

Consideraciones geomorfológicas sobre la Sierra Madre Occidental en el norte de Jalisco, México

Rosier Omar Barrera R.*

Recibido: 30 octubre de 2001

Aceptado en versión final: 5 marzo de 2002

Resumen. El presente análisis del espacio geográfico tiene como punto de partida a la Geomorfología, que se ocupa de la génesis y de la evolución de las formas del relieve. Esta definición presenta dos elementos esenciales, el relieve y la forma. El primero es resultado de procesos geológicos y el segundo de procesos morfoclimáticos. La intención de este trabajo radica en la necesidad de dar a conocer las características de las estructuras de relieve en el norte del estado de Jalisco, cuyos principales atributos radican en la tectónica de bloques, generados a partir de una extensa superficie afectada por el vulcanismo desarrollado durante el Cenozoico Medio. La tectónica responde a los movimientos corticales generados, a la luz de la teoría de la tectónica de placas, durante el Terciario Superior y el Pleistoceno, y repercuten en este sector del país por la proximidad a las zonas de subducción. Los bloques de los depósitos de lavas y antiguos volcanes han formado extensas mesetas denominadas en el campo de la geomorfología estructural *plateaux* riolíticos.

Las estructuras del relieve proporcionan el elemento básico sobre el que trabajan las fuerzas exógenas o morfoclimáticas que modelan las formas esculturales del relieve. Modelado de interfluvios y modelado de vertientes se caracterizan por la disección particular de las zonas tropicales; por otra parte, los procesos químicos dan lugar a suelos ferruginosos y los escurrimientos de las aguas buscan a través de las cárcavas su nivel de base en las profundas gargantas que separan las mesetas. De allí que los procesos edafogénicos dominan sobre los interfluvios planos, en tanto que sobre las vertientes impera el movimiento de los materiales detríticos y en el fondo de los valles las terrazas fluviales.

Palabras clave: Estructura del relieve, tectónica de bloques, *plateaux* riolítico, morfogénesis, procesos morfoclimáticos, disección.

Geomorphological considerations about the Sierra Madre Occidental in Northern Jalisco, México

Abstract. This analysis of the geographical space focuses on Geomorphology, a science that deals with the génesis and evolution of landforms. This definition includes two basic elements: relief and form. The former results from geological processes, and the latter from morpho-climatic processes. This work derives from the need to communicate the features of landform structures located at the northern portion of the Jalisco state, the main attributes of which including block tectonics, arisen from an extensive área affected by volcanic activity during the Mid Cenozoic. Tectonics respond to core movements generated, according to the plate tectonics theory, during the Upper Tertiary and Pleistocene, and which have affected this área as a result of the proximity of subduction zones. Lava deposit blocks along with ancient volcanoes have jointly formed wide plateaus denominated riolitic *plateaux* in the field of structural geomorphology.

Landform structures provide the basic element upon which exogenous or morpho-climatic forces work, thus modeling the relief's sculptural forms. Interfluvial and slope modeling are characterized by the specific dissection of tropical zones; separately, chemical processes originate ferruginous soils and water runoff travels down ravines seeking the water table at the bottom of deep canyons limiting plateaux. Hence edaphogenetic processes dominate at flat interfluvial áreas, whereas displacement of detritic materials prevail along slopes and fluvial terraces at the bottom of valleys.

Key words: Landform structure, block tectonics, riolitic plateau, morphogenesis, morpho-climatic processes, dissection.

* Departamento de Ingeniería de Proyectos, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Apdo. Postal 307, 45101, Zapopan, Jalisco, México. E-mail: rosier@cencar.udg.mx

El propósito fundamental de esta investigación ha sido el de cubrir la necesidad de contar con una interpretación geomorfológica que facilitara el análisis del medio natural y la detección de problemas de la explotación de los recursos naturales; pero fundamentalmente el de señalar, teniendo en cuenta todos los elementos del espacio físico, las unidades de gestión ambiental. Por ello, el método geográfico del análisis espacial ha sido el que mejor se adaptó a los propósitos señalados.

LOS CARACTERES TOPOGRÁFICOS

Los grandes lineamientos del relieve están determinados por los profundos valles fluviales, cuyos cauces transcurren de norte a sur y de sur a norte, como los del río Bolaños, Atengo, Camotlán y Jesús María-Huaynamota, y por los extensos interfluvios de estos cauces, representados principalmente por las elevadas montañas y mesetas, profundamente disertadas¹ por una red de drenaje relativamente densa.

Las montañas constituyen verdaderas cadenas orientadas en general de noroeste a sureste, tales como la Sierra de los Huicholes (al este), la Sierra de Santa Bárbara y la sierra Los Huicholes (al oeste).² La prolongación de esta última hacia el sur, es conocida como la Sierra de Alica; hacia el este se perfila la Sierra Pajaritos, ambas se disponen igualmente de nor-noroeste a sur-sureste.

Entre estos relieves montañosos se extienden superficies mesetiformes de variada extensión que muestran distintos grados de disección, de erosión y de elevación, por lo que se encuentran separadas por valles estrechos de vertientes abruptas; de esta forma constituyen, en algunos casos, verdaderas montañas de interfluvios planos.

En síntesis, tres conjuntos de unidades topográficas conforman el relieve de la región en estudio: a) los amplios valles longitudinales,

b) las montañas y c) los relieves mesetiformes.

LOS DATOS GEOLÓGICOS

Las grandes estructuras del relieve

En el estado de Jalisco se reúnen y se traslapan tres grandes unidades o provincias fisiográficas de México, la Sierra Madre Occidental en el norte, la Sierra Madre del Sur, en el oeste, la Mesa Central o Altiplano; en el este y en el centro, el Sistema Neovolcánico o Franja Neovolcánica Transmexicana. También reciben el nombre de Provincias Geológicas de México por el hecho de presentar rasgos litológicos y una evolución geológica propia que las diferencia y las identifica. De hecho, cada una de estas provincias geológicas constituye un sistema de unidades de estructuras del relieve o de morfoestructuras.

El concepto de *estructura del relieve* difiere, en opinión del autor, del concepto de *estructura geológica*. Es común en geología reservar este término para algunos procesos físicos y geofísicos. Así, por ejemplo, los sistemas de diaclasas de las rocas son considerados como estructuras; los plegamientos de las areniscas plásticas y los micropliegues de los esquistos, las fallas y las fracturas son formas estructurales.

En geomorfología, en cambio, la estructura geológica es el almacén del relieve, es el edificio arquitectónico resultado de procesos tectónicos y geológicos que permite a las rocas acomodarse y adoptar posiciones variadas (Barrera, 1985). Por esta razón es preferible utilizar el término de *estructura del relieve*, para evitar confusiones.³

La Sierra Madre del Sur presenta, en su sector septentrional, estructuras características de los macizos plutónico-metamórficos. Cada uno de los cordones montañosos del oeste de Jalisco está formado por cuerpos

intrusivos graníticos, generalmente granito, granodiorita, diorita y sienita con filones de lamprófidos⁴ y pegmatitas. Esos cuerpos plutónicos intruyen los sedimentos marinos del Cretácico, de modo que las areniscas calcáreas acompañan a estos plutones. El vulcanismo del Terciario Inferior y Medio, andesítico y riolítico, cubre parcialmente a estos cuerpos para sumarse a la complejidad litológica. De modo que la Sierra Madre del Sur presenta una estructura de bloques plutónico-metamórficos, sedimentarios y volcánicos. Varios de estos bloques se internan en el ámbito de la Franja Neovolcánica Transmexicana. Tal es el caso de la Sierra de Guamuchil (Nayarit-Jalisco), la Sierra de Guachinango, la Sierra de Quila y la Sierra de Ameca, en Jalisco.

El Sistema Neovolcánico, que ocupa el centro de Jalisco y se prolonga en sentido noroeste-sureste hasta la costa del océano Pacífico, en territorio de Nayarit, como su nombre lo indica, es el resultado de un vulcanismo moderno correspondiente al Plioceno y al Cuaternario. Se trata de un vulcanismo básico que da lugar a la formación de los grandes aparatos ígneos, a la cordillera Neovolcánica del centro de México (Sierra de las Mil Cumbres) y a montañas volcánicas relativamente aisladas y tectonizadas (Sierra de la Difunta). Manifestaciones neovolcánicas se producen también en el ámbito de la Sierra Madre del Sur. Es el caso de los volcanes y conos cineríticos que acompañan a los bloques de la sierra de Cacoma (Mascota) y de la Fosa de Colima, que presenta aparatos de mayor jerarquía como el Nevado de Colima y el volcán activo de Colima.

La Sierra Madre Occidental merece especial atención, por ocupar el norte de Jalisco, en ella se encuentra el territorio wixarika, objeto de este trabajo.

Esta provincia geológica es una de las más grandes de la República y está formada principalmente por rocas

ígneas extrusivas. Tiene una superficie aproximada de 250 000 km². Constituye el parteaguas entre el océano Pacífico y la región de bolsones de la Mesa Central y Chihuahua y, a excepción de las corrientes permanentes del río Conchos... que va a desembocar al río Bravo... y del río Nazas que muere en la depresión lagunera de Torreón, el resto del drenaje es hacia el Pacífico (López, 1980).

Para una mejor localización del territorio huichol, se dividirá a la Sierra Madre Occidental en tres grandes sectores en función de las características estructurales y tectónicas y, consecuentemente, de la red de drenaje:

Sector norte: se extiende al norte del río El Fuerte (Sinaloa). Se caracteriza por la presencia de un relieve formado por estructuras de bloques y estructuras de plegamiento paralelas y separadas por valles longitudinales orientados de noroeste a sureste. Esta disposición estructural de los ejes del relieve determina una red de drenaje orientada en el mismo sentido, tal como sucede en la cuenca del río Yaqui.

Sector central: se extiende entre el río El Fuerte al norte y el río Baluarte al sur. La Sierra Madre presenta cordones montañosos dispuestos igualmente de noroeste a sureste, los cuales aparentemente se disponen en un solo bloque, disectado y dividido por una red hidrográfica orientada de este a oeste.

Sector meridional: corresponde a la porción de la Sierra Madre que se desarrolla entre el río Baluarte al norte (Sinaloa-Durango) y el río Grande de Santiago (Jalisco) y el río Ahuacatlán (Nayarit), al sur. Predomina en este sector la tectónica de bloques paralelos, separados por valles longitudinales como los de los ríos Juchipila, Bolaños, Atengo, Huaynamota y San Pedro-Mezquitlan.

La región wixarica se ubica en este sector meridional de esta gran provincia fisiográfica y geológica, entre los valles de los ríos Bolaños al este y el valle del río Jesús María-Huaynamota al oeste.

Litología

La secuencia estratigráfica del área en estudio comienza con las calizas mesozoicas del geosinclinal, que no están representadas. Los únicos elementos litológicos más antiguos correspondientes al Mesozoico Superior son los cuerpos intrusivos graníticos de los cuales se ha observado un solo exponente al norte del territorio huichol, cerca de Santa Lucía de la Sierra, Zacatecas.

Las andesitas (A) son las rocas más antiguas de la zona en estudio, corresponden a la fase volcánica mesosilícica del Terciario Inferior. Los mayores afloramientos de andesitas se encuentran en el borde occidental de la Sierra Madre, en el territorio de Sinaloa. En la zona en estudio las andesitas afloran esporádicamente subyaciendo a las riolitas y tobas ácidas, en la sierra de Valparaíso al este de Huejuquilla el Alto, en Rincón de San José, en los alrededores de San Antonio de Padua y al este de la Sierra de Alica, en las márgenes del río San Pablo.

Las dacitas (Da) son rocas volcánicas mesosilícicas del Terciario Inferior-Medio contemporáneas de las andesitas, que a veces se interponen entre éstas y las riolitas posteriores del Terciario Medio. Se diferencian fundamentalmente de otras rocas intermedias por la coloración gris y la matriz cinerítica fina que aloja a los fenocristales calcosódicos. El único afloramiento importante y cartografiable, en territorio huichol, corresponde a un amplio sector ubicado al oeste de Tierra Blanca en la comunidad de San Andrés Cohamiata.

