

III.2 Referente geológico

III.2.1 Condiciones geológicas regionales

El Estado de México está comprendido en dos grandes provincias, que son la provincia de la Sierra Madre del Sur y la provincia del eje Neovolcánico Transmexicano, las que por sus características se subdividen en varias subprovincias.

La provincia del eje Neovolcánico Transmexicano, según la clasificación del UAEM (2002) se caracteriza por una enorme masa de rocas volcánicas de diferente tipo, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos. La integran grandes sierras volcánicas, enormes coladas lávicas, conos cineríticos dispersos o en enjambre, depósito de arena y ceniza. Comprende también la cadena de grandes estratovolcánes como el Nevado de Toluca. Esta provincia se divide en tres sub-provincias: la de Mil Cumbres, la de Llanos y Sierra de Querétaro e Hidalgo y la de Lagos y Volcanes de Anáhuac.

La provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, cubre la parte sur occidental del territorio estatal, presenta un relieve abrupto representado por sierras y algunas mesetas. Esta provincia se caracteriza por una litología compleja y diversa UAEM (2002).

La Sub-provincia Mil Cumbres es una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas que descienden hacia el sur, abarca sierras volcánicas complejas debido a la variedad de sus antiguos aparatos volcánicos, mesetas lávicas escalonadas y lomeríos basálticos. La Sub-provincia penetra en el oriente del Estado de México, ocupa el 6.49% de la superficie total estatal y abarca completamente el municipio del Oro, y parte de los municipios de Amanalco, Donato Guerra, Jocotitlán, San Felipe del Progreso, Temascalcingo, Temascaltepec, Valle de Bravo, Villa de Allende y Villa Victoria.

El sistema de topofomas más importante en la entidad es el de lomerío de colinas redondeadas con meseta de basalto de la región de Valle de Bravo donde se presentan además sierra de laderas abruptas, sierra de laderas tendidas, sierra compleja, el lomerío suave con mesetas, el valle de laderas tendidas, la meseta lávica y un pequeño llano aislado" (UAEM, 2002).

El depósito de sedimentos en partes bajas de una cuenca o en depresiones y la manifestación volcánica dieron pie a la formación de rocas clásticas y volcánicas Terciarias. Esta secuencia incluye predominantemente conglomerado, toba, arenisca, limolita y lava. La secuencia tiene una edad que varía de Paleoceno al Eoceno, y cubre discordantemente a rocas marinas mesozoicas. A partir del Oligoceno las rocas volcánicas incluyen flujo piroclástico de caída, lava de composición riolítica-riodacítica y rocas epiclásticas. Parte de la secuencia de materiales volcánicos oligocénicos aflora en la Sierra de Valle de Bravo (Elías *et al.*, 1993; IIGCEM, 1993; Morán, *et al.*, 1994).

Las rocas más recientes que afloran en el estado de México contienen unidades de andesita, dacita, riolita y escasamente basalto, así como depósito piroclástico. En conjunto estas rocas están asociadas con las rocas clásticas y a depósitos sedimentarios fluviales y lacustres. Estas rocas volcánicas y sedimentarias tienen una edad Cuaternaria que varía del Pleistoceno al Holoceno y forman parte de la provincia volcánica calcoalcina del Cinturón Volcánico Transversal (Nixon *et al.*, 1987; Elías *et al.*, 1993). Estos depósitos provienen de un número significativo de conos de tefra, domos, conos adventicios que se distribuyen en todo lo que hoy es el estado de México y parte de la región de interés.

III.2.2 Condiciones Geológicas Locales

Estratigrafía.- En toda la región de estudio, convergen tres unidades tectónicas con características específicas, éstas son: el Terreno Guerrero, los conjuntos Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transmexicano, en esta porción el terreno Guerrero se divide en los sub-terrenos Arcelia y Teloloapan.

Las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio son del Mesozoico, en los alrededores de la presa, las cuales constituyen el Terreno Guerrero y los dos sub-terrenos. El sub-terreno Arcelia está constituido por la Formación Arcelia, consistente de roca volcánica extrusiva de composición andesítica-basáltica y afinidad toleítica con estructura de almohadilla y derrames, toba intercalada con sedimento arcillo-calcáreo, niveles de radiolarita y cuarcita. El contacto de este sub-terreno con el de Teloloapan es tectónico, por medio de una cabalgadura, donde el primero se sobrepone al segundo.

El sub-terreno Teloloapan se distribuye de manera irregular en dirección norte-sur, ocupa la porción nororiental de la zona; las formaciones que lo constituyen son: Esquistos Tejupilco (Jurásico Inferior?) consistente de rocas metamórficas de bajo grado en facies de esquisto verde, compuesto de esquisto y gneiss cuarzo-feldespático, esquisto de granate, esquisto de muscovita, esquisto de actinolita-sericita, esquisto carbonoso (pizarra gráfica), esquisto de clorita (metaconglomerado) y metariolita (figuras III.2.1 y 2).



Figuras III.2.1 y III.2.2, Esquistos de la Formación Tejupilco

Aunque la relación entre los Esquistos Tejupilco y rocas del arco de Teloloapan es tectónica se considera cubierto discordantemente por la Formación Acapetlahuaya, cuyo miembro inferior está constituido por rocas andesíticas con presencia de lutita, arenisca y toba fina semiesquistosa; el miembro superior consiste de una alternancia de metacaliza

en estratos delgados y metalutita con cambio transicional a la Formación Teloloapan, que consiste de limolita y caliza recristalizada de estratificación gruesa (Figura III.2.3).



Figura III.2.3, Metacaliza de la Formación Acapetlaya

Cubriendo transicionalmente a la unidad anterior se tiene a la Formación Amatepec, que consiste de caliza recristalizada con estratificación delgada, lutita y arenisca; formación que a su vez está cubierta por una secuencia de arenisca y lutita y en menor grado caliza de estratificación delgada de la Formación Miahuatepec.

