

## **I INTRODUCCIÓN**

### **I.1 Antecedentes del volcanismo hiperalcalino en el NW de México**

Los principales indicios volcánicos del Mioceno medio (~12.5 Ma), son representados en Baja California, por la Toba de San Felipe (Stock et al., 1999) y en Sonora central, por la Ignimbrita de Hermosillo (Paz-Moreno et al., 2000). Estos depósitos que son asociados con la apertura del proto-Golfo de California (Vidal-Solano, 2005) ocurren en forma de mesas ligeramente basculadas en los afloramientos lejanos al Golfo, sin embargo, en las localidades cercanas a este, por lo general, las unidades tienen espesores potentes y están fuertemente basculadas.

La Toba de San es una ignimbrita riolítica de gran extensión geográfica que se reconoció primeramente, en Baja California, en una zona entre Puertecitos, San Felipe, y la Sierra San Pedro Mártir. En esta región, ocurre densamente soldada, con facies reomórficas y siempre con un vitrófiro negro en la base.

Una característica clave en este depósito, es la presencia de una dirección de remanencia paleomagnética poco común (hacia el SW y casi horizontal; Stock et al., 1999; Olgún-Villa et al., 2009). Esta dirección se atribuye al efecto de enfriamiento durante un cambio de polaridad, y/o una excursión del campo geomagnético. La edad de esta toba ha sido reportada generalmente como de 12.5 Ma (Mioceno medio) aunque las edades pueden variar entre 11.6 y 13.2 Ma, variación que se atribuye al contenido de xenocristales (Vidal-Solano et al., 2008a). La misma toba soldada ha sido reconocida en Isla Tiburón, en Bahía de Kino-Punta Chueca en la costa de Sonora y en Hermosillo (Oskin, 2001; Stock et al., 2005; Stock et al., 2006).

En Cataviña, se han identificado rasgos que diferencian a estos depósitos

ignimbríticos de los Baja California y Sonora (Gómez-Valencia et al., 2008a), mostrando en algunos casos diversas texturas en la base vítrea de los derrames, presencia de fragmentos de pómez de distinta coloración, líticos y algunas flamas vítreas con texturas perlíticas.

## **I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los avances del proyecto de investigación en curso “Estudio de los mecanismos eruptivos y de la petrogénesis del volcanismo hiperalcalino en el NW de México (Sonora y Baja California)” a cargo del Dr. Jesús Roberto Vidal Solano, han permitido identificar con mayor precisión la extensión de este volcanismo, sus productos, así como el sentido de emplazamiento de los derrames ignimbríticos y la ubicación de los posibles puntos de emisión volcánica, entre otros aspectos importantes.

Dentro de lo anterior, los afloramientos correspondientes al área de Cataviña representan la extensión más al Sur de este tipo de volcanismo en la Península de Baja California, por lo tanto, se vuelve importante realizar un estudio detallado de estas unidades volcánicas. Es así como el presente proyecto de tesis se enfoca principalmente en obtener a) una caracterización detallada de las unidades volcánicas, b) un estudio de vulcanología física (caracterización de litofacies, variaciones horizontales y verticales, fábrica), así como, c) una cartografía geológica general (escala 1:50,000) para delimitar su extensión y un levantamiento por columnas en zonas clave, permitiendo obtener un control geológico a detalle en los afloramientos.

Finalmente, con este trabajo se pretende también establecer, el número de depósitos ignimbríticos en la región de estudio, su proveniencia, localización, forma de emplazamiento y su relación con los depósitos del mismo estilo reportados tanto en la región de San Felipe y Puertecitos en Baja California, como en Sonora.

### **I.3 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

#### **I.3.1 Trabajo de Campo y de Gabinete**

Primeramente se trabajó una fase de gabinete que consistió en el reconocimiento de afloramientos ignimbríticos en Baja California, con un enfoque en la región comprendida entre la porción Sur de la Sierra San Pedro Mártir (SSPM) y el Campo Volcánico Jaraguay, por medio del análisis de fotografías aéreas, ortofotos e imágenes satelitales cortesía del programa Google Earth.

