

Dominios morfoestructurales de la Región Morelia

Robles Péreznegrón y Corona Chávez, Terra Digitalis 2024

Un dominio morfoestructural es una unidad de relieve que puede ser delimitada y definida por poseer características geomorfológicas relativamente uniformes dentro de un espacio continuo. Esta afinidad de características geomorfológicas es sintetizada en los dominios morfoestructurales y representan la expresión superficial de procesos morfogenéticos, los cuales están relacionados con procesos geológicos y su temporalidad. La división de la totalidad del relieve de un área de estudio en dominios nos permite realizar modelos de su génesis y evolución del paisaje, que posteriormente pueden ser relacionados con un sistema más grande que correspondería a toda la zona de estudio. Se trata de un análisis espacial preliminar a la elaboración de una cartografía geológica.

La delimitación de los dominios morfoestructurales se realiza mediante el análisis de las características geomorfológicas cualitativas y cuantitativas que son el resultado de los agentes de la morfogénesis o procesos geológicos que reciben distintos nombres; endógenos y exógenos; constructivos y destructivos; primarios y secundarios. De manera sintética, corresponden a: altitud, pendiente, densidad y patrones de drenaje, grado de erosión y fracturamiento, morfología volcánica y estructuras tectónicas y vulcano-tectónicas. Después, estas características son comparadas y separadas de unidades adyacentes que presentan diferencias importantes. La extensión de los dominios morfoestructurales depende de la escala del análisis.

La delimitación de los dominios morfoestructurales de la Región de Morelia se realizó con ayuda de todos los materiales cartográficos, además del mapa de distribución y clasificación de volcanes y un mapa de lineamientos que se elaboró al iniciar esta fase. En una primera fase se trabajó manualmente con la impresión en papel del modelo sombreado y de pendientes, mapas topográficos y un mapa altimétrico con intervalos a cada 10 m elaborado en el software Surfer 16, todo esto a la escala de impresión 1:50 000. Simultáneamente se consultaron los demás materiales en formato digital. Posteriormente se digitalizaron y afinaron los lineamientos estructurales y dominios morfoestructurales en ArcMap 10.5 para

finalmente obtener un mapa estructural y un mapa de dominios. Por último, a cada dominio se le asigna un nombre y una descripción detallada.

En este apartado se presentan 18 dominios morfoestructurales de la región de Morelia. Las descripciones de los dominios y subdominios incluyen su definición, relacionada espacialmente con alguna localidad tipo, localización, distribución espacial, geoformas distintivas, así como otros rasgos físico-geográficos representativos. El orden de los dominios está relacionado con la temporalidad, de lo más antiguo a lo más joven, de los procesos geológicos y morfogenéticos que han dado lugar a un paisaje representativo para cada dominio. Posteriormente se presentan los sistemas de lineamientos morfoestructurales.

1. Sierra y caldera La Escalera

Se encuentra en la porción sureste de la región de Morelia, con una orientación prevalente de dirección NE-SO (Figura 1). En la zona no hay grandes centros de población, solo pequeñas poblaciones rurales. En el límite norte del dominio se ubica la localidad de Jaripeo, en la zona interna de la caldera se ubican las localidades de El Palmar y La Escalera, y en la parte centro este se ubica Puerto La Sosa, entre otras. Abarca porciones de los municipios de Charo, Tzitzio, Madero y Morelia. Desde Morelia se accede fácilmente por la carretera federal no.15 llamada carretera a Mil Cumbres. Desde el punto de vista de dominios de paisaje, se ubica al este del dominio Paleo-caldera de Atécuaro y el subdominio La Trampa y Domos, así como al sur del dominio Subcuenca Morelia-Charo.

Es un dominio de sierra caracterizado por una sucesión de productos volcánicos del Mioceno (con algunas edades del Oligoceno; Pasquarè *et al.*, 1991; Gómez-Vasconcelos *et al.*, 2015) y por una sobresaliente paleo-estructura de caldera de colapso llamada La Escalera, así como por depósitos volcánicos re-transportados (avalanchas y lahares) relativamente sin-genéticos y recientes. Las geoformas de sierra y la paleo-estructura volcánica han sido afectadas por un alto grado de erosión, fallamiento y fracturamiento.

Abarca un área de 390 km² y del municipio de Morelia cubre 89 km², el 7.5%. Es delimitado al este por una estructura tectónica de primer orden NE-SO de aproximadamente 30 km y al norte por una estructura de primer orden con dirección E-O relacionada con el Sistema de Fallas Morelia-Acambay.



Figura 1: Panorámica tomada desde el mirador de la localidad Paseo de Las Nubes, aproximadamente a 2 km al este del límite del dominio sierra y paleo-caldera La Escalera, desde su límite norte. Se observa, desde su zona de parteaguas, al sur, la depresión de la región hidrográfica del Balsas y el característico paisaje de sierra de este dominio.

Predomina un relieve montañoso y escarpado con profundos valles, caracterizado por una depresión volcánica en su sección norte. Esta última corresponde a la depresión de la paleo-caldera La Escalera, la cual presenta una estructura vulcano-tectónica con forma semicircular, altamente fracturada, con un diámetro de 7 km, circundada parcialmente por remanentes de domos de lava y depósitos volcánicos re-transportados. Al suroeste de esta última y al este de la localidad Puerto La Sosa, se propone la ubicación de otra paleo-caldera de menores dimensiones, esta presenta una estructura circular con un diámetro aproximado de 2.5 km y también se observan domos circundantes principalmente en el borde noroeste. Con respecto a los valores de elevación del dominio, la altura máxima es de 2600 m s.n.m. en los cerros Pico Azul y El Zarzal, al norte de la caldera La Escalera, y las mínimas son de 1200 m s.n.m. en la cañada del río La Chareña, este último representa un lineamiento con orientación NO-SE, aproximadamente 6 km al sur de El Palmar. Con respecto a la inclinación del terreno, predominan las pendientes fuertes, mayores a 15° a lo largo de todo el dominio, con pendientes generalmente abruptas mayores a 30° en las cumbres del paisaje de sierra, en las laderas internas de la caldera y en los límites

escarpados de la estructura regional que delimita al dominio con dirección NE-SO. El dominio es deformado y dislocado por al menos tres sistemas de lineamientos morfoestructurales con direcciones NO-SE, NE-SO y E-O.

Los patrones de drenaje dominantes son de tipo dendrítico a subdendrítico muy bien desarrollados, sin embargo, se observa un sistema de drenaje radial en las laderas externas de la caldera La Escalera.

De manera aproximada, la zona de parteaguas entre las regiones hidrográficas Lerma-Santiago y Balsas es delimitada a lo largo de todo el límite oeste del dominio y el borde norte de la paleo-caldera La Escalera.

Cabe subrayar que representa al dominio más antiguo y extenso, con la topografía más accidentada y las cotas más bajas de toda la región.

2. Caldera de Atécuaro

Es un dominio distinguido por una depresión volcánica circular formada por la estructura de la caldera de Atécuaro, la cual es rodeada por un conjunto de domos erosionados y mesas de ignimbrita, dislocados sobre todo por fallas y fracturas con dirección NE-SO.

Posee una superficie de 282 km² y se ubica en la porción sureste de la Región de Morelia, al sur del dominio Subcuenca lacustre Morelia-Charo y al oeste del dominio La Escalera. Al norte es delimitado por una estructura normal de primer orden con dirección E-O relacionada al Sistema de Fallas Morelia-Acambay y al este por otra gran estructura regional de primer orden con dirección NE-SO que separa a este dominio del dominio sierra y caldera La Escalera. La ciudad de Morelia se extiende hacia la parte norte de este dominio, donde también se encuentran las localidades de Morelos, Jesús del Monte y San Miguel del Monte. En el centro de la caldera se ubican las localidades de Atécuaro y Zimpanio Sur y al sureste se encuentra Ichaqueo. Se puede ingresar a la zona a través de la carretera federal no.14, la cual se conecta con calles y avenidas que se dirigen hacia la localidad de Atécuaro. En el límite oeste del dominio se localiza el cuerpo de agua superficial más extenso de la región, la presa de Cointzio. También al sur se encuentran dos presas de menores dimensiones, las

presas de Umécuaro y Loma Caliente. Abarca 281 km² del municipio de Morelia, esto corresponde al 24% de su territorio.