Las riolitas (R). De hecho puede hablarse de

la "serie riolítica del Mioceno", ya que las riolitas, ignimbritas y tobas ácidas forman un paquete estratigráfico, de modo que las riolitas y las tobas se distribuyen sobre la superficie de los altiplanos y en las vertientes de las barrancas profundas de los cauces. El INEGI identifica a esta serie litológica con la sigla de *Igea* (ígneas, extrusivas ácidas). Existen afloramientos de riolitas que no se presentan asociados a las tobas y que pertenecen al Mioceno Superior y al Plioceno Inferior.

Las tobas ácidas (Ta) forman parte de la "serie riolítica miocénica"; por tratarse de rocas volcánicas piroclásticas y, por tanto, más livianas que las lavas, están compuestas por gravas, arenas y limos volcánicos fuertemente compactados. Estos materiales cubren a las lavas riolíticas y afloran en la superficie de los altiplanos. Son las rocas más abundantes, junto con las riolitas, en toda la zona huichol y, en general, en toda la Sierra Madre Occidental (Figura 2).

Los basaltos (B) representan numerosas manifestaciones del vulcanismo moderno diseminadas en el área en estudio. En general, se identifica al basalto de distintos períodos efusivos como Plio-Cuaternario. Los afloramientos más importantes en la zona se ubican al norte de Huejuquilla, en el bajío de Maderas, sobre la margen derecha del río El Zapote en la proximidad a su confluencia con el río Atengo; en La Soledad, al norte de Tenzompa; en las vertientes este y oeste del río Bolaños al norte de Chimaltitán; en los alrededores de Puente de Camotlán y en los alrededores de Huajimic.

Lutita - arenisca (Lu-ar): estas son las rocas sedimentarias continentales más antiguas, atribuidas al Terciario Superior (Plioceno), aunque es posible que pertenezcan al Cuaternario Inferior. Los afloramientos de estas rocas se presentan en el valle del río Bolaños, en los alrededores de Mezquitic, al sur de San Martín de Bolaños y al oeste de



Figura 2. Afloramiento de riolitas en el borde occidental de la sierra de Los Huicholes (este), en la brecha que comunica el Bajío de Los Amoles con la localidad de San Sebastián. Vista hacia el oeste, tercer plano, mesas del centro norte y cuarto plano, Mesas del Noroeste y sierra Los Huicholes (oeste).

San Juan Peyotán, en las terrazas elevadas del río Jesús María.

Arenisca - conglomerado (ar-cg): son materiales asociados a las formaciones de piedemonte de los elevados bloques riolíticos, de allí que sus afloramientos se encuentren en los amplios valles de los ríos Bolaños (Mezquitic, Chimaltitán, San Martín de Bolaños) y Jesús María (San Juan Peyotán).

Conglomerados (cg): afloran estos sedimentos en el valle del río Bolaños, en Mezquitic, Chimaltitán y San Martín de Bolaños, en el valle del río Huajimic y valle del río Jesús María en San Juan Peyotán.

Suelos residuales Q (Re): el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) considera como suelos a estos sedimentos cuaternarios formados por la erosión de las rocas riolíticas. Se trata de gravas muy finas, arenas y limos fluviolacustres. Estos materiales se han depositado en las depresiones de los altiplanos en los que se han formado pequeñas cuencas endorreicas. A partir de estos sedimentos se han elab-

orado procesos edafológicos que han dado lugar a la formación de suelos que constituyen estratos fosilizados e intercalados de paleosuelos.

Aluvial Q (al): estos sedimentos comprenden gravas, arenas y limos depositados por los cauces de distinta jerarquía, se encuentran formando las terrazas fluviales y abanicos aluviales. Afloran en los valles de los ríos Bolaños, Atengo, Huajimic, Jesús María y Huaynamota, y sus principales tributarios.

Los acontecimientos geológicos

La historia geológica de este sector de la Sierra Madre Occidental comienza en el Cretácico cuando el geosinclinal marino mesozoico alcanza su máximo desarrollo. En efecto, a excepción de algunos relieves prominentes como la Sierra de Coahuila, el macizo plutónico-metamórfico de Tamaulipas, la llamada isla de Taxco-Zitácuaro, las mayores elevaciones de la Sierra Madre del Sur y el macizo de Chiapas, el territorio mexicano estuvo afectado por la gran transgresión marina mesozoica (López, 1980).

Las intrusiones graníticas del Cretácico Superior y las efusiones marinas del Cretácico-Paleoceno, señalan el comienzo del ciclo orogénico Larámico o Laramídico que provoca el plegamiento de los sedimentos del geosinclinal y una serie de procesos efusivos continentales.

Dado que no se han encontrado afloramientos ni vestigios importantes de las rocas marinas mesozoicas, en casi todo el ámbito de la Sierra Madre Occidental, se ha sostenido la hipótesis del gran geoanticlinal (*Ibid.*) que se interponía entre el mar miogeosinclinal del este y el eugeosinclinal del oeste, en el borde del Océano Pacífico. Hasta el presente no se ha detectado la presencia de estas rocas, al menos en el sector central y meridional de esta gran provincia geológica. Como se expresa en el apartado correspondiente a la litología, el autor ha detectado la presencia de calizas en conglomerados fluviales del arroyo Mezcala, al pie del extremo meridional de la sierra de Tesistán (Zapopan, Jalisco). Dichos conglomerados subyacen a las andesitas del Oligoceno.

Además de la orogenia larámica del Terciario Inferior, el acontecimiento geológico más importante del Cenozoico en el territorio mexicano ha sido el vulcanismo. Considerando los afloramientos existentes en este sector de la Sierra Madre y la posición y disposición de las rocas volcánicas, se puede deducir el desarrollo de tres fases volcánicas continentales importantes (Demant, 1975):

- La *fase efusiva andesítica*: se produjo durante el Oligoceno. Los depósitos volcánicos están formados por lavas andesíticas y tobas mesosilícicas. Los afloramientos más importantes de esta fase extrusiva se encuentran en el sector central de la Sierra Madre, sobre el borde occidental de la montaña y en el estado de Sinaloa entre los ríos El Fuerte y Acaponeta.

- La *fase riolítica* sucede a la anterior y corresponde al Mioceno, se incluyen en esta fase a las riolitas del Plioceno Inferior. Con el ánimo de sintetizar y facilitar la interpretación, se habla de la "serie riolítica miocena" para señalar al conjunto de rocas efusivas, resultado de numerosas etapas volcánicas acaecidas durante el Oligoceno - Mioceno y de las cuales surge el volumen más importante de rocas volcánicas en todo el territorio mexicano. La serie riolítica está compuesta por riolitas, ignimbritas, lavas riolíticas y tobas ácidas, sobreyace a las andesitas del Oligoceno; de modo que en la región huichola aparecen algunos vestigios de las prominencias mayores de estos desaparecidos cerros andesíticos, sepultados por las riolitas. En el extremo suroeste de la Sierra Madre Occidental se levanta el volcán andesítico de San Pedro (Nayarit), entre las riolitas de la Sierra de Compostela y los basaltos modernos de los volcanes de Tepetitlic y Ceboruco. Las tobas ácidas, por su carácter de material piroclástico, han tenido una enorme difusión, de modo que han formado grandes depósitos, no sólo en el dominio de la Sierra Madre Occidental, sino que también han cubierto parcialmente los relieves mesozoicos del norte de la Sierra Madre del Sur.

- La *fase basáltica* se ha desarrollado durante el Plioceno, período en el cual se han formado los grandes aparatos volcánicos modernos de México (Pico de Orizaba, Iztaccíhuatl, Popocatepetl, Nevado de Toluca, Tancítaro, Nevado de Colima, Tequila, Ceboruco, Sangangüey y otros), durante esta fase volcánica se forman basaltos, basaltos andesíticos, andesitas basálticas y tobas básicas que han generado una extensa superficie de relieve volcánico o provincia geológica denominada Franja Neovolcánica Transmexicana. En el sector meridional de la Sierra Madre Occidental los basaltos se manifiestan en pequeñas y esporádicas superficies; en la mayoría de los casos se trata de derrames de lava fisural, de modo que no

existen, en el área en cuestión, aparatos volcánicos modernos.

McDowell y Clabaugh (1981), citados por INEGI en la información complementaria de las cartas geológicas escala 1:250 000, hojas Escuinapa y Tepic (F13-5 y F13-8, respectivamente), consideran que los derrames efusivos del Terciario conforman dos grandes entidades litológicas a las cuales nombran "complejo volcánico inferior de la Sierra Madre Occidental" para referirse al conjunto andesítico del Terciario Inferior y "complejo volcánico Superior de la Sierra Madre Occidental", para señalar el conjunto de rocas efusivas ácidas, riolíticas del Terciario Medio, al cual se denomina en este trabajo "serie riolítica miocena".

El Cuaternario es por excelencia el período correspondiente a los procesos geomorfológicos; sin embargo, como se destacará más adelante, la neotectónica ha presentado signos de actividad dignos de consideración. Las cuencas sedimentarias formadas en pequeñas depresiones, los depósitos pedemontanos, las terrazas fluviales, abanicos aluviales, mantos detríticos de vertientes y otras formas del relieve morfoclimático, son acontecimientos geomorfológicos del Neozoico o Cuaternario.

LOS ELEMENTOS MORFOESTRUCTURALES

Las estructuras del relieve regional

De acuerdo con la terminología empleada por la escuela rusa de Geología y en especial de la Geomorfología, a la *estructura geológica* de la Geografía le corresponde la denominación de *morfoestructura* (Lugo, 1989).

Conforme a la presencia de las rocas, ígneas y sedimentarias, y a la disposición de las mismas, como resultado de una larga evolución geológica caracterizada por la sucesión o alternancia de períodos de actividad vol-

cánica o extrusiva y períodos de actividad tectónica, en el sector meridional de la Sierra Madre Occidental se han desarrollado las siguientes estructuras del relieve:

1. Montañas
 - Montañas de bloques
 - Relieves acinales
 - Relieves monocinales
 - Montañas de disección
2. Mesetas (*plateaux*)
 - Relieves acinales
3. Fosas tectónicas
4. Cuencas sedimentarias

Conforme a los conceptos de la escuela geomorfológica rusa los elementos mencionados corresponderían a morfoestructuras de distintas escalas. Las montañas y las fosas tectónicas corresponden a dimensiones regionales, en tanto que las mesetas y las cuencas sedimentarias a las locales.

El contexto geodinámico

Las estructuras geológicas, así como el relieve regional del oeste de México y, en particular, de este sector de la Sierra Madre Occidental, son la expresión más significativa de los movimientos de la corteza terrestre a la luz de la teoría de la Tectónica de Placas. En efecto, los grandes bloques que caracterizan el relieve, es decir, las unidades morfológicas, morfoestructurales, se han generado a expensas de los procesos geofísicos.

La disposición de las morfoestructuras y de la morfogénesis es consecuencia directa de la amplitud de los movimientos asociados a la compresión y a la subducción de las placas tectónicas a partir del Terciario Medio-Superior y de los cambios climáticos que éstos provocan.

En el primer caso, la dinámica cortical correspondiente a la fase postorogénica larámica, es responsable de la formación de

grandes fosas tectónicas longitudinales a través de las cuales se produce, durante el Terciario Inferior-Medio, la mayor manifestación volcánica y acumulación de lavas del territorio mexicano. Éstas dan lugar a la formación de montañas volcánicas y del *plateaux* riolítico que constituye la estructura fundamental del relieve de la Sierra Madre Occidental.

En el segundo caso la presencia de montañas y el *plateaux* forman, quizás, la primer barrera orográfica paleoclimática responsable de los contrastes entre el cinturón costero del Pacífico y el interior del territorio mexicano.

Bloques y fosas tectónicas

La desaparición de la placa de Rivera y la reactivación de los movimientos tectónicos son los responsables del fracturamiento de las montañas y el *plateaux* riolítico. Esta fase tectónica, correspondiente al Mioceno-Plioceno, conduce a la formación de grandes bloques longitudinales y de fosas tectónicas como las sierras de Los Huicholes y las fosas del valle de Bolaños y de Jesús María.