Por otra parte, se hizo una recopilación de los planos geológicos y topográficos existentes para posteriormente realizar una cartografía preliminar del área de estudio, tomando como base la carta topográfica San Simón H11D17 escala 1:50,000 del INEGI.

El trabajo de campo consistió en dos visitas realizadas durante la primera semana del mes de Febrero del 2008 y la primera semana del mes de Abril del 2009, visitando los afloramientos más representativos del volcanismo hiperalcalino, así como de las unidades adyacentes presentes en la región, previamente establecidas mediante el análisis de las ortofotos e imágenes de satélite. Durante esas misiones de campo se llevó a cabo un muestreo sistemático, sobre la base del cual se enfocó la elaboración de secciones delgadas, un estudio geoquímico, uno de fábrica y uno paleomagnético.

Dos estancias de investigación fueron realizadas en el Instituto Tecnológico de California (*CALTECH*) durante el desarrollo de este trabajo de tesis. La primera se realizó en el *Seismological Laboratory* durante el verano del 2008 con el objetivo de analizar las imágenes multiespectrales de tipo ASTER. La

segunda, con duración de 10 semanas, se llevó a cabo durante el verano del año 2009, bajo el programa de investigación SURF (Summer Undergraduate Research Fellowships) en el *Paleomagnetism Laboratory* desarrollando el tema “*Using Anisotropy of Magnetic Susceptibility on Per-alkaline Ignimbrites From NW Mexico: A Major Eruption In Middle Miocene?*” con el objetivo de obtener información sobre la fábrica magnética de algunas muestras del volcanismo hiperalcalino en Baja California y en Sonora.

La preparación de muestras para geoquímica tuvo varias etapas, las cuales consistieron en el triturado de la muestra para obtener la gravilla, un cuarteo de la gravilla y una separación manual de líticos presentes en las ignimbritas, finalizando con un pulverizado que fue llevado a cabo en los laboratorios de preparación de roca de la Estación Regional del Noroeste (ERNO) de la Universidad Autónoma de México y de la Universidad de Sonora.

La preparación de las muestras para el estudio paleomagnético se realizó en el laboratorio de preparación de rocas del Instituto Tecnológico de California y el análisis de anisotropía de susceptibilidad magnética y desmagnetización por campos alternados alternos? se realizó en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la misma institución.

#### ***1.4 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO***

##### **a) Localización Geográfica**

Los depósitos ignimbríticos estudiados afloran en la región Sur de Baja California, en los alrededores del poblado de Cataviña y se localizan en las cartas topográficas 1:50,000 de INEGI H11-D17 (San Simón) y la H11-D27 (La Bocana).

Cataviña es un pequeño pueblo ubicado en el estado mexicano de Baja California perteneciente al Municipio de Ensenada (Fig. 1). Está localizado en las coordenadas 29°43'58"N 114°43'08"O, a 125 kilómetros al Sur del poblado de El Rosario y a 110 kilómetros al norte del Paradero Punta Prieta, de donde parte la carretera hacia Bahía de los Ángeles.