Es representado por un relieve de montañas bajas a intermedias y mesas erosionadas que rodean a la depresión volcánica formada por la caldera de colapso de Atécuaro. La caldera de Atécuaro muestra un borde de caldera circular con algunos domos de lava erosionados, con un diámetro aproximado de 5 km y paredes internas con pendientes fuertes >20° en la porción norte y pendientes moderadas <15° en la porción sur y desniveles de 100 a 350 m. Las montañas bajas a intermedias corresponden a los flujos de lavas de la Sierra de Mil Cumbres (Gómez-Vasconcelos *et al.*, 2015) con pendientes fuertes a abruptas >25° como por ejemplo el Cerro Las Animas, al oeste de la caldera. En los domos erosionados predominan las pendientes moderadas a fuertes <20°. Por otra parte, en las cimas relativamente planas de las mesas de ignimbritas las pendientes son suaves <4°. La altura máxima del dominio es de 2640 m s.n.m. al oeste de Ichaqueo y la mínima es de 1900 m, con alturas intermedias en la depresión de Atécuaro donde el punto más bajo es de 2220 m s.n.m. Las redes de drenaje se muestran bien desarrolladas y predomina un patrón de drenaje radial centrífugo dispuesto en las laderas externas de la estructura de la caldera de Atécuaro.

3. Sucesión volcánica de Cuitzeo

Representa a un conjunto de mesas dislocadas, basculadas y erosionadas, construidas por la superposición de un extenso volumen de flujos de lava y productos piroclásticos.

Se localiza en el límite norte de la Región de Morelia, al sur del lago de Cuitzeo y con respecto a los dominios de paisaje, al norte de la Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón y el subdominio Quinceo-Tetillas. Presenta una orientación general con dirección E-O, tiene una longitud de 38 km, un ancho promedio de 10 km y cubre una superficie de 340 km². Del municipio de Morelia abarca un área de 87 km². El dominio presenta tres sectores con características morfoestructurales distintivas por lo que este se dividió en tres subdominios: a) Mesas de Tarímbaro-Copándaro, b) Volcán Zapata y c) Mesas de El Porvenir. A continuación, se describe cada uno.

a) Subdominio mesas de Tarímbaro-Copándaro

Es un subdominio conformado por una secuencia de flujos de lavas, ignimbritas y depósitos de caída, caracterizado por un relieve socavado por estructuras tectónicas y una red de drenaje que comparte direcciones preferentes.

Se ubica en la porción central del dominio y abarca un área de 146 km². Dentro de este subdominio se sitúan las localidades de Tarímbaro, Copándaro de Galeana y Las Canoas, y forma parte de los municipios de Tarímbaro y Copándaro. Al norte la secuencia es delimitada por una estructura en forma de tijera formada por la intersección de dos grandes lineamientos estructurales con direcciones NO-SE y NE-SO.

Se trata de un conjunto de mesas alargadas y colinas rodeadas por barrancos. Dentro del subdominio, construido esencialmente por una secuencia de productos volcánicos, también se encuentran de forma aislada a 3 pequeños conos cineríticos anteriormente identificados por Hasenaka y Carmichael (1985a y 1985b) y 3 edificios tipo spatter. En los barrancos predominan las pendientes fuertes >20° y pendientes suaves <4° en las cimas de las mesas. El subdominio es cortado por estructuras inferidas con dirección NO-SE y estructuras normales con dirección NE-SO y E-O. La altura máxima es de 2420 m s.n.m. en el Cerro Largo, al oeste de Las Canoas y las mínimas son de 1840 m s.n.m. al norte del dominio, margen sur del lago de Cuitzeo. Predomina un patrón de drenaje subdendrítico con los mayores afluentes orientados al NO-SE.

b) Subdominio volcán Zapata

Es una mesa de productos volcánicos que se distingue por ser coronada por el volcán Zapata, un volcán tipo escudo con un *spatter* somital de 8.11-6.75 Ma (Trujillo-Hernández, 2017).

Se encuentra en el sector oeste del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo, al sur del Lago de Cuitzeo y norte de la Planicie Tarímbaro-Álvaro-Obregón. Cubre una superficie de 41 km². Es parte de los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón y Cuitzeo. El subdominio está rodeado por varias pequeñas localidades entre las cuales se encuentra Cuto del Porvenir al oeste.

Este subdominio presenta morfología de mesa sobreyacida por un volcán tipo escudo de tamaño mediano con cima plana. Es cortado por estructuras de fallamiento normal con dirección ENE-OSO que buzan al NO. Predominan las pendientes suaves $<6^\circ$ en las superficies elevadas del subdominio y bordes con pendientes moderadas a fuertes entre $10-25^\circ$. La vertiente norte del volcán es particularmente escarpada con pendiente $>30^\circ$, generada por una estructura normal con dirección ENE-OSO que corta al edificio. La altura máxima es de 2160 m s.n.m. en la cima del volcán Zapata y la mínima es de 1840 m s.n.m. El patrón de drenaje dominante es sub-paralelo con afluentes orientados al ENE-OSO, los cuales se unen a las corrientes que rodean al dominio.

c) Subdominio mesas de El Porvenir

Es un conjunto de mesas alargadas, dislocadas por una alta densidad de estructuras de cinemática extensional con direcciones ENE-OSO y NE-SO y basculadas al SE (Figura 2).



Figura 1: Panorámica tomada al norte de la localidad El Porvenir, con vista hacia el norte. Se observa un amplio graben con orientación ENE-OSO, característico del relieve de este dominio, configurado recientemente por estructuras con esta misma dirección.

Se encuentra en la porción occidental del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo. Con respecto a los dominios de paisaje, se ubica al noreste del dominio Conos y Spatter Morelia y al norte del subdominio Quinceo-Tetillas. Es delimitado al este por una estructura inferida de segundo orden con dirección NO-SE que lo separa del subdominio Mesa Volcánica Central. Contiene a las localidades de Tiristarán, El Porvenir y La Carbonera, entre otras

pequeñas localidades, y abarca un área de 153 km². Cubre 87 km² del municipio de Morelia, lo cual corresponde al 7% de su territorio.

Predomina un relieve de mesas y quebradas. Las pendientes son suaves menores a 5° sobre las mesas y pendientes fuertes a abruptas mayores a 20° en los escarpes de fallas y las laderas erosivas de los valles. La altura máxima es de 2440 m s.n.m. en la Mesa Piedra de Lumbre, 3 km al noroeste de La Carbonera, con alturas intermedias de alrededor de 2200 al oeste del dominio, cerca de Tiristarán, y la cota mínima es de 1840 m s.n.m. en las proximidades al lago de Cuitzeo. Predomina un patrón de drenaje subparalelo en donde los afluentes menores tienden a ser paralelos con dirección NNO-SSE y se unen perpendicularmente a afluentes principales con dirección ENE-OSO y NE-SO.

4. Subcuenca lacustre Morelia-Charo

Representa un bloque con orientación E-O constituido por una secuencia de flujos de lava e ignimbrita que subyacen concordantemente a los depósitos fluvio-lacustres de una antigua subcuenca, rematado por depósitos piroclásticos del Pleistoceno (Israde-Alcántara, 1995; Israde-Alcántara y Garduño-Monroy, 1999).

Presenta una orientación prevalente con orientación E-O, con una longitud de 20 km y un ancho promedio de 10 km, en un área de 196 km². Se ubica en el límite este-central de la Región Morelia, al sur del subdominio Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón, al norte de los dominios Sierra y caldera La Escalera y caldera de Atécuaro y al este del dominio Área Urbana Morelia (Figura 3).