Es probable que durante este lapso se hayan producido también fracturas transversales que dividen al extenso *plateaux* riolítico que forma el esqueleto principal de la Sierra Madre Occidental en los tres sectores a los que se ha hecho mención en el apartado "Las grandes estructuras del relieve", separados por los valles de los ríos El Fuerte y Baluarte.

Importantes fracturas y fallas regionales, en el área en estudio, señalan la presencia de un relieve estructural formado a expensas de una tectónica de bloques orientados de noroeste a sureste dispuestos de la siguiente manera:

- Bloque de la sierra de Santa Bárbara y de la sierra Los Huicholes (oeste; Figura 3).

- Bloque de la sierra de Tlacuache y de Mesas del Centro Norte.
- Bloque de la sierra de Alica.
- Bloque de la sierra Pajaritos.
- Bloque de la sierra de los Huicholes (este).

Estos hechos geodinámicos marcan el comienzo de un proceso de disección del relieve que aún se encuentra vigente y representa el fenómeno morfoclimático más importante de esta provincia fisiográfica desde el Plioceno hasta la actualidad. Esta disección se organiza en consecuencia de este a oeste en los bloques de la sierra de Los Huicholes (este; Figura 4), de oeste a este en los bloques occidentales y de noroeste a sureste en el sector noroccidental entre la Sierra de Santa Bárbara y el río Atengo. Dicha disección permite además individualizar la estructura del relieve, dominada por la presencia del *plateau* riolítico.

Por otra parte, las fosas tectónicas longitudinales y las fracturas transversales han permitido la formación de un dispositivo de escalonamiento que se repite en las vertientes correspondientes a los abruptos de falla, lo cual acentúa aún más la disimetría de las vertientes de los bloques y de las fosas tectónicas ocupadas por los valles longitudinales. Este escalonamiento permite individualizar movimientos tectónicos importantes a finales del Plioceno y principios del Pleistoceno, así como durante el Pleistoceno Medio.

MORFOGÉNESIS Y NEOTECTÓNICA

Tectónica y neotectónica

La observación sobre el terreno, el análisis de las cartas geológicas del INEGI a escala 1:50 000 y 1:250 000 y de las fotografías aéreas correspondientes a la zona huichol, permiten suponer que durante el Cenozoico o Terciario la tectónica regional se ha manifestado ampliamente en tres etapas. La más

antigua correspondería al Mioceno Superior-Plioceno Inferior, período en el cual se formaron los relieves acinales y monoclinales a expensas del espeso paquete de rocas ígneas de la "serie riolítica". El segundo período tectónico importante se habría pro-

ducido durante el Plioceno-Pleistoceno, siendo responsable de las grandes fracturas y fallas regionales que provocaron la formación de extensos y elevados bloques orientados de noroeste a sureste, tal como se ha mencionado anteriormente.

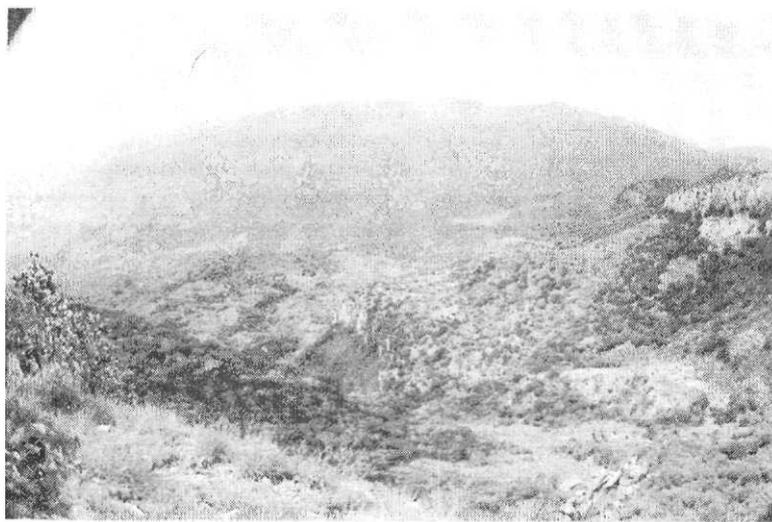


Figura 3. Bloque de la sierra Los Huicholes (oeste) visto desde la mesa de San Andrés Cohamiata hacia el norte. En segundo plano el valle del río Tequixhie, afluente de la margen derecha del río Atengo.



Figura 4. Vertiente occidental del bloque de la sierra de Los Huicholes (este) que forma la vertiente del valle del río Camotlán al sur de Tuxpan de Bolaños.

Es posible que durante el Pleistoceno Medio se haya producido una serie moderna de movimientos tectónicos importantes (tercera etapa), que elevó las estructuras del relieve a sus niveles actuales provocando un fracturamiento regional y local de los bloques, con los consiguientes movimientos diferenciales de los mismos (Figura 5).

Estos movimientos neotectónicos han sido, por otra parte, los responsables del establecimiento de la red de drenaje actual.

El fracturamiento de los bloques del *plateaux* riolítico que se observa en la sierra de Los Huicholes (este) al noroeste de San Martín de Bolaños, la disposición paralela de los bloques orientados de noroeste a sureste, tanto en la sierra mencionada como en la sierra Pajaritos y el desplazamiento de las superficies de erosión del piedemonte de la sierra de Los Huicholes frente a Mezquitic, son muestras elocuentes de esta fase neotectónica.

Durante el Cuaternario predominan los procesos erosivos, en sentido amplio, es decir, procesos de *erosión* propiamente dicha, de *transporte* y de *sedimentación*. A un ciclo

tectónico le sucede un ciclo erosivo; de modo que a partir de los movimientos del Plio-Pleistoceno se desataron procesos erosivos que han dado lugar a la formación de superficies de erosión (peniplanicies, modelado de las cornisas rocosas), glaciares de piedemonte y depósitos sedimentarios en áreas bajas endorreicas, depósitos de piedemonte y de terrazas fluviales (lutita-areniscas, areniscas-conglomerados, conglomerados). Al último ciclo tectónico del Pleistoceno Medio le suceden nuevos ciclos erosivos que se traducen en la disección de las formaciones sedimentarias de los altiplanos, la disección de las superficies de piedemonte, de las antiguas terrazas fluviales y por la gestación de nuevas formas de acumulación, terrazas fluviales y abanicos aluviales.

La geomorfología y la evaluación de la neotectónica

En una región inestable, el análisis de los movimientos recientes y actuales es un tema ineludible, tanto por la aprehensión de los dispositivos morfoestructurales como por la dinámica geomorfológica que cada uno de éstos presenta.



Figura 5. Bloque basculado de la sierra de Alica, vertiente oriental que buza al este, forma un vistoso relieve monoclinal. Al fondo la sierra Los Huicholes (oeste).

Neotectónica y actividad sísmica, como consecuencia de la proximidad a una zona de subducción (zona de Benioff), permiten explicar las formas activas del relieve. El dispositivo de los edificios estructurales elevados a lo largo de fracturas regionales y de fosas tectónicas muestra la importancia del juego vertical de estos bloques, asociado a las manifestaciones de distensión de los elementos corticales profundos. Evidentemente, la presencia de grandes volúmenes rocosos ha permitido el juego vertical y lateral de la tectónica y neotectónica para generar este modelo morfoestructural.

Precisamente a lo largo de las fracturas longitudinales profundas se observan, como muestra de la neotectónica, los relieves monoclinales formados por bloques dislocados del primitivo *plateau* riolítico, ya fragmentado por movimientos más antiguos. Es el caso de los relieves basculados de la sierra de Santa Bárbara al este de San Juan Peyotán (Nayarit), al norte de la Sierra de Alica (Figura 5) en las proximidades de San Sebastián y de los bloques acinales intensamente disectados por la red de drenaje, que han dado lugar a la formación de relieves mesetiformes.

Desde el punto de vista morfoclimático, la presencia de fallas regionales de un rechazo de más de 1 000 m no sólo dispone una distribución asimétrica de las precipitaciones, de la humedad y de las temperaturas, sino que contrapone la acción morfoclimática de los bloques elevados a la de las fosas tectónicas, de manera que la potencia erosiva de los cauces guarda estrecha relación con estas formas estructurales. Por lo demás, la erosión diferencial en los grandes interfluvios donde se han formado estos relieves planos está en estrecha relación con la neotectónica.

Neotectónica y modelado

A lo largo de las fracturas regionales longitu-

dinales que han producido los escarpes más pronunciados y las formas de piedemonte más desarrolladas es donde se manifiesta con mayor fuerza aparente la neotectónica.

Los niveles de glacis del valle de Mezquitic correspondientes al abrupto de la sierra de Los Huicholes (este), han sufrido fracturas sobre las areniscas que forman el segundo y tercer nivel. De igual modo, se observan dislocaciones tectónicas modernas en los niveles inferiores de glacis en el piedemonte, próximo a San Martín de Bolaños.

En la fosa tectónica correspondiente al valle del río Atengo, sobre la vertiente occidental, al norte y sur de la localidad de San Juan de Capistrano (Zacatecas) se observan bloques con un pronunciado buzamiento, debido a movimientos recientes. Estos bloques están constituidos en parte por conglomerados de las terrazas fluviales del río Atengo. En la fosa tectónica ocupada por el valle del río Bolaños se observan, al norte de la localidad de Bolaños, bloques riolíticos que forman parte de la fosa y cuyo dislocamiento responde a movimientos tectónicos recientes. Estos bloques de reducida extensión se asemejan por su posición a los *chevrone*s de los relieves plegados (Figura 6).

A las fallas de rechazo reciente deben sumarse en el análisis las evidencias de la dinámica actual, lo cual resulta difícil de establecer con exactitud.

Es evidente que las muestras de la neotectónica reciente se traducen en escarpes en el relieve de distintas magnitudes, desde rechazos de más de 500 m hasta pequeños escalones de menos de cinco. Los primeros se relacionan directamente con las morfoestructuras y los segundos con las formas morfoclimáticas o morfoesculturales.

La definición de los escarpes

Estas consideraciones conducen también a

la diferenciación en el relieve de los escarpes tectónicos producidos por fallas y los escarpes elaborados por procesos erosivos y en estrecha asociación con las etapas paleoclimáticas señaladas por ciclos paleogeomorfológicos. En las vertientes de las montañas, de los relieves mesetiformes y de los valles se confunden los perfiles trazados por las causas señaladas.

Las evidencias de la actividad tectónica reciente están asociadas a las vertientes más pronunciadas de los bloques riolíticos que forman las montañas y, por tanto, constituyen los límites de las cuencas hidrográficas más importantes de la región (ríos Atengo, Bolaños, Huajimic y Camotlán). Por otra parte, esta relación conduce a la asociación de los escarpes con los procesos geomorfológicos de mayor importancia regional, es decir, con la disección de los bloques.

Los escarpes de falla explican la disimetría de las vertientes de los valles, de la cual se ha hecho reiterada mención. Es el caso del valle del río Bolaños, cuya vertiente occidental esta formada por el escarpe de falla de la sierra de Los Huicholes (este) y la oriental, por el escarpe que limita los bloques mesetiformes de Monte Escobedo, El Fraile, Guerrero y otras más al sur. El valle de Huajimic presenta una vertiente oriental formada por el escarpe o abrupto de falla de sierra Pajaritos y la vertiente occidental por el escarpe de erosión elaborado sobre el flanco de la sierra de Alica. Igual situación acusa en su tramo inferior el valle del río Camotlán, cuya vertiente oriental es el escarpe de falla que limita el altiplano de Cabadas y la vertiente occidental la forman los escarpes de erosión de las mesas que forman la continuación del borde oriental de sierra Pajaritos.

Los escarpes de erosión, además de los ya mencionados, forman la mayoría de las vertientes de los arroyos tributarios de los ríos de mayor jerarquía en la región. Dichos cau-

ces separan las mesas, como resultado de una intensa labor de disección, en la cual tectónica y clima desempeñan un papel preponderante junto a los caracteres litológicos.

