

# Estudio de Estratigrafía y Geología del Complejo Volcánico Tres Vírgenes, B.C.S.

**Dr. José Luis Macías Vázquez**

Investigador Titular C, Instituto de Geofísica, UNAM.

**Esteban Jiménez Salgado**

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, CFE Departamento de Exploración, Geología

## Resumen

Se realizó el estudio de actualización geológica y estratigráfica del Complejo Volcánico de Tres Vírgenes (CVTV) ubicado en la porción norte de Baja California Sur. El estudio comprendió un área de 28 km<sup>2</sup> que mediante mapeo, estratigrafía y la ayuda de fechamientos de <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar permitió definir veinte unidades volcánicas. El CVTV está emplazado en un sistema de fallas laterales derechas NW-SE asociado a la apertura del Golfo de California. Este sistema genera fallas de ángulo bajo (R) que se comportan como fallas derechas (Sistema Bonfil) y fallas de ángulo alto (R') que se relacionan con una zona de tensión, responsable de la formación del CVTV (Falla lateral izquierda Cimarrón). Este complejo se levanta sobre un basamento cristalino (99.1 ± 0.8 Ma) que no aflora en el área de estudio pero que ha sido cortado en los pozos geotérmicos y como xenolitos en varios depósitos más jóvenes. Le sobreyacen rocas volcanosedimentarias del Mioceno del Grupo Comondú (Andesita Santa Lucia), el Basalto La Esperanza (7.64 ± 1.16 Ma) y rocas volcánicas y epiclásticas del Plioceno tardío a Pleistoceno de las calderas de Reforma (1.34-1.09 Ma) y Aguajito (0.5-0.76 Ma). El CVTC consiste de tres aparatos volcánicos denominados del más viejo al noroeste al más joven al suroeste como El Viejo (198 ± 42 ka), El Azufre (>42 ka) y La Virgen. El Viejo se formó mediante la extrusión de varios domos y lavas dacíticos y sufrió el colapso de su flanco norte produciendo una avalancha de escombros hacia el arroyo El Azufre. El Azufre se formó de la misma manera con la destrucción de su domo central y el emplazamiento de flujos piroclásticos de bloques y cenizas a su alrededor y la emisión final de su domo central. La actividad migro sobre la fisura eruptiva con la formación de conos de escoria hasta emplazarse el volcán La Virgen. Este volcán se ha construido a través de la efusión de domos y lavas basáltico andesíticas a dacíticas y muy pocas erupciones de tipo explosivo con la formación de una erupción Pliniana (Pómez La Virgen ~36 ka) y una de tipo Vulcaniano (Mezquital). Las erupciones más jóvenes han sido originadas a través de varias fisuras en la cima del volcán que han fluido hacia sus flancos. Las rocas del CVTV y conos periféricos varían de basaltos (ol + cpx + plg), andesitas basálticas (plg + cpx + opx + ol), andesitas (plg + opx + cpx + hb + qtz) hasta dacitas (plg + hb + opx + cpx + bi + qtz). Químicamente se trata de rocas subalcalinas de tipo calcalcalino con contenidos medios en potasio. Estos magmas generados a profundidad se han estacionado a ~7-9 km por debajo del CVTV antes de entrar en erupción. Esta profundidad concuerda con la actividad sísmica asociada al movimiento de fluidos en el yacimiento geotérmico que ocurre entre 2 y 7 km.

## Abstract

The study of geologic and stratigraphic update of the volcanic complex of Las Tres Vírgenes (VCTV) located in the northern portion of Baja California Sur. The study comprised an area of 28 km<sup>2</sup> which through mapping, stratigraphy and radiocarbon <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar help allowed us to define twenty volcanic units. The VCTV is housed at a right lateral faults NW-SE system associated with the opening of the Gulf of California. This system generates low angle faults (R) who behave like right-lateral faults (System Bonfil) and failure of high angle (R') relating to an area of tension, responsible for the formation of the VCTV (Cimarron left-lateral fault).

This complex stands on a crystalline basement (99.1 ± 0.8 Ma) which emerges not in the study area but that has been cut in geothermal wells and as xenoliths in several younger deposits. Overlying this there is a igneous rock from the Miocene of the Group Comondú (andesite Santa Lucia), basalt La Esperanza (7.64 ± 1.16 Ma) and volcanic rocks and epiclastics rocks of the late

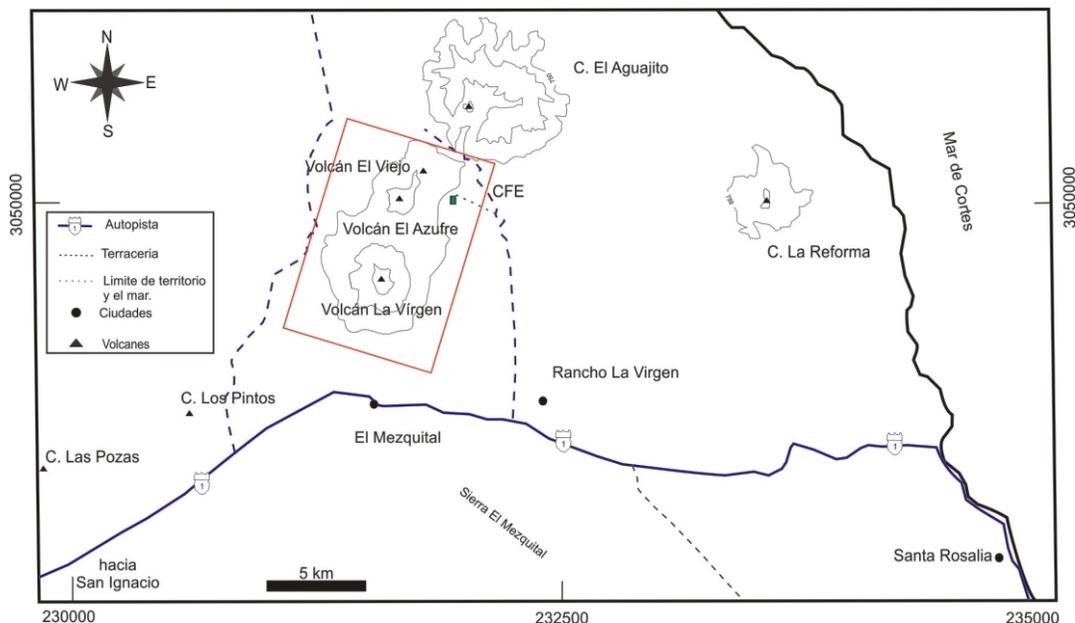
Pliocene to Pleistocene of the Calderas of Reforma (1.34-1.09 Ma) and Aguajito (0.5-0.76 Ma).