Es delimitado por estructuras de primer orden, al norte por una estructura regional relacionada al Sistema de Fallas Morelia-Acambay con dirección ENE-OSO que delimita el bajo estructural en donde se sitúa la Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón y al sur por otra estructura relacionada al mismo sistema conocida como falla Morelia (también nombrada La Paloma) con orientación E-O. En este dominio se extiende la porción este de la ciudad de Morelia, además de las localidades de Tres Marías, Atapaneo, La Goleta, Charo e Irapeo. A través de este dominio pasa el río Grande de Morelia con dirección NE-SO dirigiéndose hacia

la parte baja del dominio Área Urbana Morelia, el límite norte es atravesado por el río Joconol y al suroeste pasa el río Chiquito. Abarca 87 km² del Municipio de Morelia, el 7%.



Figura 2: Panorámica del paisaje de la Subcuenca Morelia-Charo, con vista hacia el norte y tomada desde el C. Colorado, al este de Ciudad Tres Marías.

Se trata de un relieve volcánico y fluvio-lacustre de lomeríos y montañas medias (Figura 4). Es afectado por lineamientos estructurales con dirección N-S, E-O y NE-SO. La altura máxima se encuentra a 2320 m s.n.m. en la cima del cerro Punhuato y la mínima es de 1860 m s.n.m. en las zonas próximas al curso del río Grande de Morelia. Las pendientes son suaves a moderadas menores a 10° en los lomeríos y moderadas a fuertes entre 10-30° en las laderas del Punhuato y el Cerro Colorado. Predomina un patrón de drenaje subparalelo a subdendrítico con afluentes paralelos y dendríticos que descienden de los lomeríos y montañas medias para unirse principalmente a los ríos Joconol y Grande.



Figura 3: Lomas bajas y cañadas del dominio Subcuenca Morelia-Charo, al este del hospital de alta especialidad ISSSTE.

Al suroeste del dominio Subcuenca lacustre Morelia-Charo se sitúan las lomas bajas en donde fue fundada la ciudad de Valladolid (hoy Morelia).

5. Área Urbana Morelia

Representa un estrecho bajo estructural que comprende al sector con la topografía más baja de la ciudad de Morelia (Figura 5).



Figura 4: Panorámica de la mancha urbana central de la ciudad de Morelia, tomada desde la ladera oeste del C. Punhuato.

Posee una forma estrecha y alargada con orientación general NE-SO, con una longitud aproximada de 15 km y un área de 37 km². Se localiza al centro de la Región de Morelia, al este-sureste del subdominio Quinceo-Tetillas, al noreste del subdominio El Águila y al oeste del dominio Subcuenca lacustre Morelia-Charo. Es limitado al noroeste por el lineamiento morfoestructural con dirección NE-SO que forma el dominio volcanes escudo de Morelia, al sureste por lomas bajas con orientación NE-SO del dominio Subcuenca lacustre Morelia-Charo y la falla Cerritos con dirección ENE-OSO. Recorre a la ciudad de Morelia de suroeste a noreste y abarca distintas colonias como San Juanito Itzícuaró, Adolfo López Mateos, Lomas del Valle, Tres Puentes, Las Flores, Industrial, Prados Verdes, Los Manantiales etc., así como parte del manantial La Mintzita, algunas de estas colonias son bien conocidas por sus recurrentes problemas de inundaciones. En esta zona confluyen los dos ríos principales

de la ciudad: el río Grande y el río Chiquito. Abarca 36 km² del municipio de Morelia, que corresponde al 3%.

Corresponde a una pequeña llanura con lomas bajas. Representa un valle con pendientes planas a ligeramente suaves menores a 3°, con la excepción de una loma baja y alargada de ignimbrita que se sitúa al suroeste del dominio en San Juanito Itzícuaru, limitada por fallas normales con dirección NE-SO y escarpes de falla con pendientes fuertes mayores a 15°. La altura máxima es de 1960 m s.n.m. en un banco de material al oeste de San Juanito Itzícuaru y la mínima es de 1900 m, la cual se mantiene en casi todo el dominio. La red hidrográfica de esta zona es controlada por el río Grande, el cual recibe aportes de corrientes superficiales provenientes del dominio Escudos de Morelia, caldera de Atécuaru y Subcuenca lacustre Morelia-Charo.

6. Lavas La Leonera-Tendeparacua

Se caracteriza por un gran flujo de lavas del Plioceno provenientes del volcán La Leonera, dislocado y limitado por estructuras normales con dirección NE-SO y E-O. En la parte central del dominio es cubierto por los derrames de lava jóvenes (Holoceno) del *spatter* de Tendeparacua (Kshirsagar *et al.*, 2015).

Tiene un área de 30 km² y se ubica en el límite noroeste de la Región de Morelia, al norte de los dominios Conos y *spatter* de Tanimireche y Maar La Alberca y al oeste y suroeste es rodeado por la Planicie de Zacapu. En este dominio se sitúan algunas pequeñas poblaciones como Tendeparacua, Coeperio y Puerta de Jaripitiro. Se encuentra dentro de los municipios de Huaniqueo y Chucándiro

Se trata de un relieve de montañas bajas con estructuras de semigraben y jóvenes mesetas de lava. En la zona se identifican 3 centros eruptivos de tipo *spatter*. La altura máxima es de 2290 m s.n.m. en la Loma El Zapote, al este de Tendeparacua, y la mínima es de 1900 m s.n.m. al este del dominio, en donde se aproxima al lago de Cuitzeo. Predominan las pendientes suaves <4° en los malpais, las pendientes fuertes >15° en las laderas de las montañas bajas y las pendientes abruptas >25° en los escarpes de fallas. El drenaje predominante tiende a ser subparalelo.

7. Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve

El dominio Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve es un macizo volcánico distinguido por una alta concentración de centros volcánicos y flujos de lava, en su mayoría domos, con los domos La Taza y La Nieve en las cumbres más altas del dominio.

Es un dominio con un área de 197 km² y se ubica en el límite sur de la Región de Morelia. Con respecto a los dominios de paisaje, se encuentra al oeste del subdominio La Trampa y Domos y al este del dominio Escudos, domos y conos de Pátzcuaro-Tzintzuntzan. Al norte se ubican las localidades de Lagunillas y Huiramba, y al este, Acuitzio del Canje. Forma parte de los municipios de Acuitzio, Huiramba, Pátzcuaro, Lagunillas y Morelia. Del municipio de Morelia cubre 27 km², el 2% de su territorio.

Se trata de un relieve montañoso configurado por la superposición de edificios volcánicos de tipo domo, cono y spatter. En total, en el dominio se aprecian 27 centros eruptivos de los cuales 20 fueron clasificados como domos, 2 *spatters* y 5 conos. La altura máxima se ubica en la cima del domo La Nieve a 3420 m s.n.m. y la mínima es de 2020 m en el límite noreste del dominio. Las laderas de todo el complejo se inclinan de manera general hacia el norte con pendientes suaves a moderadas menores a 10°, y pendientes mayores a 20° sobre las laderas de los edificios volcánicos. Las redes de drenaje se encuentran bien desarrolladas con tendencias a un tipo de drenaje dendrítico, más acentuado en la parte centro a sur del complejo y controlado por la pendiente general al norte.

La cima del domo La Nieve representa el punto más alto de toda la región y uno de los más altos de todo el estado.

8. Picacho-La Trampa

Es un dominio conformado por domos de lava y volcanes tipo escudo, que se caracteriza por las destacadas geoformas de dos volcanes tipo escudo denominados Picacho y La Trampa, ambos con morfometría similar.