El caso del valle del río Atengo presenta un panorama geomorfológico digno de análisis. La profundidad del valle varía entre 1 000 y 1 200 m con respecto al nivel medio de los relieves mesetiformes laterales. Sus vertientes presentan un escalonamiento que obedece a la tectónica y a la profunda labor de disección por parte del cauce mayor y de sus tributarios. Se podrían catalogar a éstas como vertientes mixtas, en las cuales se alternan los escarpes de fallas y escarpes de erosión.

MORFOGÉNESIS Y RED DE DRENAJE

Evolución morfotectónica y constitución de la red de drenaje

La morfología de los escarpes y de los bloques del *plateau* riolítico contribuye, junto con las características estructurales, a deducir la existencia de ciclos morfoclimáticos y ciclos neotectónicos; pero, principalmente, permite deducir que durante el Cuaternario Medio la red de drenaje se encontraba organizada en forma similar a la actual, es decir, los cauces de mayor jerarquía tenían una orientación norte-sur y sus afluentes de menor rango de este a oeste y de oeste a este.

Con excepción de las rocas volcanosedimentarias o volcanoclásticas que afloran en el valle del río Jesús María, en San Juan Peyotán (Nayarit), las cuales han sido datadas en el Terciario Inferior, no existen en el área sedimentos fluviales antiguos que permitan suponer el trazado de la red de drenaje anterior al Cuaternario. Por el contrario, los sedimentos del Plioceno que forman las estructuras sedimentarias del nivel medio e inferior del glacis del piedemonte de la sierra de Los Huicholes (este) en Mezquitic, seña-

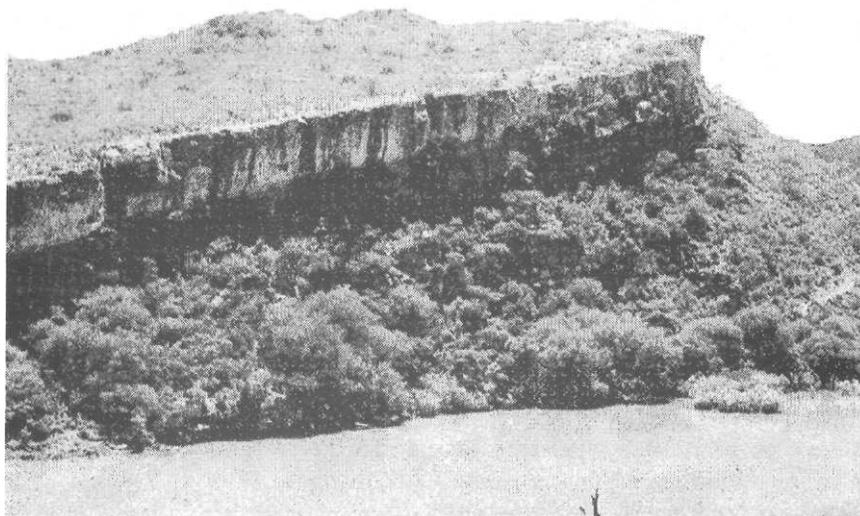


Figura 6. Ejemplo de neotectónica. Bloque basculado en el piedemonte de la sierra de Los Huicholes (este), sobre la vertiente occidental, en el contacto con el valle del río Atengo. Vista hacia el sur, cerca de la localidad de San Juan Capistrano (Zacatecas). Los materiales de la terraza fluvial del arroyo han participado del movimiento, segundo plano.

lan una dirección oeste-este de los cauces que depositaron dichos sedimentos, en un ambiente fluvio-lacustre de pequeñas cuencas endorreicas.

Las dos fases tectónicas importantes que han afectado a la región durante el Plio-Pleistoceno y el Pleistoceno Medio han sido determinantes para la formación de la actual red de drenaje de modo que las vertientes de los valles formados por los cauces principales y secundarios, reflejan en su perfil las etapas tectónicas y paleoclimáticas del Cuaternario.

Las fosas tectónicas longitudinales que separan bloques y montañas derivados del primitivo *plateau* riolítico han permitido en sucesivas ocasiones la formación de cuencas sedimentarias a partir de Plioceno Medio-Inferior y de estructuras pedemontanas, en las cuales el nivel de base de la antigua red de drenaje era la hoya de estas fosas o depresiones.

Estas cuencas han acompañado a los bloques en su ascenso y constituyen evidencias importantes del neotectonismo.

A expensas de la erosión de las estructuras sedimentarias se forman los niveles de glacis que se han detectado en el valle del río Bolaños. Parece ser que la formación de estas unidades de piedemonte es contemporánea a la profunda disección de los bloques del *plateau* riolítico.

A esta etapa de configuración de las estructuras del relieve de las fosas tectónicas corresponde la etapa de disección de los interfluvios, es decir, de los bloques del *plateau* riolítico que dieron lugar a la formación de los relieves mesetiformes señalados en el apartado de los atributos topográficos, en el artículo correspondiente a las estructuras. Así se establece una red de drenaje secundaria que sigue considerando a las fosas longitudinales como nivel de base local. La neotectónica del Pleistoceno Medio

permite la organización del drenaje de los valles longitudinales, los que adoptan como nivel de base al océano Pacífico, a través del río Grande de Santiago.

De modo que la disección de las estructuras del *plateau* riolítico ha sido uno de los procesos morfoclimáticos más relevantes del Cuaternario, causante del modelado del relieve de los bloques del *plateau* y de la constitución actual de la red de drenaje.

La disección del *plateau* riolítico

Uno de los caracteres que más se destacan en el paisaje natural del territorio huichol es la disección que se manifiesta mediante la profusión de valles, cañadas, cárcavas y surcos de erosión, separados respectivamente por cordones montañosos, lomas y dorsales de distinta jerarquía. De allí que sea necesario distinguir la disección del *plateau* y la disección de las vertientes.

a) La disección del *plateau*

Se organiza en general de este a oeste y de oeste a este. A juzgar por los sedimentos pliocénicos que forman las estructuras sedimentarias de los glaciares de erosión en el valle del río Bolaños. los procesos de disección comienzan con el fracturamiento en bloques y el levantamiento diferencial durante el Plioceno Inferior-Medio. A partir de entonces se forman las fosas tectónicas longitudinales que sirvieron de nivel de base a los incipientes torrentes de los bloques elevados y dispuestos de noroeste a sureste y de norte a sur. Durante este lapso se produce la formación de los valles de los cauces tributarios del río Atengo en el sector noroeste del área de trabajo (arroyos Los Negros, Portales, Fierros y Teqūxhie sobre la margen derecha y Peñas Coloradas, Taymarita y Los Guayabos sobre la margen izquierda) y el relleno parcial de las fosas tectónicas, con la correspondiente formación de reducidas cuencas sedimentarias. De igual manera se

forman los valles relativamente profundos de la vertiente oriental de la sierra Pajaritos y de la sierra de Los Huicholes, tributarios de los ríos Camotlán y Bolaños.

La fase tectónica plio-pleistocénica provoca la ruptura de los bloques longitudinales, el basculamiento de las cuencas sedimentarias tanto en el valle del río Bolaños como en el del río Atengo y la formación del valle del río Camotlán y del río Huajimic. Al Pleistoceno corresponde entonces el levantamiento de los bloques del *plateau* que forman la sierra de Los Huicholes (este), la sierra de Santa Bárbara y la sierra Los Huicholes (oeste) y el basculamiento de los bloques que forman la sierra de Alica, sierra Pajaritos y altiplano de Cabadas.

Es decir que la profundización y ensanchamiento de los valles longitudinales están íntimamente asociados a la formación de los valles transversales que disectan a los bloques del *plateaux*, así como la fosilización de algunos valles y su consiguiente suspensión.

La organización del drenaje en las pequeñas cuencas hidrográficas de los cauces tributarios de los ríos principales muestra esta categoría de disección en la carta topográfica escala 1: 50 000. El valor de la intensidad del drenaje en la cuenca señala también la intensidad de la disección de los bloques del *plateau*. Este valor varía entre 3.1 y 3.4 km de cauce por km².

tf) La disección de las vertientes

Es el resultado de procesos morfoclimáticos correspondientes a las fases post-tectónicas del Cuaternario Medio y Superior. Clima y litología son los protagonistas de la acción erosiva que se manifiesta a través del intemperismo areolar y de la disección que aparenta ser el elemento geomorfológico de mayor relevancia en el paisaje. A este lapso corresponde la formación de la red de dre-

naje actual en la cual los cauces menores corresponden a las vertientes de los ríos tributarios y se orientan en general de norte a sur y de sur a norte. Desde el punto de vista estructural, estos cauces pequeños permiten distinguir la orientación general de las fallas locales originadas en esta fase neotectónica y post-tectónica reciente (Figura 7).

Desde el punto de vista morfoclimático esta disección es la responsable de la disposición de la topografía de las vertientes en facetas triangulares similares a los *chevrons* de los relieves de plegamientos. De modo que la disimetría de las vertientes obedece no sólo a procesos tectónicos, sino también morfoclimáticos, en función de la diferenciación litológica. En efecto, las vertientes formadas sobre lavas riolíticas presentan esta topografía de facetas triangulares; en cambio, las vertientes elaboradas sobre tobas son rectilíneas y planas, favorecidas y protegidas por

la cubierta forestal.

La incisión de los cursos de agua, torrentes, cárcavas y surcos de erosión está determinada, en definitiva, por la erosión areolar, cuyo resultado es la preparación química del material detrítico, lo cual condiciona, a su vez, a la erosión diferencial.

Al concepto de erosión diferencial como consecuencia de la respuesta litológica directa al clima, es necesario agregar la función de la erosión areolar físico-química o simplemente química, por tratarse de un medio tropical subhúmedo.

La incisión de los cursos de agua, torrentes, cárcavas y surcos de erosión está determinada, en definitiva, por la erosión areolar, cuyo resultado es la preparación química del material detrítico, lo cual condiciona, a su vez, a la erosión diferencial.



Figura 7. Sector de mesas del Centro Norte, al oeste de la Mesa de Pueblo Nuevo y al este de la localidad de Santa Catarina. Vista hacia el sur. Nótese la disección de las vertientes y la horizontalidad de los estratos de lavas y tobas riolíticas del *plateau*. Los escarpes corresponden a la profunda disección de los cauces. En los interfluvios la erosión ha dado lugar a la formación de mesas de distintos niveles.

Con esto se trata de demostrar que la formación de cañones profundos de corto recorrido, no sólo es consecuencia de la profundidad del nivel de base sino también de procesos morfoclimáticos. Además, se trata de demostrar que la formación de estos cañones no solamente es resultado de la erosión retrocedente y diferencial, sino también de la erosión areolar y del intemperismo químico.

DINÁMICA GEOMORFOLÓGICA Y MODELADO DEL RELIEVE

Las condiciones climáticas actuales

La presencia de una estructura de bloques con alturas medias de 2 000 a 2 400 msnm y de una extensión de 100 km de norte a sur y 70 km de este a oeste, limitados por profundos valles longitudinales, crea las condiciones necesarias para el desarrollo de un clima regional con base en las modificaciones que ésta introduce en la circulación atmosférica general casi en los límites septentrionales de la zona tropical americana (21° a 22° de latitud norte).

El área se encuentra a sotavento de las masas de aire ciclónicas del océano Pacífico, durante el verano y de las masas de aire anticiclónicas del Atlántico durante casi todo el año (vientos alisios). Las primeras son responsables de la mayor parte de las precipitaciones, cuyo total anual varía entre 600 mm, en el extremo norte y noreste y 1 100 mm en el suroeste. El predominio de la humedad proveniente del SW explica en parte la disimetría de las vertientes de las montañas desde el punto de vista morfoclimático y fitogeográfico. El régimen pluviométrico es netamente tropical, es decir, con marcado contraste entre el verano cálido y lluvioso y el invierno seco (Figura 8). En la estación meteorológica de Santa Clara (hoy desaparecida) el mes más lluvioso corresponde a julio con 234.5 mm y el más seco a marzo con 1.4 mm (Figura 9).