The CVTC consists of three so-called volcanic apparatus from the oldest to the Northwest to the youngest in the Southwest as El Viejo ( $198 \pm 42$  ka), El Azufre (42 ka) and La Virgen. The old was formed by extruding several domes and dacitic lavas and suffered the collapse of his northern flank produced an avalanche of rubble towards El Azufre creek. El Azufre was formed in the same way with the destruction of its central dome and the placement of blocks and ash pyroclastic flows to her around and the final issuance of its central dome. The activity migrated on the eruptive fissure with the formation of cinder cones until sited the volcano La Virgen. This volcano has been built through the outpouring of domes and basaltic andesitic to dacitic and very few eruptions of explosive type with the formation of a Plinian eruption lavas (pumice La Virgen  $\sim 36$  ka) and Vulcanian (Mezquital) type. The youngest eruptions have been originated through several fissures at the top of the volcano that have flowed toward his flanks. The VCTV and peripheral cones rocks vary from basalts (ol cpx plg), (plg cpx opx ol) basaltic andesites, andesites (plg opx cpx hb qtz) up to dacites (plg hb opx cpx bi qtz).

Chemically it's kind postsubduction subalcalinas rocks with media content in potassium. These magmas generated at depth have been stationed to  $\sim 7-9$  km below the VCTV before erupt. This depth consistent with the seismic activity associated with the movement of fluids in the geothermal deposit that occurs between 2 and 7 km.

## 1. Localización

El Campo Volcánico de Tres Vírgenes (CVTV) está localizado en la porción norte del estado de Baja California Sur, en la península de Baja California, La principal vía de acceso al CVTV es la Carretera Federal No. 1 que conecta a Santa Rosalía con Ensenada. Desde el poblado de Santa Rosalía se toma la Carretera Federal No. 1 hasta el kilómetro 27, aquí se toma una carretera pavimentada al norte que conduce a las instalaciones de la CFE y comunica la porción oriental del área de estudio. Otra terracería que comunica la parte occidental del área de estudio se pueden tomar continuando otros 15 km sobre la misma Carretera Federal no. 1 y unos 5 km antes del poblado de Bonfil. Esta terracería comunica con el caserío pesquero de Santa Ana ubicado a 36 km al norte (Figura 1.1).



**Figura 1.1.-** Ubicación del Campo Volcánico de Tres Vírgenes en baja California Sur y sus principales vías de acceso. En rojo se aprecia la zona de estudio.

## 2. Geología

El complejo Volcánico de Tres Vírgenes se encuentra localizado dentro del dominio tectónico transtensional del sistema de fallas laterales derechas que provocaron la separación de Baja California del occidente de México, configurando el actual Golfo de California o Mar de Cortés, proceso que se inicia a los 12 Ma, pasando transicionalmente de un ambiente de subducción de

las Placas Farallón y Guadalupe por debajo de la placa de Norte América a un ambiente de “rift” después de los 5Ma, Dentro de este campo volcánico y sobre un basamento formado por rocas que van del Cretácico al Plioceno, se pueden reconocer tres grandes complejos volcánicos y de evolución diferente, La Caldera de Reforma, Caldera del Aguajito y el Complejo Volcánico de Tres Vírgenes, en este ultimo podemos definir a dos subgrupos, Domos el Viejo y el Azufre: Se trata de dos domos, donde hasta ahora se ha desarrollado el campo geotérmico, con mucha alteración y que forman parte del vulcanismo ligado a una estructura NNE-SSE. Ambos tienen estructuras de colapso hacia el NNE y paralelo a la fractura. La edad del Viejo es de al menos 180 mil años y el Volcán La Virgen: Es un edificio volcánico con una altura máxima de 1800 msnm formado a partir de una fractura eruptiva de orientación casi NNE-SSW, con edades de al menos 36,000 años al Reciente, (Dentro del edificio La Virgen se aprecia un antiguo centro localizado al SE, donde se encuentra instalada la actividad reciente, el edificio antiguo perdió su geometría en el sector NW, donde se aprecia actividad efusiva importante que enmascara el colapso del edificio. La parte NE del edificio ha sido formada por la efusión de grandes derrames de lava y pequeños crecimientos de domos. (Figura 2.1)