Este dominio abarca un área de 146 km² y se encuentra dividido geográficamente en dos subdominios: a) Picacho y b) La Trampa y Domos. Ambos presentan una orientación general NNO-SSE y son delimitados por lineamientos inferidos con dirección NNO-SSE.

a) Subdominio Picacho

Representa a un volcán en escudo de tamaño mediano denominado Picacho.

Tiene un área de 42 km² y una orientación general NNO-SSE, con un eje mayor de 8 km y un ancho de 6 km. Se ubica en la porción noroeste de la RM, al este del dominio Maar La Alberca y al sur del dominio Conos y spatter de Tanimireche. Es delimitado al norte por una estructura de falla normal con dirección ENE-OSO relacionada al Sistema de Fallas Morelia-Acambay. Forma parte de los municipios de Morelia, Chucándiro y Huaniqueo, y al sur del Picacho se ubica la localidad de San Antonio Carupo. Del municipio de Morelia abarca 23 km², el 2%.

Presenta un relieve de montaña media con desarrollo de cárcavas en sus laderas. Es dislocado por estructuras normales de segundo orden que buzan al noroeste con dirección ENE-OSO. La altura máxima es de 2550 m s.n.m., en la cima del Picacho, y la mínima es 2090 m al noroeste del subdominio. Las pendientes de las laderas del volcán Picacho son suaves a moderadas menores a 10° y fuertes mayores a 20° en las pendientes de las cárcavas y los escarpes de fallas que cortan al edificio. El patrón de drenaje es radial bien desarrollado.

b) Subdominio La Trampa

Es un subdominio formado por un volcán en escudo de tamaño mediano llamado La Trampa y un conjunto de domos alineados con dirección NE-SO.

El subdominio tiene un área de 104 km² y una orientación general NNO-SSE, con una longitud de 15 km y un ancho promedio de 7 km. Se encuentra al oeste del dominio Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve y al suroeste del dominio caldera de Atécuaro. Es delimitado al este y oeste por lineamientos morfoestructurales inferidos con dirección NNO-SSE. Forma parte de los municipios de Acuitzio, Morelia y Madero. Del municipio de Morelia abarca 36 km², el 3%. Entre las pequeñas localidades que contiene, al norte se encuentra Tirio y en el extremo sur Zirapio el Alto.

Presenta un relieve de montaña media con desarrollo de cárcavas y montañas bajas escarpadas. Es dislocado por estructuras distensivas con dirección NE-SO. Además del volcán tipo escudo La Trampa, al sur del subdominio, cerca de Zirapio el Alto, se concentran

7 domos, los más altos son los domos El Zopilote y El Pozole a 2500 m s.n.m. La altura máxima es de 2520 m s.n.m. en la cima de La Trampa y la mínima es de 2020 m en el límite norte y oeste del subdominio, contiguo a la planicie de Tiripetío-Santiago Undameo. En las laderas de La Trampa predominan las pendientes suaves a moderadas menores a 10° mientras en las laderas de los domos se muestran pendientes fuertes a abruptas mayores a 25°. En las laderas de La Trampa el drenaje es de tipo radial bien desarrollado y en la zona donde se distribuyen los domos el drenaje es de tipo dendrítico a subdendrítico.

El lineamiento de domos con dirección NE-SO al sur del subdominio establece parte del parteaguas que divide a las dos regiones hidrográficas de la región: Lerma-Santiago y Balsas.

9. Domos y conos Sierra del Tzirate

Se trata de un dominio en forma de sierra construido por la alineación de domos de lava que en la porción sur se orientan al NO-SE y en el norte se orienta al NNE-SSO.

Este dominio abarca un área de 174 km², sobresale su forma de montaña alargada (sierra), su porción sur se orienta al NNO-SSE con longitud de 10 km y su porción norte se orienta al NNE-SSO con longitud aproximada de 12 km. Se localiza en el límite oeste de la Región de Morelia, al sur de la Planicie de Zacapu, al oeste del dominio Conos y spatter Morelia y al norte del dominio Conos de Rancho Seco. Forma parte de los municipios de Quiroga, Coeneo, Huaniqueo y Morelia. Al sur del dominio se ubica la localidad de Quiroga, en la parte media oriental se encuentra Teremendo de los Reyes y al norte La Cañada, entre otras. Del municipio de Morelia cubre un área de 26 km², el 2%.

Es un relieve de montaña alargada compuesta por geformas volcánicas de domos, conos cineríticos y spatters (Figura 6). Presenta un total de 35 centros eruptivos de composición dacítica a andesítica (Pérez-Orozco *et al.*, 2018). Está conformada por 22 domos, que en su mayoría se concentran en las cumbres a lo largo de la Sierra, 8 conos y 5 volcanes tipo *spatter*. La Sierra es cortada en su porción norte por estructuras normales con dirección ENE-OSO y al sur se infieren algunas estructuras con dirección NO-SE. Presenta una altura máxima en la cima del domo El Tzirate de 3320 m s.n.m. y una mínima de 2000 m en su base norte donde afloran cuerpos ignimbríticos de 1.4 Ma que subyacen al conjunto de

edificios volcánicos de la Sierra del Tzirate (Pérez-Orozco *et al.*, 2018). Predominan las pendientes fuertes a abruptas mayores de 15° a lo largo de la sierra y las laderas de los domos y menores a 10° sobre las laderas distales de la sierra, donde también se desarrollan algunos domos y conos. Predomina el patrón de drenaje dendrítico y subdendrítico medianamente desarrollado que fluye hacia las vertientes opuestas de la sierra.



Figura 5: Vista de los domos somitales de la Sierra del Tzirate. Fotografía tomada desde el occidente de la sierra.

10. Conos La Providencia

Es un dominio formado por una concentración de conos cineríticos que se alinean con dirección NE-SO y se distinguen por presentar una morfología redondeada.

Cubre un área de 34 km^2 y muestra una orientación general NE-SO con una longitud de 8 km y un ancho de 4 km. Se encuentra en la porción suroeste de la región, al sur del dominio Conos Rancho Seco y al norte del dominio Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve. Forma parte de los municipios de Lagunillas, Huiramba y Pátzcuaro. Al sureste del dominio se ubican las localidades de La Providencia y El Sauz.

Representa un relieve de mesa con colinas. Está conformado por 8 conos cineríticos con morfología redondeada y pendientes suavizadas que se agrupan en lineamientos volcánicos con dirección NE-SO. Es dislocado en su porción noreste por estructuras normales de tercer orden con dirección NE-SO. La altura máxima es de 2360 m en el cono La Providencia al noroeste de la localidad homónima y la mínima es de 2060 en la base de los conos El

Cambio, al oeste del dominio. Las pendientes son fuertes $>15^\circ$ en las laderas proximales de los edificios volcánicos y moderadas a suaves $<8^\circ$ en sus laderas distales. El patrón de drenaje es radial centrífugo medianamente desarrollado en torno a los edificios volcánicos.

11. Escudos de Morelia

Se trata de un dominio caracterizado por un gran lineamiento morfoestructural con dirección NE-SO formado por las prominentes estructuras de los volcanes tipo escudo más grandes de la región: El Águila-Remolino y Quinceo-Tetillas.

Abarca un área de 356 km^2 , con una orientación general NE-SO, un eje máximo con longitud de 30 km y ancho promedio de 12 km. Se localiza en la porción central de la RM, al sur del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo, al este de los dominios Escudos, domos y conos Sanambo y Conos y spatter Morelia y al oeste de los dominios caldera de Atécuaro y Subcuenca lacustre Morelia-Charo. Cubre 298 km^2 del municipio de Morelia, que corresponden al 25%. Este dominio ha sido dividido en dos subdominios que agrupan a los dos edificios volcánicos principales y a los centros volcánicos de menor tamaño que los rodean.

a) Subdominio Quinceo-Tetillas

Es un dominio construido por dos volcanes de tipo escudo denominados Quinceo y Tetillas, los cuales rodean o subyacen a otros volcanes de mucho menor tamaño (Figura 7).