Durante el Terciario se registró actividad volcánica en la región, el material de edad Miocénico-Pliocénica emitido sepulta en algunos sitios a roca del Mesozoico; sus afloramientos se ubican en el límite de la presa de Valle de Bravo y al sur de ésta.

Las unidades terciarias consisten de roca continental de la Formación Balsas, constituida de conglomerado poligmítico con fragmentos de caliza, arenisca, esquistos y pizarra, e intercalaciones de arenisca, limonita y toba en estratos delgados, así como la Formación Tizapotla compuesta de brecha volcánica riolítica, toba lítica soldada, riolita con textura esfereulítica, toba riolítica y toba riolítica y dacítica, así como toba fina de composición riolítica a dacítica (figuras III.2.4 y 5).



Figuras III.2.4 y III.2.5, Domo y colada riolítica, Formación Tizapotla

El Cuaternario está representado por depósito de lahar (Figura III.2.6) que consta de fragmentos mal clasificados de andesita y basalto, sobre los que descansan depósitos piroclásticos, representados por toba basáltica ambas de edad Pleistoceno.



Figura III.2.6, Depósitos de lahar del Cuaternario

Durante el Holoceno se deposita la unidad de basalto de olivino y/o piroxeno, andesita basáltica o basalto andesítico y una serie de conos cineríticos constituidos de brecha volcánica tipo escoria y lapilli de composición basáltica, así como estructuras dómicas de andesítica porfídica (figuras. III.2.7 y 8).



Figura III.2.7, Cono monogenético de composición basáltica



Figura III.2.8, Depósito de lapilli

Derivados de procesos erosivos se tienen depósitos de talud, constituidos por fragmentos angulosos mal clasificados cuyo tamaño varía de bloque a grava, finalmente se tienen depósitos aluviales con arena, arcilla, grava y conglomerado no consolidado.

Los eventos plutónicos están representados por los cuerpos que afloran distribuidos en la zona de metagranito y diorita de carácter sintectónico y granito-granodiorita y pórfido riolítico postectónico.

El siguiente cuadro sintetiza la litología así como otras características de las unidades geológicas presentes, se incluye el espesor reportado.

Cuadro 1. Síntesis de la litología en el área de estudio

ERA	PER	EPOCA/PISO	Ma	LITOLOGÍA	ESPESOR (m)	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Material Volcánico y Aluvión Unidad de basalto de olivino y/o piroxeno, andesita basáltica o basalto andesítico, conos cineríticos de brecha volcánica tipo escoria y lapilli basáltica, con estructuras dómica de andesítica porfídica	800 – 1800	
		PLEISTOCENO	1.7			
	TERCIARIO	NEÓGENO	PLIOCENO	5.1		
			MIOCENO	23.7	Formación Tizapotla Brecha volcánica riolítica, toba lítica soldada, riolita con textura esfereulítica, toba riolítica y toba riolítica y dacítica, y toba fina de composición riolítica a dacítica	800
		PALEÓGENO	OLIGOCENO	37.0		
			EOCENO	55.0	Formación Balsas Conglomerado poligmítico con fragmentos de caliza, arenisca, esquisto y pizarra, e intercalaciones de arenisca, limonita y toba en estratos delgados	500
			PALEOCENO	67.0		
			MESOZOICO	CRETACICO	MAESTRICHIANO	71.5
	CAMPANIANO	83.0				
	SUPERIOR	SANTONIANO			86.0	Formación Miahuatepec Calizas de estratificación delgada.
CONTACIANO		89.0				
TURONIANO		91.0				
CENOMANIANO		97.5				
INFERIOR	ALBIANO		Formación Amatepec Caliza recristalizada, estratos delgados, lutita y arenisca		300 – 350	
		108.0	Formación Teloloapan Limolita y caliza recristalizada en estrato grueso			
	APTIANO	114.0	Formación Acapetlahuaya		50 – 300	
	BARREMIANO	124.0	Parte inferior: roca andesítica con niveles de lutita, arenisca y toba fina semiesquistosa. Parte superior: alternan metacaliza en estratos delgados y metalutita			
	HAUTERIVIANO	130.0	Formación Arcelia		500 – 2000	
	VALANGENIANO	135.0	Roca volcánica extrusiva de composición andesítica-basáltica y afinidad toleítica con estructura almohadilla; lava, toba intercalada con sedimento arcillo-calcáreo, niveles de radiolarita y cuarcita			
BARRESIANO	140.0					
JURASICO	SUPERIOR	160.0				
	MEDIO	184.0				
	INFERIOR	2100	Formación Tejujilco Roca metamórfica en facies de gneiss, cuarzo-feldespático y esquistos verde, de granate, de muscovita, de actinolita-sericita, carbonosos (pizarras grafiticas), y de clorita (metaconglomerados) y metariolitas.	2000		

REFERENCIAS

- Elías HM. 1993. *“Estratigrafía y Mineralogía del Estado de México”*. Instituto de Geología. Universidad Autónoma de México. pp. 118 .
- UAEM. 2002. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Subcuenca Amanalco–Valle de Bravo. Universidad Autónoma del Estado de México Gobierno del Estado de México
- IIIGCEM. 1993. “Atlas General del Estado de México”
- Moran D. 1994. “The Geology of the Mexican Republic. American Association of Petroleum Geologists”. 160 p.
- Nixon T, Demant A, Armstrong L y Harakal E. 1987. “K-Ar and geological data verging on the age and evolution of the trans-Mexican Belt”. *Geofísica Internacional – Special Volume on Mexican Volcanic Belt*. Port. 3ª, 26 (Ed. SP Verma).