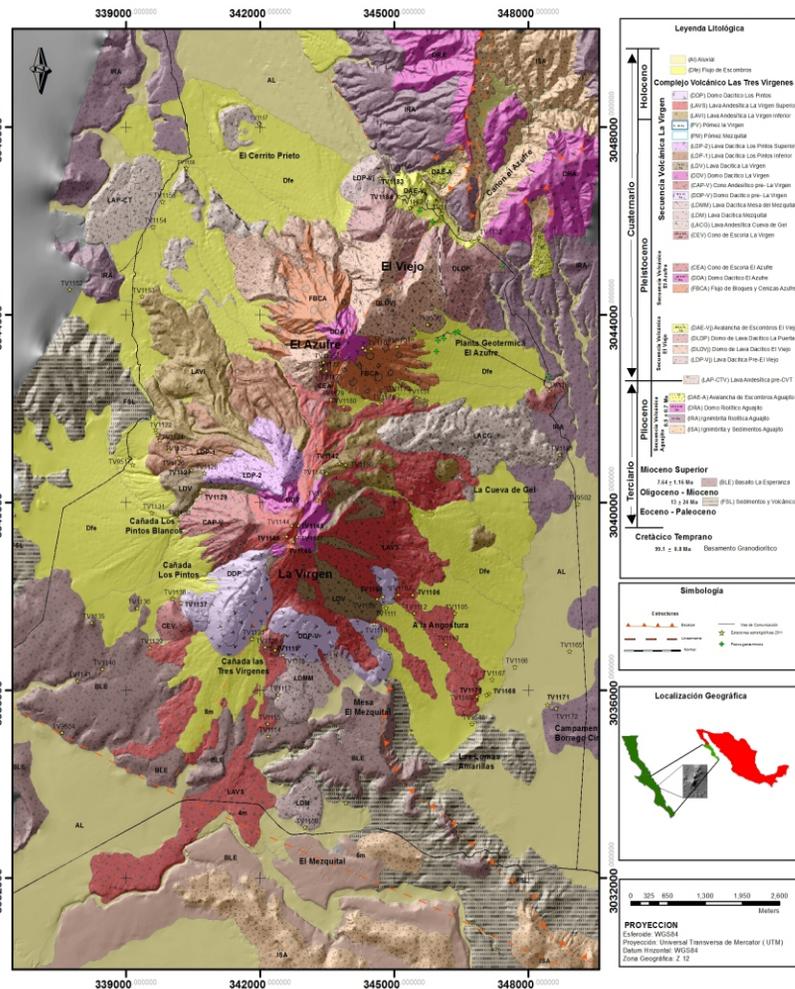


Figura 2.1.- Mapa geológico y columna litológica

### 3. Geología estructural

Se pueden separar rasgos con dos orientaciones preferenciales NW-SE y NNE-SSE, formados todos ellos por secuencias mayoritariamente volcánicas y soportadas por secuencias sedimentarias y magmáticas. De ellas distinguimos:

#### 3.1. La Sierra de Santa Lucia (Bonfil)

Se compone de un relieve de clara tendencia NW-SE que estructuralmente conforma un alto estructural delimitado por estructuras con geometría de fallas normales que configuran un horst, con elevaciones que van de 770msnm a 258msnm. Las fallas conforman los escarpes con pendientes más pronunciadas que tienden hacia la vertical. Las litologías de lavas e ignimbritas soldadas generan escarpes pronunciados que han labrado importantes cañones. Los drenajes son muy marcados de tipo dendrítico y paralelo las sierras de Tres Vírgenes, de Bonfil, Reforma y Aguajito tienen una tendencia NW-SE, mientras que el CVTV tiene una dirección NE-SW y forma parte de la falla Cimarrón. (Figura 3.1).

#### 3.2. La Sierra de Reforma

Que geológicamente constituye una caldera resurgente con levantamiento de granitos Cretácicos de 1240 msnm constituyen un relieve índice en la región de Santa Rosalía. La forma

de esta sierra es obviamente circular, ya que está gobernada por un colapso calderico de aproximadamente 10 km de diámetro y desniveles aproximados de 50 m. Ocurren varios tipos de drenaje desde radial (intrusivo Cretácico) y en los flujos piroclásticos; concéntrico, que está ligado a los colapsos, paralelo, el relacionado con fallas y fracturas de orientación NE-SW y N-S, y dendrítico, en donde afloran depósitos de flujo piroclástico y epiclásticos. (Figura 3.1).

### 3.3. La Sierra de El Aguajito

Se trata de un relieve que varía de 0 a 1120 msnm, su relieve está gobernado por una falla normal de orientación NNE-SSE, este esquema estructural permitió un desarrollo de drenaje profundo con desniveles importantes, sobre todo los ocasionados por la Falla Cimarrón. Los flancos este y oeste, así como partes en su centro ocupado por rocas volcánicas del Plioceno están disectadas por un drenaje de tipo dendrítico. En su flanco norte se distinguen una serie de domos y coladas de lava de composición ácida. El cañón El Álamo que divide a las sierras de El Aguajito y La Reforma tiene un desnivel de más de 200 m (Figura 3.1).

### 3.4. La Sierra de Tres Vírgenes

Es también un complejo volcánico formado por tres cúspides de orientación NNE-SSE que se superponen a la morfología de la Sierra de Santa Lucía; El Viejo con una cima de 1245msnm y una base de 680 msnm. Está controlado por un drenaje paralelo de orientación NNE-SSE. El Azufre con una cima de 1600 msnm y una base a 770 msnm, también se le desarrolla un drenaje profundo semejante al del Viejo, pero sus flancos tienen un drenaje radial. El aparato volcánico más imponente los forma el de La Virgen con una cima a 1927 msnm y una base a 545 msnm. Todo su flanco norte está ocupado por productos efusivos, los cuales parecen enmascarar un colapso abierto hacia el NNW- más adelante realizaremos una descripción más detallada de esta Sierra (Figura 3.1).