Tiene una superficie de 185 km^2 y presenta una orientación general NE-SO, una longitud de 17 km y un ancho promedio de 10 km. Se ubica en la parte central de la Región de Morelia, al sur del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo, al noroeste de la ciudad de Morelia y al oeste del subdominio Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón. Al sur y sureste del dominio alberga una porción de la ciudad de Morelia, al oeste se encuentra la localidad de Cuto de la Esperanza y al norte Chiquimitío. Al sureste se ubica parte del manantial La Mintzita y al sur grandes conjuntos habitacionales de Morelia como Villas del Pedregal y Villa Magna. Se encuentra mayormente en el municipio de Morelia y una pequeña porción pertenece al municipio de Tarímbaro. Del municipio de Morelia abarca 176 km^2 , que corresponden al 15%.



Figura 6: Panorámica tomada desde el sur de la ciudad de Morelia, con vista hacia el noroeste. Al fondo se observa la morfología tipo escudo de los volcanes Quinceo (a la derecha) y Tetillas (a la izquierda), caracterizados por presentar derrames de lava que forman laderas con pendientes suaves y extendidas. Estos volcanes delimitan el margen noroeste de la traza urbana de Morelia. En el extremo oeste (izquierda) se observa el perfil del C. Pelón, mientras en el margen derecho, en segundo plano se observan las mesas del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo.

Predomina un relieve de montaña con colinas y también presentan una amplia mesa volcánica de poca altura inclinada hacia la ciudad de Morelia. El dominio está conformado por dos volcanes tipo escudo, 4 conos cineríticos, 4 domos y 1 *spatter*. Al suroeste del dominio se alinean, con dirección NE-SO, 3 conos y 1 *spatter* que incluyen a los conos Pelón, Jamanal y Cerritos. El dominio es dislocado por estructuras normales con dirección ENE-OSO a NE-SO. La altura máxima se sitúa en la cima de un domo que corona al volcán Tetillas a 2760 m s.n.m. y la mínima es de 1880 m s.n.m. al noreste del dominio en donde colinda con la Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón. En las laderas del volcán Tetillas predominan las pendientes moderadas a suaves $<10^\circ$. En las laderas del Quinceo las pendientes son generalmente fuertes $<25^\circ$ en alturas mayores a los 2200 m s.n.m. y moderadas a suaves $<10^\circ$ en alturas inferiores. Los conos y domos presentan laderas con pendientes fuertes mayores a 20° y la mesa de lavas generada por el *spatter* ubicado al sur del cerro Pelón presenta pendientes moderadas a suaves $<10^\circ$. Domina la red de drenaje de tipo radial centrífugo de los volcanes en escudo, con un mayor grado de disección sobre el Quinceo que en el Tetillas.

b) Subdominio El Águila-El Remolino

Es un dominio constituido por un edificio volcánico principal de tipo escudo denominado El Águila, el cual está rodeado por una serie de aparatos volcánicos de menores dimensiones. Tiene una superficie de 171 km² con un contorno que tiende a ser circular y un diámetro promedio de aproximadamente 13 km. Se ubica en la porción centro-occidental del área de estudio, al norte del dominio Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve, al oeste del dominio caldera de Atécuaro y al sur del dominio Conos y spatter de Morelia. Se ubica al suroeste de la ciudad de Morelia. En la parte sur del dominio se encuentran las localidades de Tiripetío y Lagunillas y en la parte norte están Tacícuaro, Capula y San Nicolas Obispo. Cubre 122 km² del municipio de Morelia, el 10% del municipio.

Representa un relieve de montaña. Está constituido por un edificio principal de tipo escudo, rodeado por 10 conos cineríticos y un volcán tipo escudo de menor tamaño llamado El Remolino. Se encuentra dislocado por fallas normales de segundo orden con dirección NE-SO y ENE-OSO, como las fallas Huiramba y Cointzio, al sur y este del dominio, respectivamente. La altura máxima es de 3060 m s.n.m. en la cima del Águila y la mínima es de 2020 en la base sureste del dominio. Las pendientes son fuertes, mayores a 20° en alturas mayores a los 2500 m s.n.m., y moderadas a suaves, menores a 10° en alturas inferiores. El patrón de drenaje dominante es de tipo radial centrífugo bien desarrollado.

12. Escudos, conos y spatter Sanambo

Se trata de un dominio representado por un edificio volcánico principal de tipo escudo que alberga otros 5 centros eruptivos de menor tamaño.

El dominio Volcanes de Sanambo se localiza en la porción oeste de la Región de Morelia. Con respecto a los dominios de paisaje, se localiza al sureste del dominio Domos y conos Sierra del Tzirate, al oeste del subdominio El Águila-Remolino y al sur del dominio Conos y spatter Morelia. Abarca un área de 82 km². Se encuentra dentro de los municipios de Morelia, Quiroga y Tzintzuntzan. Dentro del dominio se encuentran las localidades de Sanambo, Iratzio y parte de Capula. Del municipio de Morelia cubre 28 km², el 2%.

Presenta un relieve de montaña baja y extendida con conos cineríticos, spatters y dos volcanes tipo escudo. Contiene a un edificio volcánico principal de tipo escudo, aquí

denominado Buenavista, con límites circulares que es subyacente por; 2 conos, Irauco y El Melón, siendo el Melón el cono cinerítico más representativo dada su morfología joven y bien preservada que fluye hacia la base de la localidad de Capula (Figura 8); un *spatter* denominado La Mesa El Gachupín y; un volcán tipo escudo de menor tamaño en comparación con Buenavista, llamado Sanambo. La altura máxima es de 2760 m s.n.m. en la cima del cono Irauco y la mínima es de 2100 m s.n.m. al norte de Capula.



Figura 7: A la derecha de la imagen sobresale la morfología cónica del volcán El Melón, sobre la base del volcán tipo escudo Buenavista. A la izquierda de la imagen se observa una parte del volcán Sanambo, también sobre la base del volcán Buenavista.

Predominan las pendientes suaves a moderadas menores a 10° en las laderas del edificio principal, pendientes moderadas a fuertes $<25^\circ$ en los flujos del Sanambo, pendientes fuertes $<30^\circ$ en los conos, y pendientes suaves $<5^\circ$ en los flujos del *spatter* La Mesa El Gachupín. Predomina un patrón de drenaje radial centrífugo bien desarrollado en torno al edificio principal.

13. Maar La Alberca

Es un dominio definido por una larga mesa de lavas caracterizada por la presencia de una depresión volcánica que se posiciona al centro y forma un pequeño lago llamado La Alberca, el cual debe su origen a una erupción freatomagmática (Figura 9).

Abarca un área de 19 km² y posee una forma alargada con una orientación general al NNO-SSE, con una longitud de 7 km y un ancho promedio de 2 km. Este dominio se encuentra en la parte occidental de la Región de Morelia, al este de la Sierra del Tzirate, al norte del dominio Conos y spatter Morelia y al oeste del subdominio Picacho. Se encuentra entre los municipios de Huaniqueo y Morelia. En este dominio se ubican las localidades de La Alberca y Tecacho. Del municipio de Morelia abarca 11 km², que corresponde a un 1%.



Figura 8: Fotografía del maar la Alberca, denominada por diferentes autores como La Alberca de Guadalupe o La Alberca de Teremendo.

Se trata de un relieve de mesa alargada con un cono cinerítico y una pequeña depresión volcánica de cráter freatomagmático (*maar*). El dominio es dislocado por fallas normales con dirección ENE-OSO. Predominan las pendientes suaves <5° sobre la mesa, con pendientes fuertes a abruptas entre 20-45° en las paredes internas de La Alberca de Guadalupe y pendientes fuertes <25 en las laderas proximales del cono El Pelón. Las redes de drenaje presentan un patrón subparalelo con afluentes menores siguiendo la dirección de las fallas que cortan al dominio y que se unen a afluentes mayores orientados paralelos (NNO-SSE) a la mesa alargada que define al dominio.

