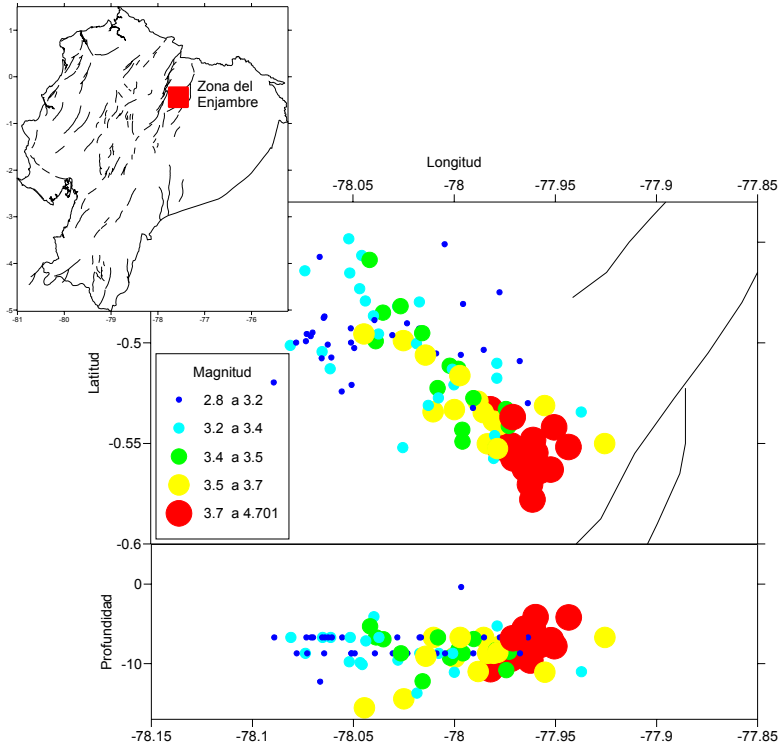
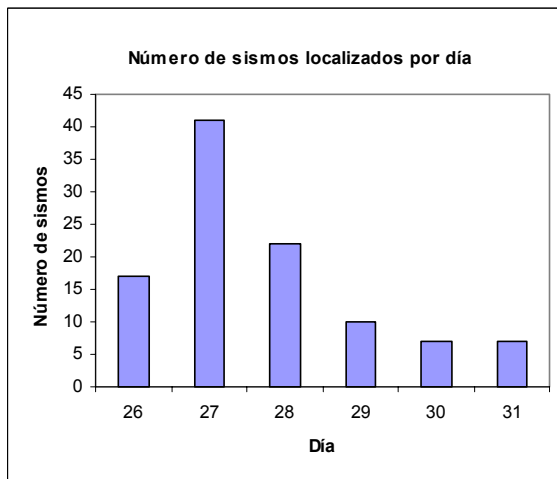


Figura 4. Localización de los sismos de Baeza entre el 26 y 31 de octubre de 2007



<i>Día</i>	<i># de eventos</i>
26	17
27	41
28	22
29	10
30	7
31	7

Figura 5. Variación del número de sismos para los días comprendidos entre el 26-31 de octubre



Mecanismo focal

El mecanismo focal del sismo de Baeza muestra un mecanismo de tipo inverso con un ligero componente de rumbo. Las orientaciones de los planos nodales son aproximadamente N-S (Figura 5) que son coherentes con las estructuras regionales presentes en el sector. Cabe notar que las direcciones de las fallas activas en la zona de Baeza son principalmente NNE y que el plano nodal que indica esta dirección muestra un ángulo de inclinación bajo y dirección al E, última característica que no está de acuerdo con la dirección de inclinación de las fallas en esa región (Falla Baeza-Chaco y Falla Cosanga) que son de tipo inverso dextrales con pendiente hacia el Occidente (Egüez et al, 2003)

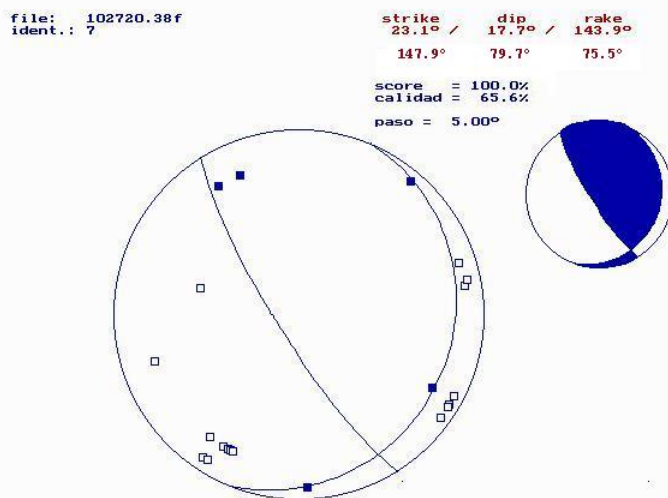


Figura 5. Mecanismo focal del evento sísmico del 27 de octubre de 2007.