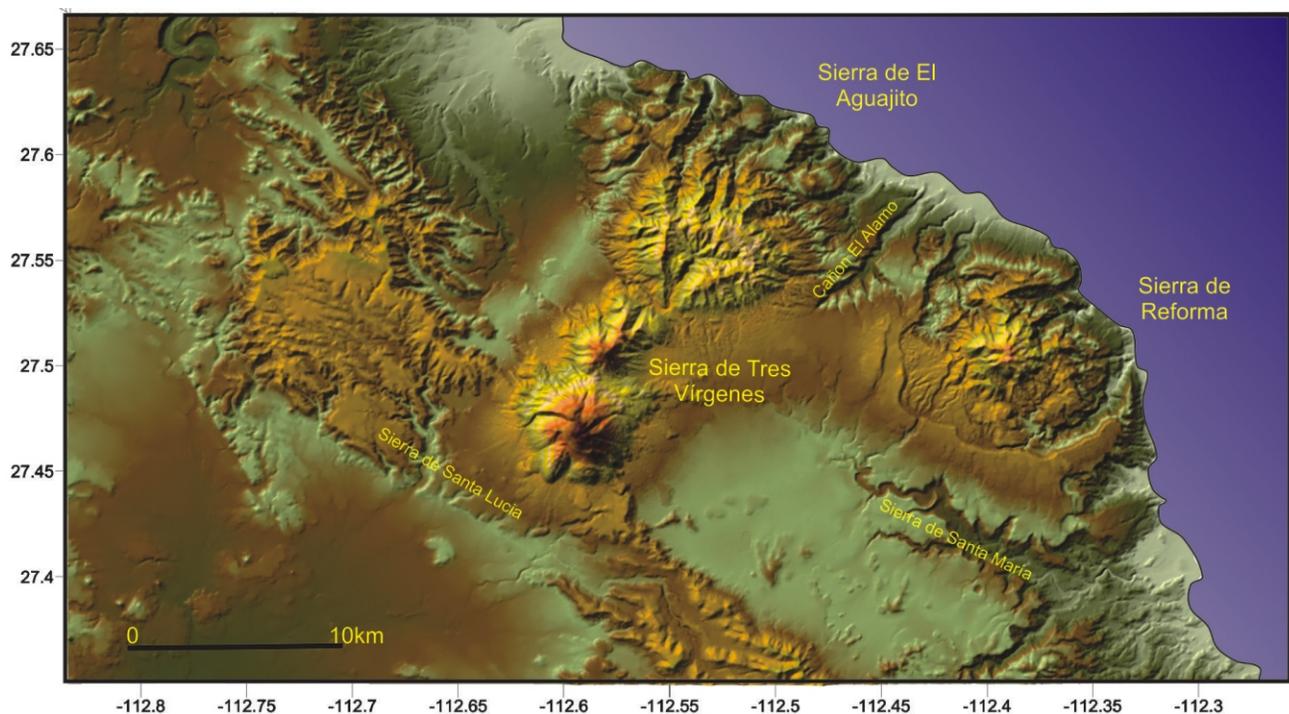


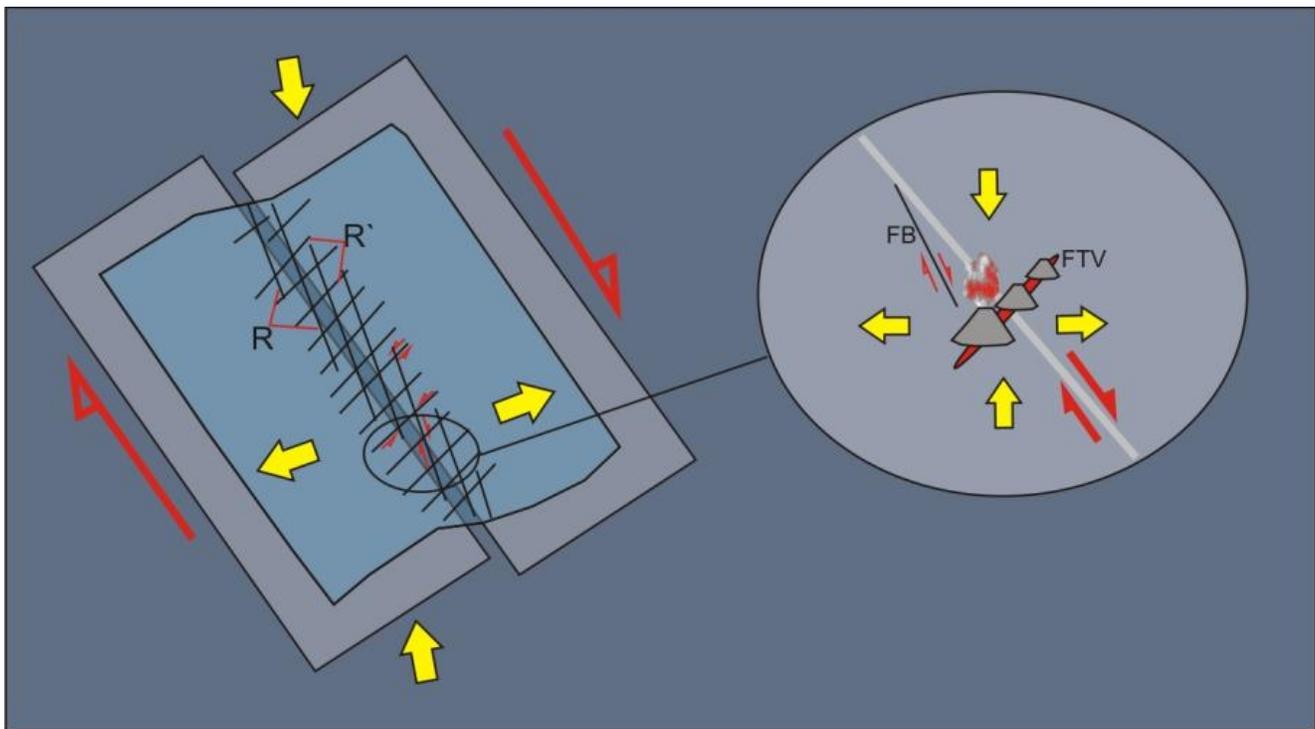
Figura 3.1.- Principales edificios volcánicos de las Tres Vírgenes