14. Conos y spatter de Tanimireche

Es un dominio conformado por conos y flujos de lava, alineados con dirección ENE-OSO.

Abarca un área de 32 km², muestra una forma alargada con longitud de 12 km y orientación al ENE-OSO. Se localiza al norte de la Región Morelia, al norte del dominio Maar Alberca y al oeste del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo. Es delimitado al sur por los segmentos de una estructura de primer orden con dirección NE-SO. Forma parte de los municipios de Chucándiro y Huaniqueo. Dentro se ubican las localidades de Tanimireche y El Salto.

Presenta un relieve de mesa de derrames de lava con conos y spatters. En total presenta 6 centros eruptivos, 3 conos y 3 *spatters*. El dominio es cortado por estructuras normales con dirección ENE-OSO, E-O y NO-SE. Predominan las pendientes suaves a moderadas <10° sobre las mesas de lavas, con pendientes entre 10-25° en los conos. La elevación máxima es de 2430 m s.n.m. en la cima del cono Cerro Pelón y la mínima es de 1850 m en la base del cono La Batea en el extremo nororiental del dominio. El drenaje es radial centrífugo bien desarrollado en el Cerro Pelón y poco desarrollado en el resto del dominio.

15. Conos Rancho Seco

Es un dominio formado por conos cineríticos y derrames de lava alineados con dirección NO-SE.

Este dominio se extiende en un área de 53 km², con orientación general alargada al NO-SE, longitud de aproximadamente 10 km y ancho promedio de 5 km. Se encuentra en la porción oeste de la Región de Morelia, colinda al sur con el dominio Conos La Providencia, al norte con el dominio Escudos, conos y spatter Sanambo y al oeste con el dominio Escudos, domos y conos Pátzcuaro-Tzintzuntzan. Forma parte de los municipios de Tzintzuntzan y Quiroga. Contiene a las localidades de Atzimbo y Coenembo.

Corresponde a un relieve volcánico de extensas mesas con colinas. Está conformado por 6 conos cineríticos que tienden a alinearse con dirección NO-SE, los conos más representativos son Rancho Seco, El Olvido y Atzimbo. Destaca la morfología joven de los flujos anastomosados del volcán Rancho Seco. La altura máxima se ubica en la cima del volcán Rancho Seco, a 2520 m s.n.m., la mínima es de 2060 m s.n.m. al oeste del dominio.

Los flujos de lava presentan espesores de 20 a 80 m. Las pendientes son suaves $<4^\circ$ sobre las mesas de lavas, con frentes de lava con pendientes fuertes mayores a 15° . Las laderas de los edificios volcánicos muestran pendientes fuertes mayores a 25° y menores a 45° . Las redes de drenaje están poco desarrolladas.

Cabe mencionar que las mesas de lava de Rancho Seco cimentan la base del sitio arqueológico de Angamuco.

16. Conos y spatter Morelia

Se trata de un dominio conformado por numerosos pequeños edificios volcánicos y sus flujos de lavas. De manera general se caracteriza por presentar una clara morfología volcánica joven.

Abarca un área de 146 km^2 con una forma irregular modelada por los flujos de lava que se extienden hacia diferentes direcciones, como los flujos de los conos La Mina, Los Caballos, Zajo Grande y El Reparó. Se ubica en la porción oeste de la región, al este de la Sierra del Tzirate, al oeste del Subdominio Quinceo-Tetillas y al sur del dominio Maar Alberca. Dentro del dominio se ubican las localidades de San Bernabé y Teremendo Jasso. Se encuentra dentro de los límites occidentales del municipio de Morelia, con una muy pequeña porción de los municipios de Quiroga y Chucándiro. Del municipio de Morelia cubre 135 km^2 , que corresponden al 11% de su superficie.

Está representado por amplias mesas de lavas con conos cineríticos y *spatters*. En total se identifican 22 centros eruptivos, aunque se estima que hay más que han sido sepultados ya que no se localizan los centros de algunos flujos, 15 son clasificados como conos cineríticos y 7 *spatters*. Algunos volcanes representativos son La Mina, Coro Grande, El Molcajete y El Malacate. La cota máxima se encuentra en la cima del volcán doble llamado La Alberquilla a 2980 m s.n.m. en la base este de la Sierra del Tzirate y la mínima es de 2130 m s.n.m. en el límite este del dominio, junto al subdominio Quinceo-Tetillas. Predominan las pendientes suaves menores a 5° en las mesas de lava mientras las laderas de los edificios volcánicos tienen pendientes de entre $35\text{-}25^\circ$. Las redes de drenaje se muestran muy poco desarrolladas.

17. Escudos, domos y conos Pátzcuaro-Tzintzuntzan

Es un dominio conformado por una concentración de diferentes geoformas volcánicas con morfologías relativamente jóvenes (Pleistoceno-Holoceno) que incluye volcanes en escudo de tamaño mediano, domos y conos.

Tiene una superficie de 127.3 km² y se ubica en el límite suroeste de la Región de Morelia, en los límites este de los municipios de Pátzcuaro y Tzintzuntzan y al este del lago de Pátzcuaro. Al oeste colinda con el dominio Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve y al noroeste con el dominio Mesa Volcánica de Rancho Seco. Contiene las localidades de Cuanajo, Buenavista, Santa Cruz, entre otras pequeñas poblaciones.

Presenta una topografía de montañas medias, colinas y mesas de lava. Muestra 17 centros eruptivos que incluyen 8 conos, 7 domos, destacando los domos de la Muela y El Huracán, y dos volcanes tipos escudo, Frijol y Yahuarato. Cabe mencionar que al norte del dominio se encuentran separados los volcanes Yarahuato, El Huracán y otros dos conos que en conjunto con el volcán Tariaqueri, más al oeste del área de estudio forman una lineación morfoestructural con orientación E-O que dan origen a la particular forma de "C" del Lago de Pátzcuaro al encontrarse entre dos pequeñas planicies que drenan sus corrientes superficiales hacia el lago.

La altura máxima se encuentra en la cima del volcán El Frijol a 3100 m s.n.m. y la más baja se ubica en la base del Yarahuato a 2040 m s.n.m. Los valores de las pendientes son variables debido a las diferentes geoformas volcánicas, en los domos las pendientes son fuertes a abruptas >20°; en el caso de los volcanes en escudo, el Yahuarato tiene laderas con pendientes moderadas <15° mientras en los flujos jóvenes de las laderas del Frijol se muestran pendientes fuertes de hasta 35°. Por otra parte, los conos presentan laderas con pendientes entre 15-30° y mesas de lava con pendientes suaves <5°. Predomina un patrón de drenaje radial centrífugo que rodea a los edificios volcánicos.

18. Planicies de la región de Morelia

Se trata de un grupo de zonas planas con poca inclinación y de diferentes dimensiones, delimitadas por volcanes y lineamientos morfoestructurales con dirección ENE a NE.

La Región de Morelia presenta 4 zonas de planicies que se distribuyen al sur, noreste, noroeste y oeste de la región. Son representadas por los subdominios: a) Planicie Tiripetío-Santiago Undameo, b) Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón, c) Planicie de Zacapu y d) Planicies del Lago de Pátzcuaro. A continuación, se describe cada una de ellas.

a) Subdominio Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón

La Planicie Tarímbaro-Álvaro Obregón representa la planicie más grande y baja de la región a una altura de entre 1840-1880 m s.n.m.