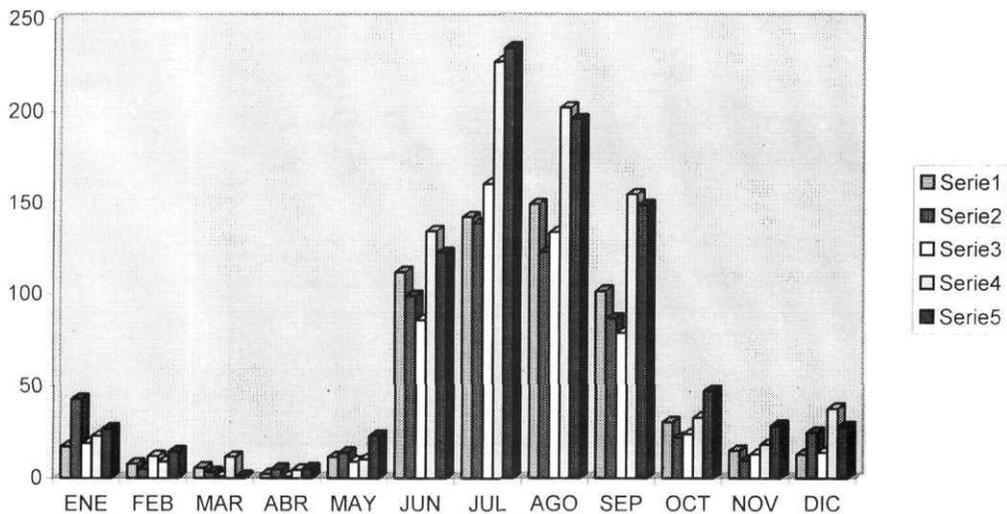
Aunque no se ha dispuesto de registros pluviales en la zona, de acuerdo con las observaciones directas de campo, se estima que la intensidad de las precipitaciones es de 50 a 60 mm por hora y la duración aproximada de 15 a 20 minutos. Estos valores se deducen, por otra parte, de los caudales relativos y de los índices de escurrimiento. También el régimen térmico presenta caracteres tropicales por la escasa amplitud térmica de los valores medios mensuales. La estación Santa Clara (San Andrés Cohamiata), en el sector noroeste del área y a una altura de 1 900 msnm, el mes más cálido presenta una temperatura media de 21.2° C y el más frío de 12.6° C (Figura 10).

La estación de Bolaños (serie 1, en la Figura 8) se encuentra en el profundo valle del mismo nombre, en el E el territorio en cuestión y a una altura de 850 msnm, por lo que durante el mes más cálido se registra una temperatura media de 28.7° C y el más frío de 19.3° C. En ambos casos la amplitud térmica anual es de 9° C aproximadamente.

La estación Totuate (serie 2, Figura 8) se encuentra ubicada en el valle de río Bolaños, al norte de la localidad de Bolaños y al sur de Mezquitic, precisamente en un sector en el que el valle se estrecha por la presencia de mesetas en la fosa tectónica.

La estación Chapalagana (serie 3, Figura 8) es la más representativa del clima tropical subhúmedo que caracteriza al sector más lluvioso del territorio huichol por su ubicación a orillas de río Atengo y a pocos kilómetros de la unión de éste con el río Jesús María. Aquí no sólo se registran temperaturas más elevadas, sino que también se percibe una menor amplitud térmica.

El índice de humedad anual, al 70% de probabilidad, varía de 0.4 a 0.8 en las zonas más bajas del E y NE, en tanto que en las zonas elevadas y a sotavento de los vientos ciclónicos es de 0.8 a 1.2 La evaporación



ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC
 Figura 8. Precipitaciones mensuales - norte de Jalisco - Estación Bolaños, Tenzompa, Mezquitic, Jesús María y Santa Clara.

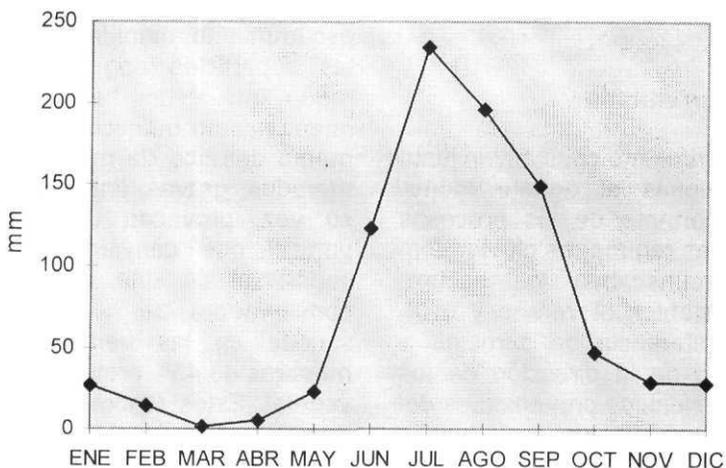


Figura 9. Precipitaciones mensuales - Estación Santa Clara (San Andrés Cohamiata).

anual es de 2 000 a 2 200 mm, mientras que la evapotranspiración potencial oscila entre 1 600 y 1800 mm.

Por la dinámica de las masas de aire, los regímenes pluviométricos y térmicos, los valores aproximados de humedad, pero fundamentalmente por el marcado contraste entre

la estación de lluvias y la estival, puede afirmarse sin duda que se trata de un clima tropical subhúmedo en la mitad suroeste y de un clima tropical semi-seco en la mitad noreste. Así lo atestigua la dinámica geomorfológica o morfoclimática cuyo principal estilo es el intemperismo geoquímico y cuyos agentes morfogenéticos predominantes son

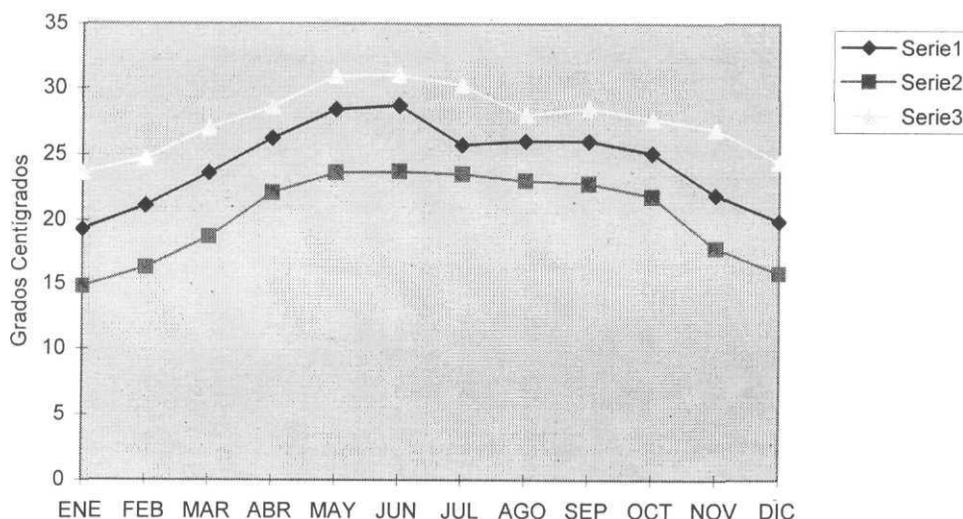


Figura 10. Temperaturas medias mensuales del norte de Jalisco -Estación Bolaños, Totuate y Chapalagana.

la precipitación, la humedad, las aguas de escurrimiento, la temperatura y la cubierta vegetal.

Las aguas de escurrimiento

Las aguas de escurrimiento constituyen junto con las precipitaciones el agente morfo-dinámico más importante de los procesos geomorfológicos. Los regímenes pluviométricos tropicales circunscriben los escurrimientos más importantes al verano y establecen una leve diferencia de suroeste a noreste, en función de la dirección de los vientos húmedos ciclónicos provenientes del océano Pacífico.

Los elementos morfoclimáticos que se observan en este medio permiten suponer que los escurrimientos actuales son menores que los ocurridos en el Pleistoceno, debido a la ausencia de grandes abanicos aluviales modernos en los valles y confirman, por otra parte, la presencia de un clima tropical subhúmedo con una marcada estación seca durante el Cuaternario.

Después de una precipitación, en las superficies planas de los interfluvios se observa un escurrimiento mantiforme moderado, sobre las superficies originalmente rocosas, de modo que éstas han dado lugar, por el intemperismo químico, a la formación de un manto detrítico de materiales finos (conglomerados, gravas, limos y arcillas); éstos, a su vez, provocan un lento escurrimiento vertical que convierte al manto detrítico superficial en una esponja absorbente y conservadora de la humedad. Lo mismo sucede en las vertientes de pendientes menores de 45° protegidas por una cubierta vegetal. Estos fenómenos que se producen durante casi todo el año permiten establecer dos tipos de escurrimiento: uno superficial que sucede a las precipitaciones, el cual, según las características del relieve plano u ondulado, puede ser mantiforme o difuso y otro vertical relativamente lento y cuya velocidad depende de las condiciones litológicas del manto detrítico formado sobre la superficie rocosa.

El coeficiente de escurrimiento sobre las superficies de los interfluvios oscila entre el

20.6 y el 27.8% de acuerdo con los valores de los regímenes fluviales (Cuadro 1). Este tipo de escurrimiento forma parte también del proceso edafogénico y comprende la lixiviación, eluviación e iluviación y junto con los agentes biológicos contribuye a la descomposición química de la roca. Es común encontrar sobre las mesetas y mesas, áreas en las que predominan suelos ferruginosos (oxisoles) que confirman la existencia y funcionalidad actual de los procesos geoquímicos típicos de las zonas morfoclimáticas tropicales y cuya principal manifestación es

la concentración de óxido de hierro y sílice y, por consiguiente, de caolín. Se muestra en la fotografía el ejemplo de los suelos rojos de la meseta de San Andrés Cohamiata (Figura 11).

El drenaje difuso superficial da lugar a la organización del escurrimiento en cauces sobre los cuales actúa la erosión lineal o erosión fluvial. Estos cauces forman parte de la menor jerarquía de la red de drenaje y cuya representación es factible a partir de la escala 1: 50 000.

Cuadro 1. Valores de los coeficientes de escurrimiento

Cuenca fluvial	Coefficiente máximo (%)	Coefficiente mínimo (%)	Coefficiente medio (%)
río Atengo	26.2	20.6	23.6
río Camotlán	27.8	23.2	24.8



Figura 11. Suelos ferruginosos u oxisoles de la mesa de San Andrés Cohamiata que testifican el clima tropical húmedo, con marcada estación seca, muy reciente o actual, en este sector de la región. El color ocre de los suelos se asemeja a los oxisoles ferralíticos de la zona ecuatorial.

Desde el punto de vista morfodinámico, a partir de éstos, comienza a manifestarse la incisión de los cauces en las estructuras del relieve, en función de la naturaleza de las rocas. La superficie de estos pequeños cursos de agua oscila entre 1 y 2 km² y alcanzan a soportar caudales de 4 a 5 m³/seg después de una tormenta tipo de verano de 60 mm/h de intensidad.

Estos cauces constituyen la jerarquía menor de la red de drenaje que alimenta a un colector cuyo régimen fluvial expresa las características geográficas de la cuenca, en especial el clima y la dinámica geomorfológica. En efecto, uno de los valores más efectivos para expresar la erosión de una cuenca fluvial es el volumen sólido, es decir, material de arrastre (conglomerados), material en suspensión (arenas, limos y arcillas) y material en disolución (sales). Solamente se dispone del valor del volumen sólido de los ríos de México relativos al material en suspensión, gracias a los aforos realizados por la Comisión Nacional de Agua y el ex Departamento de Hidrometría de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. En los ríos de Jalisco la relación entre el volumen líquido y el volumen sólido en suspensión es de 0.05% lo cual está muy de acuerdo con el clima tropical subhúmedo de la región. Esta relación permite establecer el valor del volumen sólido específico, es decir, por unidad de superficie, el cual expresa el valor de la erosión o del material extraído por la red de drenaje de una cuenca fluvial.

$$V(s.e.) = \frac{\text{Vol (m}^3\text{)}}{\text{Sup (km}^2\text{)}} = \text{m}^3/\text{km}^2$$

en donde:

V(s.e.) = volumen sólido específico expresado en m³/km².