## 4. Modelo Tectónico

Desde un punto de vista tectónico se pueden reconocer dos sistemas estructurales que han disectado a las rocas sedimentarias del Mioceno-Plioceno y a distribuir el vulcanismo de la zona. Las principales tendencias de lineamientos, de los cuales destacan los NW-SE y NE-SW. El primer sistema corresponde a una serie de fallas normales de dirección NW-SE ligadas al

inicio de la apertura del Golfo de California, estas estructuras producen bloques caídos hacia el NE (Golfo de California) y SW, labrando la Sierra de Santa Rosalía formada por el Grupo Comondú y Andesitas Santa Lucía. El segundo sistema lo conforman fallas laterales regionales de dirección NNW-SSE y NW-SE (Falla Bonfil) de tipo derecha y estructuras NE-SW con componente normal (Falla Cimarrón), este sistema asociado a un sistema de Riedel con estructuras de bajo ángulo (F. Bonfil) y alto ángulo (F. Cimarrón). Es en este sistema de Riedel, activo que se han desarrollado los campos volcánicos de Reforma, Aguajito y el CVTV (Figura 4.1).

Con la finalidad de comprender mejor a cada una de estas estructuras se describe su geometría, sobre todo de aquellas que intervienen en la conformación del CVTV, conformado por los volcanes El Viejo, El Azufre, La Virgen y varios aparatos volcánicos de tipo monogenético.



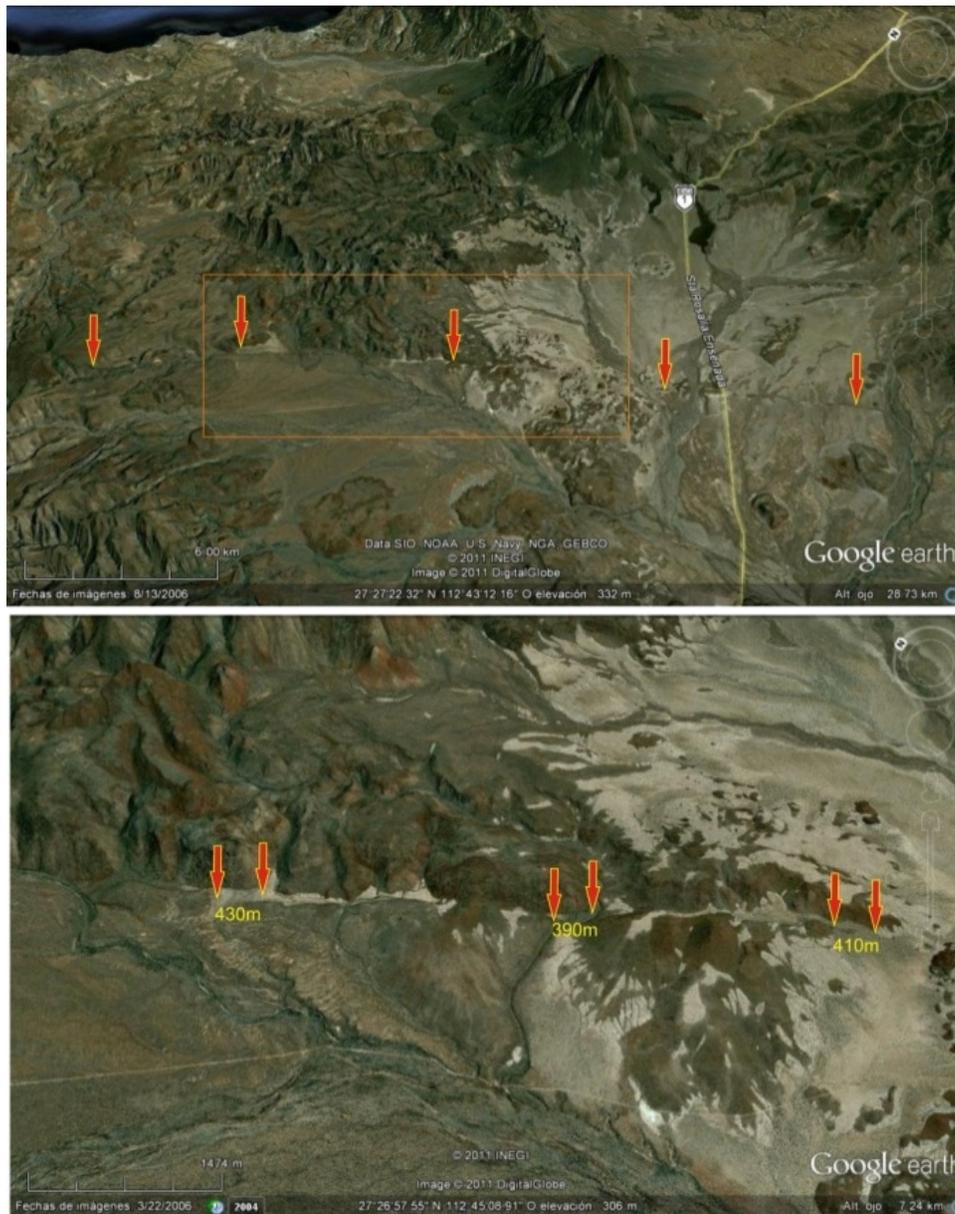
**Figura 4.1.-** Modelo de Riedel para relacionarlo con el vulcanismo de Tres Vírgenes dentro del régimen tectónico transtensivo

#### 4.1. Las Fallas de El Campamento y Mezquital

Son estructuras que conforman una serie de sierras que son paralelas a la costa del Golfo de California, que en los sectores de Santa Rosalía y La Reforma presenta bloques caídos hacia el NE. Estas estructuras afectan a las unidades vulcano-sedimentarias del Mioceno-Plioceno y en la zona de estudio conforman, junto con las unidades Cretácicas el basamento del CVTV.