Abarca un área de 114 km² y muestra una forma alargada con orientación general ENE-OSO, una longitud de 20 km (aunque se extiende más allá del área de estudio) y un ancho máximo de 8 km que disminuye de este a oeste hasta 1.5 km. Se encuentra en la porción noreste de la Región de Morelia, al sur del dominio Sucesión Volcánica de Cuitzeo, al norte del dominio Subcuenca lacustre Morelia-Charo y al este del subdominio Quinceo-Tetillas. Es delimitada al sur por una estructura normal de primer orden asociada al Sistema de Fallas Morelia-Acambay llamada falla Tarímbaro-Álvaro Obregón que delimita también al dominio Subcuenca Morelia-Charo (Figura 10). Se encuentra dentro de los municipios de Tarímbaro y Álvaro Obregón. Algunas localidades representativas son Tarímbaro, Téjaro de los Izquierdo, Álvaro Obregón y Palo Blanco. Esta planicie es atravesada por importantes ríos como el río Viejo de Morelia, Joconol, Higuierillas y San Marcos. Además, dentro del subdominio se localiza el aeropuerto internacional General Francisco J. Mujica.

Representa una planicie con aisladas lomas bajas. Se identifican 3 lomas bajas aisladas en la porción este del subdominio, sobre las cuales se sitúan las localidades de Téjaro de los Izquierdo, Álvaro Obregón y Palo Blanco. La altura mínima es de 1840 m s.n.m. y aumenta paulatinamente hasta alcanzar los 1880 m s.n.m. hacia el extremo oeste del subdominio. Predomina una pendiente plana menor a 1°. En el área predomina un patrón de drenaje subparalelo ENE-OSO a NE-SO donde afluentes menores de corrientes superficiales provenientes del dominio Secuencia Volcánica de Cuitzeo, al norte, y del dominio Subcuenca Morelia-Charo, al sur, se unen principalmente a los ríos canalizados El Joconol, Río Viejo de Morelia y San Marcos.

b) Subdominio Planicie Tiripetío-Santiago Undameo

Es una planicie a 2020 m s.n.m. caracterizada por presentar una orientación NE-SO.

Abarca un área de 38 km² con una forma alargada con orientación NE-SO, tiene una longitud de 10 km y un ancho promedio de 2 km. Se encuentra en la parte centro-sur de la RM, al sureste del subdominio El Águila-Remolino, al suroeste del dominio Caldera de Atécuaro y al norte del volcán La Trampa. Se ubica dentro de los municipios de Morelia, Acuitzio y una muy pequeña parte del municipio de Lagunillas. En el extremo noreste del subdominio se sitúa la localidad de Santiago Undameo y al suroeste se ubica Tiripetío. Por la zona pasan los ríos Tupátaro, El Tornillo, El Mezquite y río Grande, que descienden de la Presa de Cointzio, al noreste del subdominio. Abarca 27 km² del municipio de Morelia, el 2%.

Es una planicie intermontana. Todo el subdominio se mantiene a una altura de 2020 m s.n.m. con pendientes planas menores a 1°. La red de drenaje es subparalela, donde afluentes menores que provienen de las redes de drenaje centrífugas del volcán El Águila, La Trampa y volcanes del dominio Sucesión de Domos La Taza-La Nieve fluyen hacia los ríos canalizados de la planicie.

c) Subdominio Planicie de Zacapu

Es una planicie con ligeras elevaciones que se extiende desde la ciudad de Zacapu hasta el límite noroeste de la Región de Morelia, a una altura de entre 2000 y 2050 m s.n.m.

Abarca un área de 37 km² y presenta una forma irregular con límites angulosos. Se ubica en el límite noroccidental de la RM, limitada al norte por el dominio Lavas La Leonera-Tendeparacua y al sur por los dominios Domos y conos Sierra del Tzirate y Maar La Alberca. Su forma irregular y angulosa se debe a que es delimitada por altos estructurales alargados con dirección ENE-OSO que se extienden hacia la planicie. Se encuentra dentro de los municipios de Huaniqueo y Coeneo y contiene a la localidad de Jesús María, entre otras pequeñas localidades. Por la zona pasan los ríos La Patera y San Francisco.

Es una planicie con lomas bajas. La altura máxima es de 2050 m s.n.m. al noroeste del subdominio, cerca de Jesús María, y la mínima es de 2000 m s.n.m. la cual se mantiene en la mayor parte del subdominio. Predomina una pendiente plana a ligeramente suave menor

a 2° y en las lomas las pendientes son suaves <8°. Las redes de drenaje muestran un patrón subparalelo en donde afluentes menores que descienden de las partes altas de los dominios Flujos de La Leonera-Tendeparacua y Sierra del Tzirate se unen a los ríos canalizados principales.



Figura 9: Fotografía tomada desde la ladera sureste del Quinceo. Al fondo a la izquierda se extiende la planicie Tarímbaro – Álvaro Obregón, a la derecha el dominio Subcuenca Morelia – Charo. En el centro de la imagen se observan los lineamientos de fallas geológicas, con escarpes no mayores a ≈200 m, que delimitan el bajo estructural, representado por la planicie Tarímbaro – Álvaro Obregón.

d) Subdominio Planicies del Lago de Pátzcuaro

Se trata de dos planicies, divididas por el lineamiento morfoestructural E-O de los volcanes en escudo Tariaqueri y Yahuarato, que se conectan con el lago de Pátzcuaro más al oeste del área de estudio.

Abarcan un área total de 25 km² con orientaciones E-O y límites redondeados. Se ubican en el límite oeste central de la RM, al sur del dominio Domos y conos Sierra del Tzirate y al oeste del dominio Conos Rancho Seco. Se encuentran dentro de los municipios de Quiroga, Tzintzuntzan y Pátzcuaro y contienen a las localidades de Nuevo Rodeo y Quiroga.

Se trata de dos planicies costeras del Lago de Pátzcuaro. Estas dos planicies interrumpidas por los volcanes Tariaqueri y el Yahuarato le dan la particular forma de “C” al Lago de

Pátzcuaro. Ambas planicies son muy similares, presenta una altura máxima de 2060 m s.n.m. en el límite este que disminuye al oeste hasta 2040 m s.n.m., con pendientes planas a ligeramente suaves menores a 3° inclinadas al oeste.

Sistemas de lineamientos morfoestructurales

En la Región de Morelia se han identificado 4 sistemas de lineamientos morfoestructurales: 1) Sistema Caldérico E-O, 2) Sistema NO-SE, 3) Sistema NE-SO Mil Cumbres y 4) Sistema E-O Morelia-Acambay. A continuación, se describe cada uno, incluyendo su definición, distribución espacial y se concluye con las relaciones temporales.

1. Sistema caldérico E-O

Es un sistema representado por un gran lineamiento morfoestructural con dirección E-O conformado por la relativa continuidad de dos estructuras semi-circulares de origen volcánico-tectónico que corresponden a las calderas de Atécuaro y La Escalera.

Este sistema se observa esencialmente en la porción sureste de la Región de Morelia. Está asociado a estructuras y sucesiones volcánicas que han conformado los dominios más antiguos de la región. Al trazar un eje lineal que une ambos sistemas de calderas, se observa una longitud máxima con orientación E-O de 25 km, con un ancho promedio de 10 km, por lo que el lineamiento cubre un área aproximada de 250 km². Este sistema es dislocado por tres sistemas de lineamientos morfoestructurales con direcciones NO-SE, NE-SO y E-O. Cabe resaltar que el grupo de lineamientos con dirección NO-SE se aprecia claramente en el dominio Sierra y caldera La Escalera, mientras que, en el dominio caldera de Atécuaro este grupo es más reducido e inferido. Este gran lineamiento morfoestructural se encuentra delimitado y dislocado al norte por una serie de estructuras de primer orden con cinemática extensional y dirección E-O del Sistema de Fallas Morelia-Acambay. También es cortado diagonalmente (separando a las calderas), por el escarpe fragmentado de un gran lineamiento de primer orden de un sistema de fallas reciente con dirección NE-SO, que se

extiende a lo largo de 30 km. El sistema se asocia a una topografía con un alto grado de fracturamiento y erosión.

2. Sistema NO-SE

Es un sistema de lineamientos morfoestructurales con orientación NO-SE caracterizado por dislocar a las unidades geológicas más antiguas de la región, con direcciones que van de N290° a N335°.