Vol = volumen líquido anual del río, calculado a partir del caudal medio anual.

Sup = superficie de la cuenca fluvial o imbrífera expresada en km².

El río Atengo, en la estación de aforos de Chapalagana, acusa un volumen anual de 1 160.5 hm³ en una superficie de cuenca de 11 910 km², de donde el volumen sólido específico anual equivale a 48.72 m³/km², lo cual corresponde al material extraído y transportado por las aguas superficiales de escurrimiento en dicha superficie durante un año. Es un valor muy próximo al volumen de limos y arcillas transportado por el río. En otras palabras, es el valor del producto anual de la erosión por unidad de superficie.

El *underflow* y el escurrimiento subterráneo

En las superficies planas de los interfluvios y en las vertientes de los valles se forma una capa de materiales detríticos, como ya se mencionó, que se la identifica en el medio intertropical como coluvio, producto de una criptoalteración (Tricart, 1965) por efecto de las aguas de escurrimiento vertical, del clima y de la naturaleza de las rocas. Por encima de la roca que sirve de lecho y por debajo de esta capa de alteritas se produce un escurrimiento semi-superficial conocido como *underflow* en la literatura geomorfológica inglesa, o simplemente agua subterránea. Estas aguas de escurrimiento semi-profundo forman en las vertientes los veneros característicos de la montaña en la época de lluvias y durante gran parte del año. La profundidad de estas napas o acuíferos depende del espesor de la masa de sedimentos y la velocidad de desplazamiento, del grado de alteración de la roca y del sistema radicular de la cubierta vegetal, el cual actúa como un agente biológico importante en el proceso de descomposición de la roca y de retención del agua.

El *underflow* no solamente se produce en los interfluvios, sino también en los lechos de los ríos, especialmente debajo de la línea del *talweg*. Esta vez son los conglomerados

fluviales los que ocultan este cauce semi-superficial. En algunos casos el *underflow* permanece durante la época de sequía y alimenta los charcos y pantanos que se forman en los umbrales rocosos de los lechos fluviales.

El caudal medio anual de los cauces que sustentan el *underflow* es por lo general reducido, del orden de 0.5 a 1.0 lt/seg; su captación resulta difícil y sus resultados magros. El autor ha tenido la oportunidad de aforar esas aguas en cauces de régimen nival (arroyo Grande y arroyo Santa Clara) en el piedemonte de los Andes Centrales (Mendoza, Argentina), en el cual se registró un caudal 5.0 lts/seg en los meses de estiaje.

El caudal normal de los escurrimientos superficiales de verano del arroyo Grande alcanza a 25 m³/seg. La relación *underflow* y caudal máximo medio está expresada por la siguiente ecuación:

$$R_{fw} = C \frac{U_{fw}}{Q_{mxm}} \times 100 = \text{lts/seg.}$$

donde R = porcentaje de *underflow* respecto al caudal máximo medio. Podría llamarse a este valor el coeficiente de escurrimiento semisuperficial.

C = coeficiente de rugosidad (incluye factores geográficos).

U_{fw} = *underflow* expresado en litros por segundo

Q_{mxm} = caudal máximo medio expresado en litros por segundo.

En el medio tropical subhúmedo del norte de Jalisco, donde las aguas de escurrimiento están sometidas a un régimen pluvial, es probable que estos valores sean similares o inferiores, es decir del orden del 0.01%. El río Atengo en la estación Chapalagana registra un caudal máximo medio aproximado derivado de los caudales medios del

mes más caudaloso, durante cinco años de observación, de 164 m³/seg de donde el valor medio del *underflow* en la cuenca es de 16.4 lts/seg (0.016 m³/seg) Si se asigna eventualmente el valor de 2,6 al coeficiente de rugosidad según la fórmula de Chezy, citada por Réménieras (1971) y la modificación introducida por Bazín (citado por Mazzocchi, 1950) tenida cuenta de que se trata de escurrimientos profundos, el coeficiente de escurrimiento semisuperficial sería de 0.03%.

El factor de la evapotranspiración potencial es mucho más significativo en el medio tropical que en un medio templado árido, cuando se lo vincula con el escurrimiento de las aguas semisuperficiales. El valor del déficit de escurrimiento calculado en cada uno de los cauces de las subcuencas del área en estudio, es aproximadamente el valor de la evapotranspiración potencial.

El *escurrimiento subterráneo* se nutre y se organiza a partir de las aguas de escurrimiento vertical, principalmente de la lixiviación, las cuales penetran en las fisuras, diaclasas y fracturas de la roca hasta formar un acuífero, es decir, una superficie de escurrimiento similar a los cauces superficiales o bien mantos o napas. Estos acuíferos siguen planos de estratificación, en el caso de rocas sedimentarias y de coladas de lavas, en el caso de las rocas volcánicas. En el territorio huichol, por tratarse de estructuras del relieve de bloques acinales y monoclinales del *plateau* riolítico, los acuíferos se organizan en el sentido de la pendiente de los bloques y de los mantos lávicos profundos. Desde el punto de vista morfo-dinámico las aguas subterráneas son un agente de erosión física y química profunda muy importante. En el territorio huichol no se disponen de datos relativos a las aguas subterráneas por lo que no se puede establecer una relación entre éstas y el proceso geomorfológico.

LAS FORMAS DEL RELIEVE

El modelado

Teniendo en cuenta la disposición de las rocas a partir de los grandes depósitos de lavas, de materiales piroclásticos y de rocas sedimentarias, la uniformidad litológica, la uniformidad de las estructuras del relieve y los procesos geomorfológicos dominantes en el área en estudio, las formas del relieve son la clara expresión del clima tropical, el cual es, en definitiva, responsable de estos procesos de la erosión lineal y areolar.

Las formas del relieve características del territorio en cuestión son las siguientes:

1. De los relieves tabulares.

Estas formas tabulares corresponden a las estructuras acinales derivadas del *plateau* riolítico, predominan en el centro del territorio huichol entre las sierras de Los Huicholes (este) y las de Santa Bárbara y Los Huicholes (oeste), y entre las sierras de Pajaritos y Los Huicholes (este).

En raras ocasiones estos relieves planos muestran en superficie su formación litológica puesto que los mantos de lavas y de materiales piroclásticos están cubiertos por una capa detrítica, producto de la erosión areolar, a partir de la cual se generan los procesos edafológicos.

a. *Planicies y altiplanos*: ejemplo: Altiplano de Tenzompa y de Cabadas.

b. *Mesetas de relieves ondulados*: Meseta de Nueva Colonia y de Pueblo Nuevo.

c. *Mesetas y mesas de relieves escalonados*: mesetas y mesas de la vertiente oriental de sierra Pajaritos.

d. *Mesas residuales*: mesas del sector noroeste entre la sierra de Santa Bárbara y el valle del río Atengo.

2. De las montañas.

Como se ha expresado anteriormente, las montañas también están formadas por bloques del *plateau* riolítico, en los cuales la neotectónica y la erosión, en especial la disección, han generado formas distintas de las vertientes y de las dorsales y, principalmente, de las áreas prominentes de los interfluvios que generalmente coinciden con el divorcio de las aguas.

a. *Montañas de interfluvios angulosos*: sector norte de la sierra Los Huicholes (oeste), sierra Pajaritos y sierra de Alica.

B. *Montañas de interfluvios planos*: sector sur y central de la sierra de Los Huicholes (este).

c. *Montañas de interfluvios escalonados*: sector norte de la sierra de Los Huicholes (este) y sierra de Santa Bárbara.

3. De los valles.

a. *Valles de fondo plano*: valle del río Bolaños.

b. *Valles fluviales profundos de vertientes escalonadas*: valle del río Jesús María, valle del río Atengo.

c. *Valles profundos de disección de los relieves tabulares*: pertenecen a esta categoría la mayor parte de los valles del sector central del territorio que corresponden a los cauces tributarios de los ríos principales, generalmente de dirección latitudinal.

d. *Taludes detríticos y conos de gravedad*.

e. *Abanicos aluviales*.

f. *Terrazas fluviales*.

Estos elementos morfoclimáticos están presentes en todas las vertientes y fondos de los valles. En general, llama la atención la escasa proliferación de los abanicos aluviales, así como la escasez de abanicos de gran desarrollo y la ausencia de conos aluviales antiguos.

Este hecho permite afirmar la juventud de la neotectónica y su continuidad durante el Cuaternario Medio y Superior.

4. De las superficies pedemontanas (pedemonte).

a. *Pedimentos y glacis de erosión*: las formas de pedemonte más importantes y de mayor desarrollo corresponden al valle del río Chico (Bolaños superior) en la región de Mezquitic y en el valle del río Bolaños, en la región de San Martín de Bolaños.

Regiones geomorfológicas

A excepción de las rocas sedimentarias modernas, todas las rocas de esta porción de la Sierra Madre Occidental pertenecen a la serie riolítica del Terciario Medio. En muy contados casos y fuera del territorio huichol, afloran lavas básicas.

Por otra parte, los movimientos tectónicos más importantes que afectaron a esta serie riolítica se han producido durante el Terciario Superior y durante el Pleistoceno o Cuaternario Inferior y Medio.

En consecuencia, las estructuras del relieve de la región wixarika son las montañas volcánicas de bloques y el *plateau*. Este último término adoptado por el lenguaje geomorfológico internacionalmente, significa meseta formada por capas horizontales de rocas, en este caso, volcánicas.

Como resultado de la tectónica cenozoica y de la neotectónica predominan las estructuras de bloques, los cuales han sido sometidos intensamente a la denudación por los procesos de la erosión.

De allí que, si bien el criterio fundamental para determinar las estructuras del relieve ha sido la interacción entre la litología y la tectónica, también ha sido necesario considerar la acción de las fuerzas exógenas o

morfoclimáticas para separar las estructuras geológicas.

De tal forma, se han señalado diez regiones geomorfológicas en función de los caracteres fundamentales del relieve estructural y de las formas morfoclimáticas o morfoesculturales señaladas más arriba, a saber:

1. Montaña de disección del *plateau* riolítico de interfluvios angulosos (Sierra Los Huicholes, oeste).

Corresponde a la llamada sierra Huicholes que se ubica en el sector NW de la región wixarika, inmediatamente al este del valle del río Jesús María y al norte del río Atengo, en el tramo comprendido entre la unión con los ríos Camotlán y Huaynamota. En esta unidad el *plateau* ha sido fracturado y seccionado en bloques que presentan la posición original o bien han sufrido movimientos diferenciales formando estructuras monoclinales.

La intensa actividad tectónica ha facilitado el proceso de erosión, de modo que vertientes e interfluvios de los bloques del *plateau* han evolucionado de tal manera, que se asemejan a una montaña de plegamiento y no al relieve mesetiforme original. Los ejes del relieve presentan una orientación norte-sur.

2. Montaña de interfluvios planos y de mesetas residuales.

Se ubica al este de la unidad anterior y al oeste del valle del río Atengo, entre el arroyo Los Negros, al norte y el río Atengo al sur, aguas arriba de su unión con el Huaynamota. Forma parte del *plateau* riolítico, sin embargo, esta sección ha sido menos afectada por la tectónica, de modo que se conservan los relieves mesetiformes con distinto grado de erosión. En algunos casos se observan mesetas de mayor extensión, como la de Santa Lucía de la Sierra o Mesa del Jagüey y la Mesa del Cajón.

Predomina una topografía accidentada de montaña con amplio desarrollo de valles fluviales orientados de noroeste a sureste o bien de oeste a este, con drenaje hacia el río Atengo.