## b) Vías de acceso

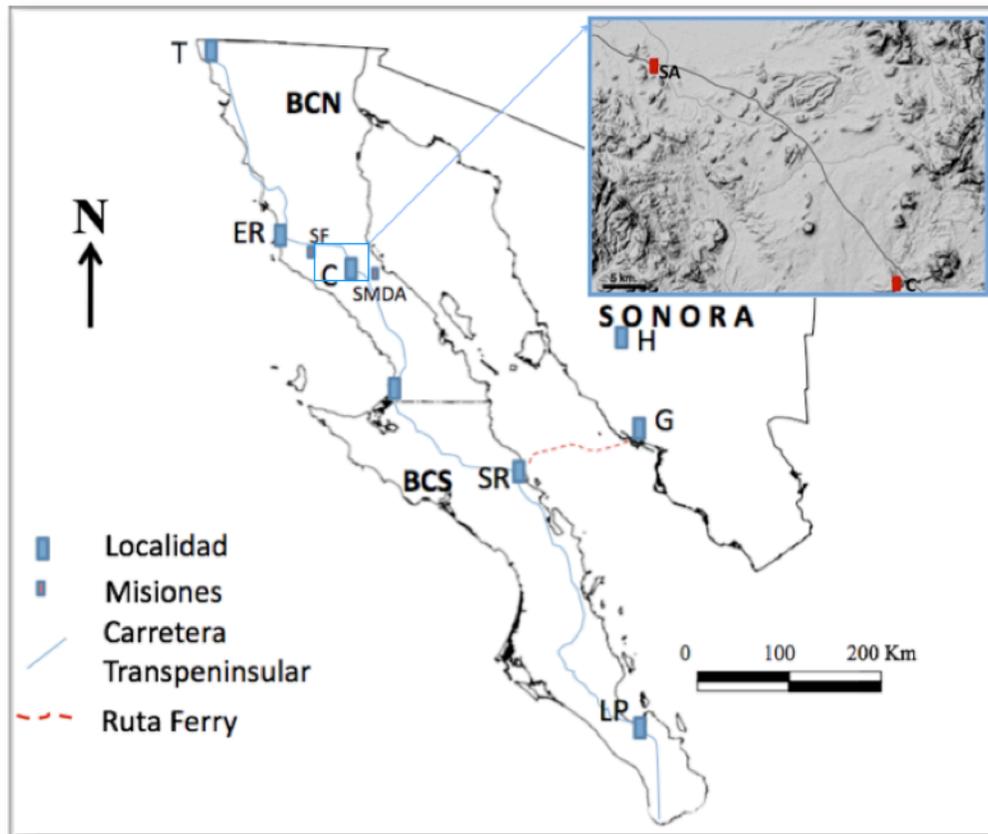


Fig. 1 Localización y principales vías de acceso al área de estudio; la carretera Transpeninsular y la ruta del transbordador Guaymas-Santa Rosalía. T, Tijuana; SA, San Agustín; C, Cataviña; SR, Santa Rosalía; LP, La Paz; G, Guaymas; H, Hermosillo. Las Misiones SF, San Fernando Rey de España de Velicatá; SMDA, Misión Santa María de los Ángeles.

Para llegar a Cataviña es necesario transitar sobre la Carretera Federal 1 (Transpeninsular) que parte hacia el Sur desde Tijuana, bordeando el Pacífico, hacia el sur pasando por Rosarito, Ensenada, San Quintín y El Rosario (Fig. 1).

A partir de El Rosario se interna en la península para alcanzar el eje central de la misma en el pequeño poblado de Cataviña.

Otra opción es tomar el transbordador que sale de Guaymas hacia Santa Rosalía y posteriormente seguir la carretera transpeninsular hacia el Norte, pasando por Guerrero Negro, el ejido Rosarito, Punta Prieta, Santa Inés, hasta llegar a Cataviña (aprox. 247 km al Norte de Guerrero Negro).

### **c) Principales Localidades y Ranchos**

Cataviña se encuentra a 370 km al sur de Ensenada, a 485 km al sur de la frontera con EUA y a 178 km al sur de San Quintín.

Cerca de Cataviña, aproximadamente 30 km al Norte se encuentra el RV(Recreational Vehicle) Park de San Agustín. Por otra parte, al sur de Cataviña a unos 10 km se localiza el Rancho Santa Inés, también se encuentran algunas misiones cerca de Cataviña como la Misión San Fernando Rey de España de Velicatá y la Misión Santa María de los Angeles (Fig. 1).