Este sistema puede apreciarse en la porción sureste, norte y oeste de la región. Se puede observar de manera clara y abundante en los dominios Sierra y caldera La Escalera, caldera de Atécuaro y Sucesión Volcánica de Cuitzeo, y de manera más discreta en los dominios Sierra del Tzirate y Mesa Volcánica de Rancho Seco.

En los dominios Sierra y caldera La Escalera, caldera de Atécuaro y Sucesión Volcánica de Cuitzeo, el sistema es representado por lineamientos estructurales inferidos que delimitan altos y bajos estructurales con escarpes de falla erosionados y controlando afluentes principales de las bien desarrolladas redes de drenaje, con lineamientos que van de 2 a 7 km. Dos lineamientos representativos del sistema en esta zona son representados por el curso del río Chiquito en la porción que se dirige de San José de Las Torres hacia la ciudad de Morelia, con orientación N296° y longitud aproximada de 4 km, con su límite en el escarpe de la falla Morelia, donde es cortado por esta estructura con orientación E-O. El segundo lineamiento representativo se observa delimitando el margen sur del lago de Cuitzeo con una longitud de 4 km, que junto a otra estructura (que la corta) con dirección NE-SO crean una estructura en forma de tijera que demarca el margen costero del lago.

Por otra parte, en los dominios Domos y conos Sierra del Tzirate y Conos Rancho Seco este sistema se presenta con la alineación de centros eruptivos y algunas fallas inferidas. En la Sierra del Tzirate se encuentran alineados tres domos, C. Azul, C. Chino y El Tzirate, con dirección N326° en un eje de 8 km. En el dominio Mesa Volcánica de Rancho Seco se observa una alineación de 6 conos con orientación N312°, estos corresponden a los conos de Rancho Seco, El Olvido y Atzimbo. También se infieren estructuras con dirección N335° y longitudes de 2 a 4 km delimitando al subdominio La Trampa-Zirapio.

El sistema NO-SE, por relaciones de corte, es más viejo que los sistemas NE-SO y E-O.

3. Sistema NE-SO Mil Cumbres

Se trata de un sistema de lineamientos morfoestructurales con dirección NE-SO que se distribuyen en casi toda el área de estudio, con la alineación de centros eruptivos y estructuras de fallas con orientación N35° a N60°.

Es un sistema que se distribuye ampliamente en la región. Se muestra en los dominios Sierra y caldera La Escalera, caldera de Atécuaro, Sucesión Volcánica de Cuitzeo, Subcuenca lacustre Morelia-Charo, Lavas La Leonera-Tendeparacua, Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve, Domos y conos Sierra del Tzirate, Escudos de Morelia, Conos y spatter Morelia y en el subdominio Planicie Tiripetío-Santiago Undameo.

Este sistema es representado por volcanes alineados de pequeñas y grandes dimensiones, estructuras de fallas de primero, segundo y tercer orden, e importantes planicies. Dividiendo a los antiguos dominios Sierra y caldera La Escalera y caldera de Atécuaro se encuentra una de las estructuras más representativas de este sistema, un lineamiento regional con desniveles de hasta 500 m, con dirección N40° y aproximadamente 30 km de longitud que configura la línea divisoria entre las regiones hidrográficas Lerma-Santiago al noroeste (bloque alto) y Balsas al sureste (bloque bajo). A lo largo de este megalineamiento se desarrollan otras estructuras con orientación N20° a N30° y longitud máxima de 3 km que podrían ser asociadas a un sistema conjugado lateral izquierdo. A una distancia de 15 km al noroeste de esta megaestructura se desarrolla en forma paralela otro importante lineamiento morfoestructural con dirección N40° y aproximadamente 30 km de longitud, se trata del dominio Escudos de Morelia, que condicionó el emplazamiento de los volcanes en escudo El Águila-El Remolino y Quinceo-Tetillas y a los conos cineríticos Cerro Pelón, Cerritos, Jamanal y a un *spatter*. Otros lineamientos morfoestructurales importantes corresponden al subdominio Planicie Tiripetío-Santiago Undameo, una planicie estrecha con una orientación alargada al NE-SO de 10 km, y al dominio Área urbana Morelia, que presenta una planicie también alargada al NE-SO con una longitud aproximada de 11 km. Pequeños centros eruptivos con morfología de conos y domos están alineados en dirección

NE-SO en grupos de 3 a 5 centros. Esto último en los dominios Conos La Providencia y Mesa Volcánica de Morelia, en la porción norte del dominio Domos y conos Sierra del Tzirate y en el subdominio La Trampa-Zirapio. Por último, cabe destacar que fallas de segundo a tercer orden con esta orientación cortan a los dominios Sierra y caldera La Escalera, caldera de Atécuaro, Sucesión Volcánica de Cuitzeo, Área urbana Morelia, Subcuenca lacustre Morelia-Charo, Lavas La Leonera-Tendeparacua, Domos, conos y spatter La Taza-La Nieve, Escudos de Morelia y Conos La Providencia.

Este sistema morfoestructural corta al sistema NO-SE y es cortado por el sistema E-O Morelia-Acambay, esto último puede observarse en la relación de corte de los flujos Pliocénicos de La Leonera, al noroeste de la región.

4. Sistema E-O Morelia-Acambay

Es un sistema de lineamientos morfoestructurales con dirección E-O a ENE-OSO, representado principalmente por fallas con desplazamiento normal y distinguido por ser el sistema más joven, con orientaciones de N65° a N90°.

Se distribuye en la porción norte y este de la Región de Morelia, en los dominios morfoestructurales Sierra y caldera La Escalera, caldera de Atécuaro, Sucesión Volcánica de Cuitzeo, Subcuenca lacustre Morelia-Charo, Lavas La Leonera-Tendeparacua, Escudos Picacho-La Trampa, Domos y conos Sierra del Tzirate, Escudos de Morelia, Maar La Alberca y Conos y spatter de Tanimireche. Este sistema es poco visible en la porción suroeste de la Región de Morelia.

Se trata de un sistema representado principalmente por estructuras de deformación frágil con desplazamiento normal de primero a tercer orden. Se puede apreciar como al oeste de la región, en los dominios Sierra y caldera La Escalera, caldera de Atécuaro y Subcuenca lacustre Morelia-Charo este sistema tiende más a una orientación E-O, mientras que, en el resto de los dominios tiende a orientarse más al ENE-OSO. En la porción oriental del área de estudio se presentan lineamientos de primer orden representados por la falla Morelia (también denominada La Paloma) y Tarímbaro-Álvaro Obregón, con desplazamiento normal y direcciones E-O y ENE-OSO, respectivamente, echado al norte y escarpes de falla con

aproximadamente 200 m de desnivel. Estas estructuras de primer orden se encuentran delimitando a un bloque con orientación E-O y longitud de más de 20 km que corresponde al dominio Subcuenca Morelia-Charo. Por otra parte, el sistema disloca a las unidades geológicas de los dominios Domos y conos Sierra del Tzirate, Lavas La Leonera-Tendeparacua, La Alberca, Volcanes Escudo de Morelia, Conos de Tanimireche, y al subdominio Picacho, con estructuras del orden de 15 a 2 km. El dominio Conos de Tanimireche, al noroeste de la Región de Morelia, se presenta como un dominio alargado con orientación ENE-OSO con centros eruptivos alineados que muestran un claro paralelismo con las estructuras de fallamiento normal que forman este sistema.

El sistema E-O es un sistema regional ampliamente estudiado denominado Sistema de Fallas Morelia-Acambay (Suter *et al.*, 1992, 1995, 2001; Suter, 2016; Garduño-Monroy *et al.*, 2009). Se trata del sistema de lineamientos morfoestructurales más joven, ya que dentro de la región corta a los sistemas: Sistema Caldérico E-O, Sistema NO-SE y Sistema NE-SO.