3. Bloques mesetiformes del *plateau* riolítico (mesetas de estructuras acclinales con distinto grado de disección).

Se ubica en el sector norte de la región, al este del río Atengo, entre el arroyo Piedras Coloradas al norte y el arroyo Huizaista al sur, este último es afluente del río Camotlán. Esta unidad presenta una estructura de bloques del *plateau*, a distintos niveles y con distinto grado de erosión y de disección. Presenta dos subunidades:

a) *al norte del río Camotlán*, donde el drenaje se orienta de este a oeste y donde aparecen las mesetas de mayor desarrollo como la Mesa de Nueva Colonia, la Mesa de Pueblo Nuevo y la Mesa de Corral Blanco. Al sur del arroyo Las Guayabas, afluente del río Atengo, el drenaje se orienta de norte a sur y se dirige hacia el río Camotlán;

b) *al sur del río Camotlán* y al norte del arroyo Huizaista, el drenaje se dirige de sur a norte y los ríos profundizan su lecho a medida que se aproximan a su nivel de base.

En ambas subunidades predominan las estructuras acclinales u horizontales.

4. Montaña de bloques acclinales y monoclinales de disposición longitudinal. (Sierra de Los Huicholes E).

Se ubica al oeste del valle del río Bolaños y abarca la franja oriental de la región wixarika. Comprende la sierra de Los Huicholes. Está constituida por una sucesión de bloques del *plateau* orientados de noroeste a sureste, en el sector norte y de norte a sur, en el sector sur. El primer sector se desarrolla al norte de las Barranquitas del Tule, donde se ubican

las nacientes del arroyo El Roble. Su disposición estructural se caracteriza por una serie de bloques paralelos acclinales y monoclinales que manifiestan una acción tectónica importante, a la vez que una disección pronunciada en sentido noroeste-sureste y la formación de valles transversales secundarios. El sector sur, presenta mayor uniformidad con una franja de crestas montañosas que forman el parteaguas entre el río Bolaños y el Atengo. En esta montaña se encuentran las mayores alturas sobre el nivel del mar: 2860 m al noreste del Bajío de Los Amóles, 2 750 m, al norte de Barranquitas del Tule (Figura 12).

5. Altiplano de Tenzompa. Bloque acclinal del *plateau* riolítico.

Abarca un pequeño sector al noreste de la región, al sur de la localidad de Tenzompa y al NE de Nueva Colonia. Se trata de una estructura acclinal u horizontal del *plateau* riolítico que se desarrolla entre la sierra de Los Huicholes y la sierra de Tenzompa y se prolonga hacia el norte como el altiplano de Huejuquilla.

6. Montaña de Bloques monoclinales del *plateau* (sierra de Tenzompa).

Se ubica al norte de la Mesa de Nueva Colonia, entre el río Atengo y el altiplano de Tenzompa, su extensión es reducida comparada con las otras unidades montañosas del área y su estructura no difiere de las que le rodean, salvo por el hecho de formar bloques tectonizados y elevados sobre el nivel del altiplano de Tenzompa y de la Mesa de Nueva Colonia. Solamente el extremo sur de esta montaña pertenece al territorio huichol.

7. Región de relieves monoclinales y mesetiformes del sector sur de la sierra de Los Huicholes (E).

Se localiza en el extremo suroeste de la

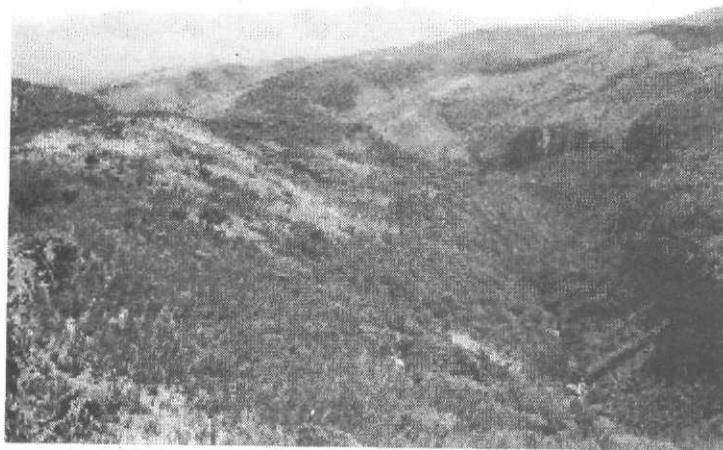


Figura 12. Borde oriental del extremo norte de la sierra de Los Huicholes (este), observándose en el segundo y tercer plano los bloques basculados y adosados a la vertiente de la montaña. La horizontalidad de los estratos del primer plano señala la discordancia provocada por la neotectónica. Al fondo, perfil de la sierra de Tenzompa.

sierra de Los Huicholes (E), ente el valle del río Camotlán y el borde oriental elevado de la sierra. Se distingue de este borde oriental por presentar una serie de mesas elevadas y separadas por los cauces tributarios de la margen derecha del río Camotlán en el tramo comprendido entre la localidad de Puente Camotlán y el Arroyo Cañada Grande.

8. Región de mesas escalonadas de la cuenca del Camotlán

Se ubica entre la sierra Pajaritos al oeste y la sierra de Los Huicholes (E) al este, y entre el arroyo Huizaista al norte y el arroyo El Capulín al sur. Se trata de estructuras actinales y monoclinales con leves buzamientos hacia el NE y SE. El drenaje se orienta de oeste a este y pertenece a la cuenca fluvial del río Camotlán. En general, la disección es poco profunda comparada con los bloques de la unidad 3, lo cual le confiere a este sector cierta uniformidad

topográfica y estructural. De allí que puede ser considerado como un altiplano de relieve ondulado.

9. Montaña de bloques con relieves de cuestras de frente occidental (sierra Pajaritos).

Se ubica al oeste del altiplano de Camotlán y al este del río Huajimic y entre el río Camotlán, al norte, y el arroyo El Capulín, al sur. Se trata de bloques del *plateau* riolítico elevados diferencialmente por la tectónica con buzamientos hacia el este y noreste. Dado que los bloques presentan una pronunciada disimetría de sus vertientes, forman relieves de cuestras orientados de norte a sur, con el abrupto o frente de cuestra dirigido hacia el oeste. A esta unidad se la identifica como la sierra Pajaritos.

10. Fosa tectónica y valle de Huajimic.

Se ubica entre la sierra Pajaritos al este y la

sierra de Alica, al oeste y entre La Mesa Larga y arroyo La Guacamaya, al norte y la Mesa de La Cumbre, al sur. Su estructura geológica es similar a la del altiplano de Camotlán, pero es más estrecho transversalmente y presenta menor disección. Geomorfológicamente puede considerarse como un amplio valle longitudinal cuyo *talweg* está ocupado por el río Huajimic. Sus vertientes están formadas, al este por el piedemonte del abrupto de la sierra Pajaritos y al oeste por los bloques inclinados hacia el este y ocupados por valles transversales poco profundos que descienden de la sierra de Alica.

11. Montaña de bloques monoclinales del *plateau* riolítico con interfluvios angulosos (sierra de Alica).

Corresponde a la sierra de Alica que se desarrolla en el sector suroeste de la región wixarika, entre el río Huaynamota, al oeste, y el río Huajimic al este. Su estructura geológica es similar a la sierra Los Huicholes (unidad 1), lo mismo que esta sierra, también ha sido intensamente afectada por la tectónica y la erosión. Esta unidad presenta dos subunidades: *a) el sector occidental*, que constituye una verdadera montaña de interfluvios angulosos y valles profundos, el cual se encuentra fuera del territorio huichol y *b) el sector oriental*, de estructura de bloques monoclinales similar a la sierra Pajaritos, donde se presentan las máximas alturas de la montaña.

12. Fosa tectónica y valle del río Bolaños.

Aunque incluye solamente 5% de la superficie del territorio huichol, es importante su consideración, dada su estrecha vinculación con éste, desde el punto de vista social y económico. La fosa tectónica de Bolaños corresponde al valle del río Bolaños, limitada por los bloques de la sierra de Los Huicholes, al oeste, y de Monte Escobedo al este, y los que se suceden hacia el sur de

éste con distintos nombres, entre las ciudades de Bolaños, Chimaltitán y San Martín de Bolaños.

13. Fosa tectónica y valle del río Jesús María.

Geomorfológicamente, esta unidad tiene la misma trascendencia que la anterior, es decir, la fosa tectónica del Bolaños, por el hecho de limitar por el oeste el territorio huichol y los bloques elevados del *plateau* riolítico, a los cuales se ha hecho referencia. Esta fosa tectónica se desarrolla a partir del piedemonte superior de la vertiente occidental de la sierra Los Huicholes (W) y remata en la sierra de Huaynamota.

14. Sierra de Huaynamota.

Puede considerarse a esta unidad como una montaña de bloques del *plateau* dispuestos longitudinalmente al oeste de la sierra de Alica y de niveles más bajos que ésta. Esta montaña se desarrolla entre esta sierra y el río Huaynamota, al sur de la unión de los ríos Atengo y Jesús María.

En síntesis, el relieve del área en estudio se define por una estructura de bloques formados por derrames volcánicos del Terciario Medio. Estos bloques acinales y monoclinales han estado y están en la actualidad bajo los embates de procesos morfoclimáticos físico-químicos típicos de la zona tropical. El resultado es un relieve de valles profundos de vertientes escalonadas, en función de las capas de lavas y tobas, de vertientes rectilíneas formadas por la cornisa rocosa y el talud detrítico; de interfluvios planos intensamente disecados o disectados por las aguas de escurrimiento.

La estructura del relieve se define como bloques del *plateau* riolítico y las formas del relieve se sintetizan como un montaña de intensa disección en la que predominan mesas y mesetas (Figura 13).

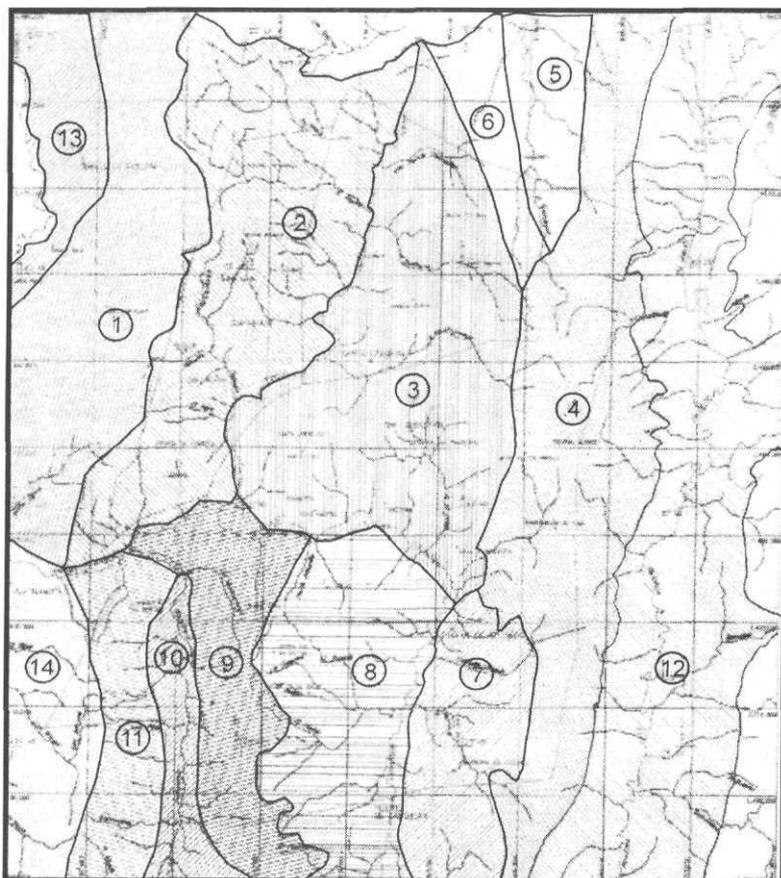


Figura 13. Regiones geomorfológicas.

Diseño: R. O. Barrera.

Fuente: Universidad de Guadalajara-INI (escala original 1: 250 000).