#### 4.2. Sistema de Fallas de Bonfil

Hacia el SW del volcán La Virgen y por debajo de este mismo se encuentran una serie de estructuras lineales que controlan los drenajes principales y/o la morfología de las unidades Cuaternarias. Dentro de ellas destaca la falla de Bonfil que es una falla lateral derecha con dirección N35° con una longitud de 25 km, y un desnivel vertical de 10m; el desplazamiento horizontal es de aproximadamente 400m, ambos son acumulados. Se considera que ésta estructura es una falla de bajo ángulo de la falla principal de El Mezquital. La F. Bonfil es una falla activa que podría presentar sismos actualmente. La estructura tiene un movimiento aparente hacia el SW. En el campo es poco usual encontrar los planos de esta falla, sin embargo, los depósitos de aluvión del arroyo principal de Bonfil están deformados, seguramente por eventos



**Figura 4.2.** Traza de la falla activa de Bonfil (Santa Lucia) donde se ve un desplazamiento acumulado de aproximadamente 400m en forma lateral derecha.

Hacia el Este de la Falla Bonfil, aparecen otros dos segmentos, con menos relieve, pero que conservan el rasgo de posibles fallas activas, que están controlando los principales afluentes. Las direcciones de estos dos segmentos es NW-SE y con longitudes de 6 km y con muy baja conservación de sus escarpes, pero que su geometría le dan un aspecto de falla con una componente lateral importante. Hacia el SE y NW del Volcán La Virgen se observan rasgos rectilíneos que controlan parte de los afluentes de las rocas del Plioceno-Mioceno que podrían pertenecer a este sistema de fallas de Bonfil; estas estructuras estaría también afectando al vulcanismo actual.

## 5. Estratigrafía

El volcán El Viejo está compuesto por rocas andesíticas y dacíticas en su mayoría domos, derrames de lava y flujos piroclásticos de bloques y ceniza y epiclásticos. El volcán el Azufre consiste de las rocas antes descritas con una composición dacítica. En cambio el volcán La Virgen presenta la mayor variación en cuanto al tipo de rocas y composición mineralógica. Aunque tiene un dominio de derrames de lava y domos presenta algunas secuencias piroclásticas importantes como los depósitos La Virgen y El Mezquital. Alrededor del complejo volcánico existen varios conos de escoria los cuales están interestratificados con los productos

del mismo CVT. De manera general en las figura 5.1 y 5.2 se coloca de manera gráfica la columna, estratigrafía y modelo geológico conceptual del CVT.

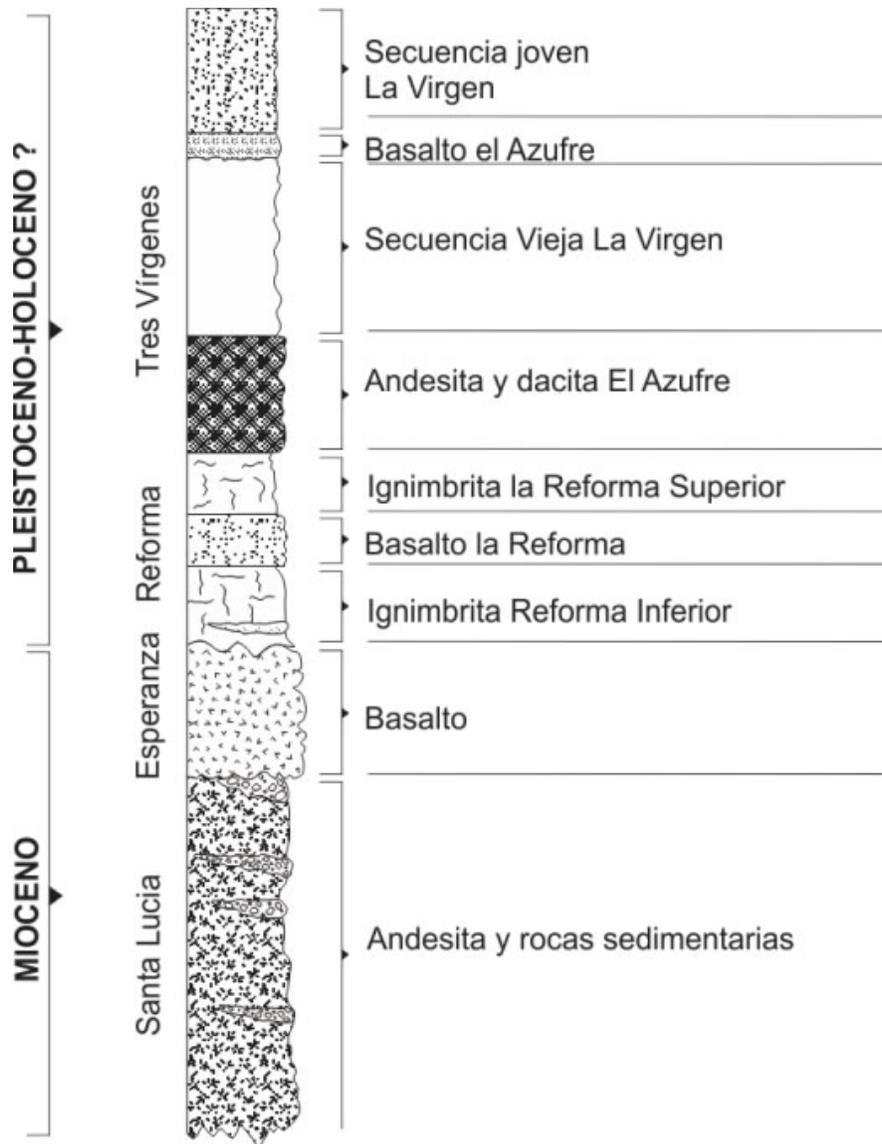


Figura 5.1. Secuencia estratigráfica simplificada para la región del CVTV.