## **I.5 GENERALIDADES**

### ***I.5.1 FISIOGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA E HIDROGRAFÍA***

El estado de Baja California está comprendido dentro de dos provincias fisiográficas denominadas: Provincia de Península de Baja California y Provincia Llanura Sonorense (subprovincia Desierto de Altar). A su vez, la primera provincia está dividida en tres subprovincias: Sierras de Baja California Norte, Desierto de San Sebastián Vizcaíno y Sierra de la Giganta (Fig 2). Bajo este esquema, la zona de estudio se ubica dentro de la subprovincia Sierras de Baja California Norte.

Los rasgos geomorfológicos más sobresalientes en el área de estudio son

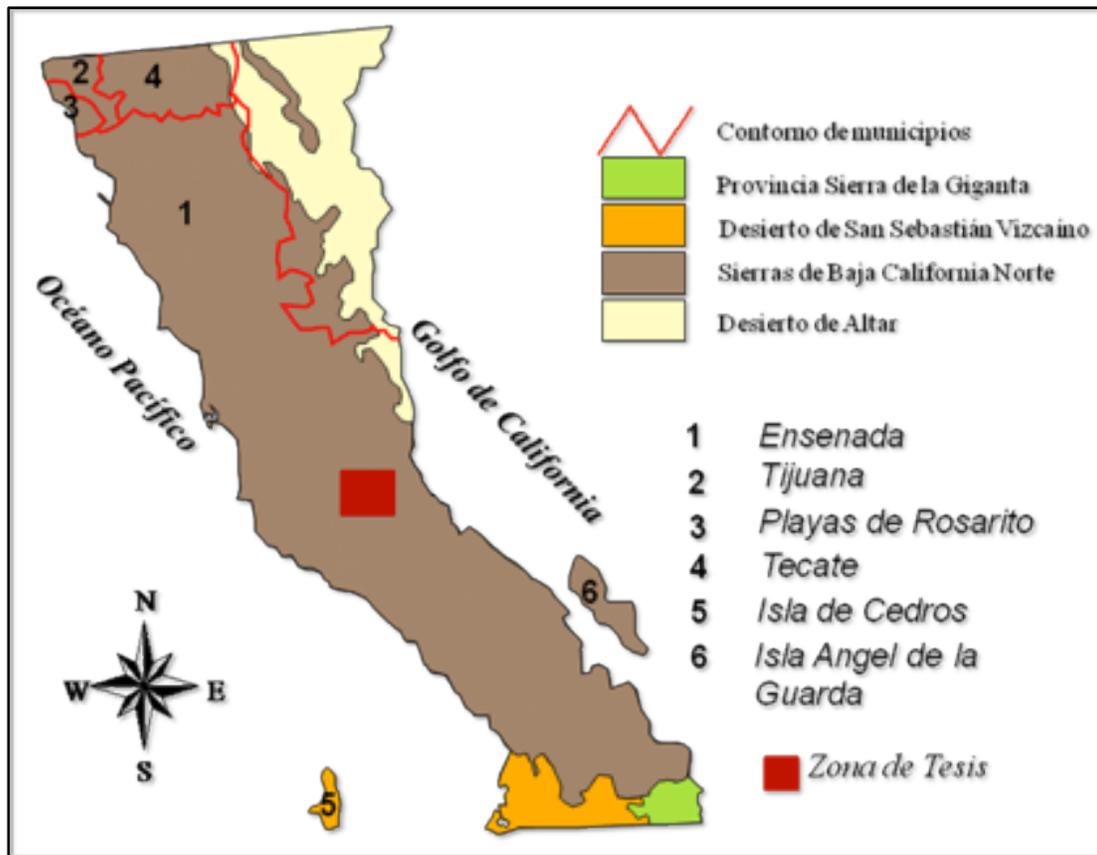


Fig. 2 Esquematación de la Fisiografía de Baja California.

formas planas de tipo mesas, generadas por la erosión de derrames volcánicos; se referirá como “vestigios” a los remanentes de erosión de la Ignimbrita Hiperalcalina, además se observan morfologías en bola, típicas de granitoides y extensas planicies representadas por el basamento metamórfico y los sedimentos recientes. La elevación más sobresaliente en la región, la presenta la Mesa el Mármol, con una altura máxima de 1100 msnm y una mínima de 400 msnm.