Leyenda:

1. Montaña de disección del *plateau* riolítico y de bloques basculados (sierra Los Huicholes W).
2. Montaña de interfluvios planos y de mesetas residuales.
3. Región de bloques mesetiformes disectados y de estructurales horizontales.
4. Montaña de bloques acclinales y monoclinales de disposición longitudinal (sierra de Los Huicholes E).
5. Altiplano de Tenzompa.
6. Montaña de bloques monoclinales del *plateau* (sierra de Tenzompa).
7. Región de relieves monoclinales y mesetiformes (sierra de Los Huicholes E, sector SE y altiplano de Cabadas).
8. Región de relieves monoclinales y de mesas escalonadas de la cuenca del río Camotlán.
9. Montaña de bloques monoclinales con frente de cuesta occidental (sierra Pajaritos).
10. Fosa tectónica y valle de Huajimic.
11. Montaña de bloques monoclinales y de interfluvios angulosos (sierra de Alica).
12. Fosa tectónica y valle del río Bolaños.
13. Valle del río Jesús María.

CONSIDERACIONES FINALES

La pretensión del autor no ha sido otra que la de mostrar un aspecto del análisis geográfico en el campo de la geomorfología estructural y de la geomorfología climática, con el fin de resaltar las manifestaciones y las consecuencias de la tectónica en el relieve del sector sur de la Sierra Madre Occidental.

En la convicción de que en Geomorfología deben manejarse tres lenguajes para señalar los accidentes topográficos, los procesos geológicos y los geomorfológicos se ha tenido cuidado en este ensayo de respetar dicha premisa, con el fin de darle a cada término su significado preciso.

Llama poderosamente la atención la uniformidad litológica de esta extensa zona montañosa formada por rocas ácidas pertenecientes a la serie riolítica del Mioceno y, a la vez, la gran variedad de lavas y tobas ácidas de dicha serie.

A la uniformidad litológica se suma el predominio de la tectónica de bloques como consecuencia de los movimientos corticales de un área próxima a la zona de Benioff del Pacífico. En ella cobran relevancia las fases tectónicas del Plio-Pleistoceno y del Pleistoceno Inferior y Medio conocidas como fases neotectónicas, gracias a las cuales se produce la división de bloques regionales y locales.

Cada una de las unidades del relieve estructural, producto de la relación entre las rocas, la tectónica y la evolución geológica, permite, en primer lugar, explicar las causas del poblamiento y de su desarrollo histórico, así como de las instalaciones humanas, de la consolidación de los grupos sociales y de las comunicaciones. En segundo lugar, influye de manera decisiva en la utilización de los recursos y la aplicación de técnicas que éstos requieren.

En este sector de la Sierra Madre Occidental del norte de Jalisco y, en general, en todo el sur de esta unidad fisiográfica, el relieve contrastado de bloques elevados y de profundas gargantas desempeña un papel fundamental como factor climático, en relación con la circulación atmosférica general y a la distribución de la humedad y de las precipitaciones.

Estas condiciones naturales y otras que no se destacan en este trabajo explican la gran hostilidad del medio para las instalaciones humanas y, principalmente, para las comunicaciones entre las sociedades indígenas que allí habitan.

La taxonomía de las formas del relieve que ha surgido del análisis basado en la observación directa, en la interpretación de las cartas topográficas y geológicas y de la imagen de satélite, es susceptible de modificaciones en la medida en que se realice un trabajo de campo más profundo y exhaustivo.

Es digna de destacar la estrecha relación entre la tectónica y la red de drenaje en la cual los índices hidrológicos manifiestan las diferencias de la magnitud y orientación de los bloques del relieve.

La consideración de las unidades geomorfológicas es importante para interpretar cabalmente las relaciones entre la sociedad, sus formas de vida y principalmente las formas de explotación de la tierra, con el medio geográfico, con el medio ambiente.

La disposición de las estructuras geológicas o relieves estructurales ha sido y es un factor determinante para el desarrollo de las comunicaciones y, por consiguiente, para el desarrollo social, por cuanto impide no solamente la integración de los grupos sociales, sino también el bienestar social, dado que no se pueden brindar servicios médicos adecuados.

De igual manera, las unidades morfoclimáticas del relieve guardan estrecha relación con las formas de las instalaciones humanas y las formas de explotación de los recursos. El agua, por ejemplo, y las técnicas de captación que permiten el uso, están vinculadas a las formas del relieve y sus estructuras.

Este somero análisis geomorfológico que se presenta es susceptible indudablemente de mayores modificaciones y solamente pretende mostrar la importancia de este elemento del espacio físico y del medio ambiente para considerar los impactos que surgen de las actividades humanas y de las necesidades de su desarrollo. Del análisis consciente del relieve brotan con mayor claridad los índices ecológicos que conducen al ordenamiento ecológico y a la planeación del desarrollo sustentable de esta zona tan particular.

El autor está completamente consciente de que este esbozo de análisis geomorfológico no está completo, es necesario introducir elementos morfométricos que confirmen o desvirtúen las afirmaciones realizadas con base en la observación directa sobre el campo, que ha absorbido la mayor proporción del tiempo dedicado a este estudio.

Por otra parte, cabe destacar que la preocupación mayor se ha centrado en los aspectos morfoclimáticos, los cuales, en opinión del autor, corresponden realmente al enfoque geomorfológico. Metodológicamente se ha tratado de conservar el esquema clásico del análisis geográfico, geomorfológico en este caso, el cual consiste en tres pasos fundamentales: a) presentación del área por sus características topográficas; b) conformación de las estructuras del relieve y c) procesos morfoclimáticos y formas del relieve.

NOTAS

¹ El verbo correspondiente es disecar y el sustantivo disección, por ello el autor se permite utilizar el participio disectado y no disecado para

diferenciar el fenómeno geomorfológico de la acción de disecar plantas y animales.

² Existen dos sierras denominadas de Los Huicholes y Los Huicholes, para evitar confusiones se les designó con el punto cardinal correspondiente: sierra de Los Huicholes (este) y sierra Los Huicholes (oeste).

³ El término de morfoestructura, empleado por Guerassimov, tiene un significado más bien geofísico que geomorfológico.

⁴ Dada la composición básica del lamprófilo, la presencia de estos filones ha sido confundida con manifestaciones volcánicas modernas y se les considera como basaltos. Lo mismo con los filones de pegmatitas que llegan a formar verdaderos cuerpos intrusivos ácidos en el granito, los cuales han sido interpretados como riolíticos (caso del cerro Güehuentón, en La Huerta, Jalisco).

REFERENCIAS

- 📖 Barrera, R. O. (1984), "Movimientos tectónicos, cambios climáticos y evolución del relieve", *Revista del Instituto de Geografía y Estadística*, núm. 1, septiembre-diciembre, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México
- 📖 Barrera, R. O. (1985), "Tectónica y dinámica fluvial de los Altos de Jalisco", *Revista del Instituto de Geografía y Estadística*, año I, núms. 3-4, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- 📖 Barrera, R. O. (1989), *Estudio geográfico del espacio natural y del espacio rural del municipio de Zapopan, Jalisco*, Universidad de Guadalajara, Facultad de Geografía, Guadalajara, México.
- 📖 Barrera, R. O. (1992), "Dinámica geomorfológica del valle de Zapotlán y de la sierra del Tigre", *Tiempos de Ciencias*, núm. 29, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- 📖 Barrera, R. O. (1994), "La integración territorial del occidente de México", Ávila Palafox, R. (coord), *El Occidente de México en el Tiempo*, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- 📖 Barrera, R. O. (1998), "Reflexiones epistemológicas sobre Geografía", *Serie Varia*, núm. 17, Instituto de Geografía, UNAM, México.

- Beloussov, V. V. (1971), *Problemas básicos de geotectónica*, Editorial Omega, Barcelona.
- Billings, M. P. (1965), *Geología estructural*, Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA), Buenos Aires.
- Biot, P. (1959), *Précis de géographie physique générale*, Armand Colin, París.
- Biot, P. (1955), *Les méthodes de la géomorphologie*, Presses Universitaires de France (PUF), París.
- Bloom, A. (1974), *La superficie de la Tierra*, Editorial Omega, Barcelona.
- Clark, S. (1975), *La estructura de la Tierra*, Editorial Omega, Barcelona.
- Coque, R. (1984), *Geomorfología*, Editorial Alianza Universidad, Madrid.
- Demant, A. y C. Robin (1975), "Las fases del vulcanismo en México", *Revista del Instituto de Geología*, núm. 1, UNAM, México, pp. 70-82.
- Derruau, M. (1978), *Geomorfología*, Editorial Ariel, Barcelona.
- Durand-Dastes, F. (1972), *Climatología*, Editorial Ariel, Barcelona.
- EMIRN (1995), *Estudio del manejo integral de los recursos naturales, período 1990-1995*, Instituto Nacional Indigenista, Centro Coordinador Indigenista, Mezquitic, Jalisco.
- Garner, H. F. (1974), *The origin of landscapes. A synthesis of geomorphology*, New York, Oxford University Press, London, Toronto.
- Guilcher, A. (1970), *Précis d'Hydrologie*, Edit. Masson, París.
- Gobierno del Estado de Jalisco (1993), *Fotografías aéreas escala 1:75 000 del norte de Jalisco*, Guadalajara, México.
- Gorshkov, G. y A. Yakushova (1970), *Geología general*, Editorial Mir, Moscú.
- Guzmán, M. R. y R. O. Barrera Rodríguez (1997), *Rasgos biofísicos, socioculturales y de sistemas productivos para el ordenamiento territorial de la nación Wixarika*, Centro de Ingeniería Ambiental, Universidad de Guadalajara, Unión de Comunidades Indígenas Huicholas de Jalisco, Instituto Nacional Indigenista, Jalisco.
- Hernández, J. R., M. A. Ortiz Pérez, A. R. Magaz García, J. L. Díaz y J. J. Zamorano (1994), "Estilos geotectónicos bidimensionales y tridimensionales interbloques: una nueva categoría neotectónica para la determinación de morfoestructuras montañosas", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 28, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 9-32.
- INEGI (1972-1974), *Cartografía topográfica, geológica, edafológica, climática y fitogeográfica a escalas 1: 50 000; 1: 250 000 y 1: 1 000 000*, Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- INEGI (1994), *Estadísticas del Medio Ambiente*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Jain, V. E. (1980), *Geotectónica general*, Editorial Mir, Moscú.
- Huang, W. T. (1981), *Petrología*, UTEHA, México.
- Kazmann, Rv. (1969), *Hidrología moderna*, CECSA, México.
- Lahee, F. H. (1958), *Geología práctica*, Ed. Omega, Barcelona.
- Longwell, CH. R. y R. F. Flint (1979), *Geología física*, LIMUSA, México.
- López Ramos, E. (1980), *Geología de México*, Instituto de Geología, UNAM, México.
- Lugo Hubp, J. (1989), *Diccionario geomorfológico*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo Hubp, J. (1988), *La superficie de la Tierra*, SEP-FCE (Col. La ciencia desde México), México

- 📖 Lugo Hubp, J. y C. Córdova (1992), "Regionalización geomorfológica de la República Mexicana", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 25, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 25-63.
- 📖 Lugo Hubp, J. *Elementos de geomorfología aplicada*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- 📖 Mazzocchi, L. (1951), *Memorial Técnico*, Madrid.
- 📖 Ortiz Pérez, M. A. (1990), "Perfiles geomorfológicos complejos", *Serie Varia*, núm. 12, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- 📖 Parde, M. (1968), *Fleuves et rivières*, Armand Colin, Paris.
- 📖 Polanski, J. (1974), *Geografía física general*, EUDEBA, Buenos Aires.
- 📖 Polanski, J. (1966), *Flujos rápidos de escombros rocosos*, EUDEBA, Buenos Aires.
- 📖 Sherbon, H. E. (1977), *Elementos de geología estructural*, Editorial Ariel, Barcelona.
- 📖 Sitter, L. U. de (1962), *Geología estructural*, Ed. Omega, Barcelona.
- 📖 Tricart, J. et A. Cailleux (1965), *Introduction a la Géomorphologie Climatique*, Ed. SEDES, Paris.
- 📖 Tricart, J. (1965), *Le modelé des régions chaudes, forêts et savanes*, Ed. SEDES, Paris.
- 📖 Viers, G. (1973), *Geomorfología*, Oikos Tau, Barcelona.
- 📖 Zeuner, F. E. (1956), *Geocronología*, Ed. Omega, Barcelona.