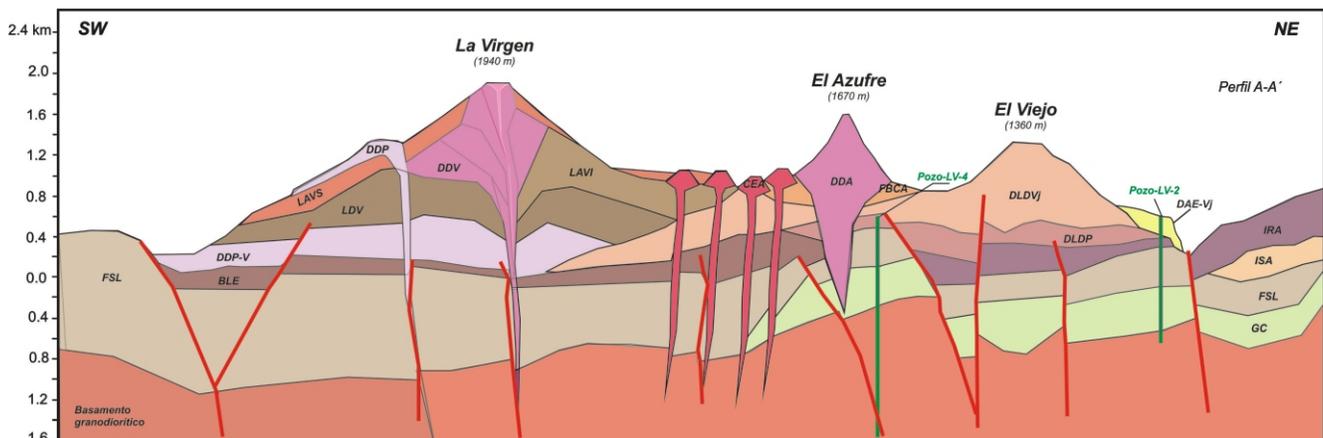


Figura 5.2. Perfil topográfico y sección estratigráfica del área de estudio que muestra la interdigitación de las unidades litológicas. Se muestra la posición de dos pozos de la CFE LV2 y LV4.

## 6. Evolución del CVTV

- a) El basamento de la región, está conformada por rocas de tipo intrusivas de composición granodiorítica que tienen una edad aproximada de 99 Ma equivalente al Cretáceo Temprano.
- b) Sobre esta unidad se emplazaron los depósitos volcano-sedimentarios del Grupo Comondú y la Formación Santa Lucía (13-24 Ma) del Mioceno y que afloran sobretodo en la porción sur y occidental del CVTV.
- c) Posteriormente, ocurrió el emplazamiento del Basalto de tipo fisural La Esperanza de 7.64 Ma (Mioceno tardío).
- d) Durante el Pleistoceno tardío (~0.7 Ma) la actividad volcánica se emplazó al norte del área mediante eventos explosivos de tipo ignimbrítico intercalados con la emisión de coladas de lava (ISA), que forman la base del volcán Aguajito.
- e) Posteriormente a esto ocurrió una erupción explosiva muy voluminosa, que dio lugar a la formación de la caldera el Aguajito y la deposición de ignimbritas de composición riolítica (IRA) en gran parte de la región, por lo que actualmente conforman el sustrato rocoso del CVTV.
- f) Seguidamente, aconteció la resurgencia de una serie de domos riolíticos, que se emplazaron dentro de la caldera hace 0.5 Ma, ocupando toda la porción superior de dicha caldera.
- g) Posteriormente, tuvo lugar la formación de la Falla Cimarrón que favoreció el colapso de las laderas internas y externas de la Caldera de El Aguajito, dando lugar la formación de avalanchas de escombros en su interior y en el flanco sur de Aguajito.
- h) Probablemente, la apertura de la Falla Cimarrón (fisura extensional) e intersección con la Falla el Azufre permitió la migración del vulcanismo hacia el Sur y la ocurrencia de erupciones predominantemente efusivas de composición andesítica que fluyeron hacia noroeste por encima de la Ignimbrita Riolítica Aguajito.
- i) El vulcanismo efusivo del CVTV, inició en el Pleistoceno tardío, con la emisión de la colada de Lava Dacítica pre-Viejo de poca extensión y que aflora al noroeste al pie del edificio actual del volcán el Viejo.
- j) La actividad continuó un poco más al sur con el establecimiento de la base del edificio volcánico principal del Viejo, con una erupción efusiva que generó el Domo de lava dacítico La Puerta, que fue emplazado con poca distribución dando lugar a una pequeña meseta de lava, cubriendo en gran parte a la Lava Dacítica pre-Viejo y una pequeña parte de la Ignimbrita Riolítica Aguajito al sur de la misma caldera.
- K) Posteriormente, se originó una erupción efusiva que distribuyó hacia el sur que produjo al Domo de lava Dacítico El Viejo y erupciones explosivas por la destrucción de domos ocasionando la formación de flujos piroclásticos que se encuentran principalmente al norte del Viejo, conformando gran parte de la estructura volcánica principal actual.
- l) Contemporáneamente a la construcción de este edificio tuvo lugar actividad de la Falla Cimarrón se podría decir que la actividad en el Viejo consistió en la emisión de domos centrales y lavas dacíticas de corta extensión ( $198 \pm 42$  ka) que fueron destruidos eventualmente por la intrusión de nuevo magma originando flujos de bloques y cenizas y lahares a su alrededor. Este mismo tipo de actividad se repitió en varias ocasiones originando la morfología actual del volcán. Finalmente, ocurrió el colapso hacia el norte del domo más septentrional el cual bloqueó la barranca del azufre. Los pozos LV1 y LV2 están asentados sobre el depósito de avalancha de escombros de este colapso.
- m) Actualmente existe actividad fumarólica y alteración intensa a escasos centímetros de la superficie en donde la roca alterada está saturada en agua y convertida a caolinita y se encuentra a temperatura ~90° C.

