

Resumen

El Salvador se encuentra en el norte de Centroamérica, en el margen activo del noroeste de la placa Caribe. Enmarcado en el límite entre las placas del Coco y Caribe, caracterizada por la subducción de la primera bajo la segunda a una velocidad que supera los 70 mm/a, es uno de los países centroamericanos con un régimen tectónico más complejo. Esta convergencia se traduce a la vez en la existencia de un sistema de fallas de desgarre en el continente alineadas con la cadena volcánica con una importante actividad. La velocidad de la mayor de este sistema de fallas, la Zona de Falla de El Salvador (ZFES), que atraviesa el país de este a oeste, alcanza los 14 mm/a y es responsable de terremotos frecuentes, algunos de elevada magnitud, como el terremoto del 13 de febrero de 2001 con magnitud M_w 6,6.

Esta tesis es una aportación dentro del objetivo de la caracterización del comportamiento de las fallas activas en la zona con el fin de mejorar la evaluación de la amenaza sísmica en El Salvador. En ella se utiliza la capacidad de las técnicas geodésicas, como el GNSS, para determinar el campo de velocidades asociado a la ZFES en el período intersísmico, permitiendo estimar las deformaciones que se producen en la zona así como el grado de actividad y comportamiento actual de la ZFES. Además, mediante la aplicación de un modelo cinemático de bloques elásticos, integrando datos geodésicos, geológicos y sismológicos, se estiman los movimientos de los bloques y la acumulación de deformación elástica en las fallas que delimitan los bloques. Los parámetros así obtenidos son integrados en el cálculo de la peligrosidad sísmica, permitiendo analizar su grado de implicación en la evaluación de la amenaza sísmica de El Salvador.

El campo de velocidades obtenido indica que el patrón de deformación es típico de una falla de desgarre bloqueada. Las velocidades obtenidas muestran una tectónica claramente de desgarre dextral a lo largo de la ZFES y sugieren que el límite entre los bloques antearco salvadoreño y Caribe es una zona de deformación que varía a lo largo de la ZFES de oeste a este. Se estima un movimiento a largo plazo del antearco salvadoreño de $13,5 \pm 1$ mm/a en dirección \sim NO relativo a la placa Caribe. La distribución de la deformación a lo largo de la ZFES ratifica la transferencia de la deformación desde los segmentos occidentales de la ZFES hacia estructuras extensionales distribuidas en una amplia zona en la terminación oriental de la zona de falla.

A partir de los resultados de la modelización, se excluye la existencia de una estructura simple con una zona de deslizamiento única a lo largo del arco volcánico en El Salvador, siendo evidente la necesidad de introducir dos bloques intermedios entre los bloques principales Caribe y Antearco; uno situado en el golfo de Fonseca que sirve de transición entre el movimiento de los antearcos salvadoreño y nicaragüense, y otro en la zona central de El Salvador. Se estima que las fallas del arco volcánico salvadoreño están casi totalmente bloqueadas. Nuestros resultados ratifican que el grado de acoplamiento en la interfase de la zona de subducción frente a las costas salvadoreñas es prácticamente nulo.

Los resultados obtenidos en esta tesis permiten mejorar la estimación de la amenaza sísmica en El Salvador, permitiendo introducir algunas fallas modelizadas como fuentes sismogénicas independientes. Para ello se han calculado distintos mapas de amenaza sísmica, introduciendo únicamente las fallas, donde se obtienen valores máximos de aceleración pico (PGA) que alcanzan los 0,6 g, en las proximidades de algunas fallas.

Palabras clave: Tectónica activa; GNSS; Zona de Falla de El Salvador; Arco volcánico centroamericano; tasas de deformación; tasas de deslizamiento; deformación de la corteza, amenaza sísmica.

Abstract

El Salvador is located in northern Central America, along the Pacific Ocean margin of the Caribbean plate. The subduction zone between the Cocos and Caribbean plates in El Salvador is characterized by high relative plate motions, with relative velocities larger than 70 mm/yr (DeMets, 2001), being one of the Central American countries with a more complex tectonic regimen. This convergent contact is associated with a main margin-parallel strike-slip fault system aligned with the currently active volcanic chain with significant seismic and volcanic activity. The most significant fault, El Salvador Fault Zone (ESFZ), extends across the whole country and could have dextral slip rates of up to 14 mm/yr. The ESFZ is responsible for frequent earthquakes, some of high magnitude, as the February 13, 2001 earthquake with M_w 6,6.

This thesis is a contribution within the objective of the characterization of the behavior of active faults in the study area in order to improve the assessment of seismic hazard in El Salvador. The capacity of geodetic techniques, such as GNSS, is used to determine the interseismic velocity field associated with ESFZ. From this velocity field, the deformations in the area as well as the current activity and behavior of the ESFZ are estimated. Furthermore, a kinematic model of elastic tectonic blocks, integrating geodesic, geological and seismological data, is used to estimate the angular velocities of elastic blocks, and slip fractions on block-bounding faults. These parameters are integrated in the seismic hazard assessment in El Salvador, in order to analyze their implication level.

The interseismic velocity field shows a typical deformation pattern of a strike-slip fault fully coupled, with dextral strike-slip tectonics along the ESFZ. Results suggest that the boundary between the Salvadoran forearc and Caribbean blocks is a deformation zone that varies from west to east along the ESFZ. A long-term velocity of the Salvadoran forearc of $13,5 \pm 1$ mm/a with \sim NO direction is estimated considering the Caribbean plate as the reference frame. The strain distribution along the ESFZ confirms the transfer of deformation from the western segments of ESFZ to extensional structures distributed over a large area on the eastern end of the fault zone.

Modeling results reject the existence of a simple structure with a single slip zone along the volcanic arc in El Salvador, suggesting the necessity to introduce two intermediate blocks between the Caribbean and forearc main blocks; one located on the Fonseca gulf, marking the transition between the Salvadoran and Nicaraguan forearcs motion, and another one in the central area of El Salvador. Additionally, the Salvadoran volcanic arc faults are almost totally blocked. Finally, modeling results confirm that the degree of coupling at the interface of the subduction zone off the Salvadoran coast is practically null.

The results of this thesis help refining the definition and characterization of seismogenic sources used for the seismic hazard assessment of El Salvador, allowing the introduction of some faults as independent for hazard calculations. Different seismic hazard maps are computed considering only fault sources, predicting maximum Peak Ground Acceleration (PGA) values of 0,6 g in the vicinity of some faults.

Key Words: Active tectonic; GNSS data; El Salvador Fault Zone; Central America Volcanic Arc; deformation rates; slip rates; crustal deformation, seismic hazard.