El principal afluente hidrológico en esta zona es el río Zamora, localizado al NE del área, así como los arroyos Portezuelo, Agua Dulce, El Junco, San Simón y San Agustín.

## I.6 MARCO TECTÓNICO Y TRABAJOS PREVIOS

### *El Mesozoico en la región de Cataviña*

Las rocas mesozoicas (160 Ma) de la Península de Baja California forman

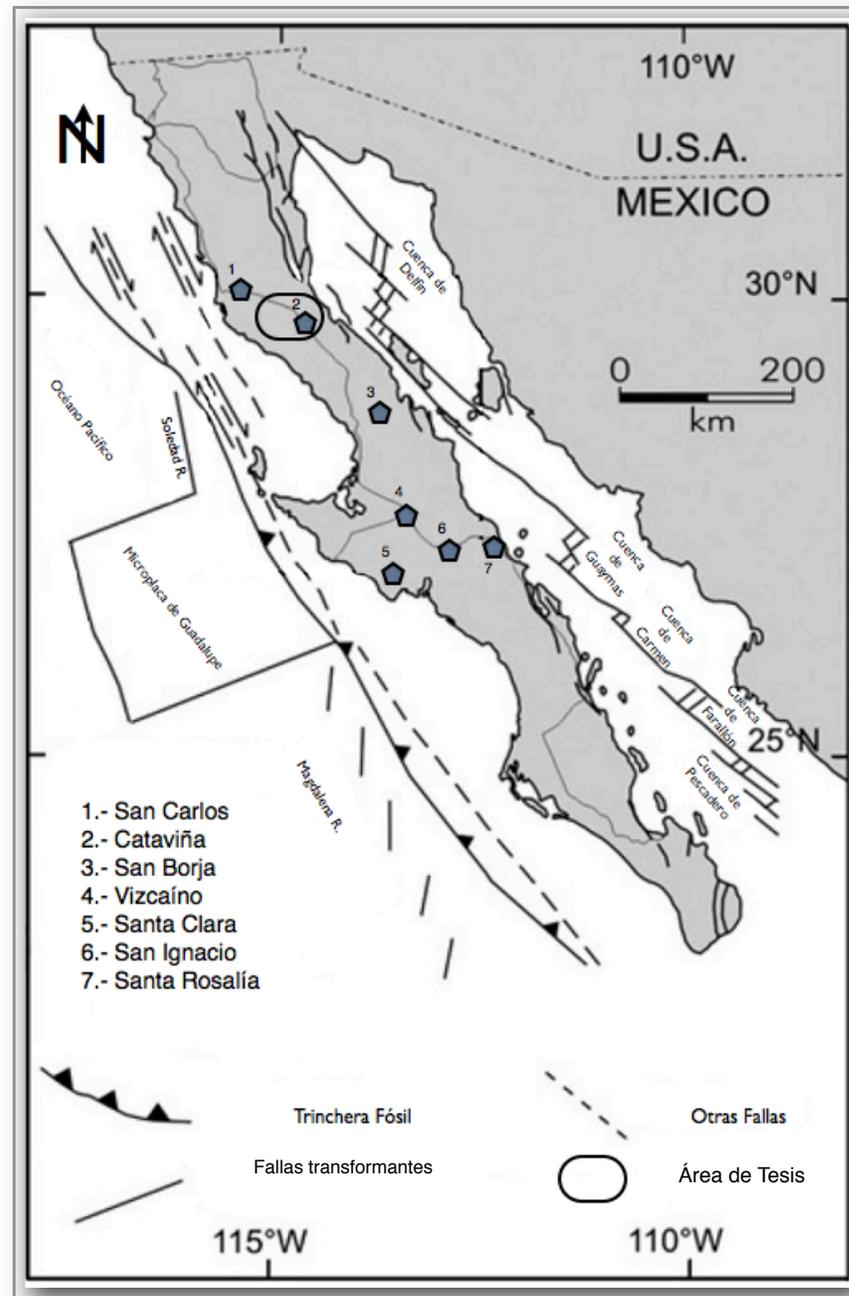


Fig. 3 Mapa esquemático de la Baja California mostrando los principales rasgos estructurales y la posición de algunos campos volcánicos neógenos, modificado de Pallares et al., 2008.