N) Posteriormente, la actividad volcánica migro ~1 km hacia el SW con la extrusión de un domo dacítico (El Azufre) que cortó el flanco SW del Viejo. El crecimiento de este domo central causó el emplazamiento de flujos de bloques y cenizas a su alrededor y su remoción a parte más bajas como depósitos de lahar y fluviales (epiclásticos).

ñ) Aparentemente, la actividad en la zona de estudio dió origen a varios conos de escoria al SW del Azufre a lo largo de la Falla Cimarrón. Estos conos están en coalescencia y semi-destruidos lateralmente por la misma falla formando morfología de media luna.

o) La actividad migro nuevamente a 6 km al SW y 5.6 km al S localizados actualmente al pie del volcán La Virgen, a través, de la emisión de magmas más básicos de composición andesítico-basáltica a andesítica.

p) Una nueva erupción, ocurrió a 2.7 km al pie del volcán La Virgen, generando le emisión de una colada de lava de origen fisural y poca distribución.

q) El registro estratigráfico, indica que la construcción del edificio volcánico La Virgen comenzó con la emisión de domos dacíticos, originando la morfología cómica al pie del sur del edificio volcánico.

r) Después, de un periodo de reposo, ocurrió una nueva erupción con actividad explosiva intercalada con erupciones efusivas, dando lugar a la deposición de depósitos de caída y lavas, que construyeron el Cono Andesítico pre-La Virgen).

s) Otra erupción efusiva, ocurrió en la cima del edificio volcánico La Virgen y originó la lava de composición dacítica, lo que logró edificar por completo al volcán La Virgen, dándole una apariencia de estrato-volcán.

t) Tiempo después, ocurrió una nueva erupción, con centro de emisión en el flanco NW del volcán La Virgen.

u) Posteriormente, se produjo una erupción de tipo pliniana en el cráter principal de La Virgen, que formó una columna eruptiva de hasta 18 km de altura y esta fue influenciada por vientos provocando la distribución de la pómez hacia el suroeste, cubriendo gran parte de la región (PV). Según el levantamiento estratigráfico dichos depósitos se encuentra cubriendo la mayoría de la secuencia, tales como La Esperanza, Conos La Virgen, Mezquital, Mesa Mezquital, Domos La Virgen, lavas Los Pintos.

v) Una nueva erupción efusiva se produjo en el cráter principal, de composición andesítica, estas coladas fueron cortadas por una erupción efusiva de tipo fisural ocurrida a 3 km de la Virgen.

w) El cráter principal de La Virgen volvió a entrar en erupción, con la emisión de coladas de lavas que distribuyeron de manera radial y bajaron por los flancos del volcán.

x) Finalmente, la actividad efusiva migro hacia el flanco SW del volcán La Virgen dando lugar a la formación del Domo Dacítico Los Pintos.

Sin embargo, el volcán no ha vuelto a entrar en actividad magmática, y a lo largo del tiempo reciente este ha sido afectado por la erosión, lo que originado la denudación de todo el CVTV, y ha provocado la formación de grandes abanicos conformado por depósitos de lahares), dándole una apariencia de pie de monte.

## 7. Conclusiones

- ➡ El Complejo volcánico de Tres Vírgenes forma parte de un sistema de fallas laterales derechas NW-SE asociado a la apertura del Golfo de California.

- Las estructuras de la Cuenca de Guaymas se prolongan al continente, primero actuando como fallas normales y ahora como fallas laterales derechas.
- Este arreglo genera fallas se comportan como fallas derechas (Sistema Bonfil) y fallas relacionan con una zona de tensión, responsable de la formación del CVTV (Falla lateral izquierda Cimarrón).
- La zona es potencialmente sísmica, lo que siempre contribuirá a mantener una buena permeabilidad secundaria en el yacimiento geotérmico.
- La densidad de fracturamiento estudiada tanto en lavas como en flujos piroclásticos muestra buena permeabilidad secundaria que seguramente estará presente tanto en las rocas del Terciario como en las rocas graníticas y sedimentarias del Cretácico.
- La geometría de los elementos planares indica que el fallamiento y fracturamiento tienden a ser subverticales.
- Es muy probable que el complejo Volcánico de Tres Vírgenes se haya formado durante los últimos 200,000 años a lo largo de una fisura eruptiva (Falla Cimarrón) primero formando el Volcán el Viejo, posteriormente el Volcán El Azufre y finalmente el Volcán La Virgen.
- El conocimiento del Modelo Geológico Conceptual permite la caracterizar su geometría, para la elaboración de propuestas de perforación de pozos en la expansión de la capacidad de generación del C.G. de las Tres Vírgenes.

## 8. Referencias

1. Macías Vázquez, et all. Estudio de la evolución volcánica y geoquímica de la estructura volcánica de Cerro Prieto, B.C. CFE, Informe interno (DEX-DGL-CP-20-11)