Otros Parámetros Asociados

En base a la magnitud se puede calcular varios parámetros asociados a la ruptura. Es así como se puede calcular la energía asociada con la utilización de la relación de Gutenberg y Richter (1956).

$$\text{Log } E = 5.8 + 2.4 \text{ mb (J)}$$

Según esta fórmula la energía liberada por el sismo principal es de alrededor de $1.2 \cdot 10^{17}$ J y del total de eventos localizados de $1.72 \cdot 10^{17}$ J.

Wells y Coppersmith (1994) establece la relación empírica para estimar la superficie de ruptura a partir de la magnitud (suponiendo mb es equivalente a Mw, en este rango de magnitud), para fallas inversas.

$$M = 4.33 + 0.9 \cdot \log S \text{ (km)} ; \text{ donde } M \text{ es magnitud y } S \text{ es área}$$

Entonces la superficie de ruptura asociada a este sismo sería de alrededor de 2.6 km^2 . Con esta área y asumiendo una ruptura más o menos circular se establece que la longitud de la ruptura es de alrededor de 1.3 km.

Conclusiones



La zona Nororiente del Ecuador ha presentado sismos de carácter destructivo en el pasado, dentro de esta zona se encuentra el sismo del 5 de marzo de 1987. Otros sismos de menor intensidad son los eventos del 8 de enero de 2004, del 24 de octubre de 2005 y el los de octubre de 2007. Localizados cerca de la población de Baeza y que no causaron daños mayores.

El sismo del 27 de octubre de 2007, se localizó a pocos kilómetros al SO de Baeza, población donde fue sentido fuertemente, sin embargo no causo daños. La magnitud asociada al sismo es 4.7 mb. Asociado a este sismo se registraron varios premonitores y réplicas entre los días 26 y 31 de octubre, de los cuales solo 8 eventos tuvieron magnitud mayor o igual a 4.

La mayor parte de réplicas, a causa de su baja magnitud, solo fueron registradas por la estación de ANTI, sin embargo se pudo localizar un grupo de 104 eventos de magnitud mb superior a 2.8. De estos eventos los de mayor magnitud se constriñen a la zona epicentral cosa que no sucede con los de menor magnitud que presenta una considerable dispersión. Este problema puede ser afrontado con un análisis posterior de los arribos de las fases S y P.

En cuanto al mecanismo de ruptura encontrado para el sismo principal este indica una dinámica de ruptura inversa con una componente meno de rumbo. Este mecanismo no es del todo coherente con los mecanismos descritos para las fallas de esa zona.

En función de la magnitud se estableció la energía liberada por el sismo principal que está en el orden de $1.2 \cdot 10^{17} \text{J}$ y una aproximación para el total de los sismos de $1.72 \cdot 10^{17} \text{J}$, mostrando que la gran parte de energía fue liberada por el sismo principal.

También en base a la magnitud se calculo el área de ruptura y su longitud cuyos valores están en el orden de 2.6 km^2 y 1.3 km respectivamente.

Bibliografía

ESPINOSA, A., HALL, M. y YEPES, H. 2000. Terremotos del Ecuador del 5 de marzo de 1987-Tectonismo y sismicidad, Estudios de Geografía, v. 7, pp. 25-37

EGÜEZ, A., ALVARADO, A., YEPES, H., MACHETE, M., COSTA, C. y DART, R. 2003. Mapa y base de datos de pliegues y fallas cuaternarios del Ecuador y su zona costera. EPN-USGS cooperation

GUTENBERG, B. and RICHTER C. F. 1956, Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration. Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 46, pp. 105-145.

WELLS, D. and COPPERSMITH, K., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of Seismological Society of America, v. 84, p. 974-1002.

www.igepn.edu.ec