una de las áreas más extensas y mejor preservadas, tectonizadas y metamorfoseadas de las cuencas de margen convergente en el mundo (Busby et al., 1998). Al menos tres fases tectónicas se reportan para la evolución de este margen en Baja California. La primera consta de un sistema de arco intra-oceánico altamente extensional; la segunda, comprende una franja de arco de ligera extensión de tiempo; y la tercera, es un sistema de arco continental bajo un régimen compresional.

Desde el Mesozoico hasta el Mioceno medio, la geología del Suroeste de América del Norte fue dominada por la subducción de una serie de placas oceánicas al Oeste de California (Atwater, 1970).

Durante el Mesozoico Medio, las placas de Farallón-Kula se subdujeron hacia el Este bajo América del Norte, formando una zona de subducción continua desde Canadá hasta el Sur de México (Atwater, 1989) y desde entonces, el pasado geológico de la Península de Baja California ha estado ligado a la evolución del margen occidental de la placa de Norteamérica. (Fig. 3)

Al fragmentarse la placa Farallón, se crea un punto triple entre las placas Farallón, Pacífico y Guadalupe, el cual migró hacia el sur durante el Mioceno (Atwater, 1970). La subducción de la microplaca de Guadalupe es el origen del magmatismo Cenozoico en Baja California, dando lugar a la creación del arco Comondú entre 25 y 16-11 Ma (Gastil et al 1979).

Los restos inactivos de estas microplacas fueron posteriormente acrecionados a la placa del Pacífico central y a la costa Oeste de Baja California. Se considera que en las etapas tempranas del Mioceno medio inició un movimiento transformante entre las placas Pacífico y Norteamericana, el cual se restringía a la margen costera del sur de California y norte de Baja California (Atwater, 1989).

La subducción de las microplacas Guadalupe y Magdalena mantuvo un arco volcánico entre Sonora y Baja California, que aflora desde el centro al Suroeste de Baja California. Aproximadamente a los 12.5 Ma., el cese de la subducción de la microplaca de Guadalupe marcó el inicio del límite transformante a lo largo de Baja California (Oskin, 2001).

### ***Apertura del Golfo de California***

En la actualidad, entre los puntos tripes de Mendocino al norte y Rivera al Sur, el límite entre las placas Pacífico y la Norteamericana es un sistema transformante o de deslizamiento lateral derecho. Después del cese de la subducción la Península de Baja California quedó encima de la placa Pacífica que la separa de la placa Norteamericana al desplazarse en dirección Noroeste.

El inicio de este límite de placas ocurrió, en algún momento después de los 12.5 Ma, seguido del cese de la subducción y la incorporación de la microplaca de Guadalupe a la Placa del Pacífico (Oskin, 2001). Su desplazamiento ha sido registrado parcialmente, ya que sólo 300 a 350 kilómetros de los 500 a 600 kilómetros de la separación entre las placas del Pacífico y Norteamérica han podido ser acomodados en las fallas del Golfo, y el resto ha sido dividido en las fallas al Oeste de Baja California (Stock y Hodges, 1989) y/o en la Provincia de Sierras y Valles Paralelos (Gans, 1997). Finalmente, la transferencia de Baja California a la placa del Pacífico, se vuelve evidente hasta los 3.5 Ma con la formación de corteza oceánica en la boca del Golfo (Oskin, 2001).