

Capítulo 3

Marco Geológico del Área de Estudio

El área de estudio comprende una extensión de 7711.1 km². Se localiza en el área limítrofe de Guerrero y Oaxaca, situado en el Complejo Xolapa. Esta unidad metamórfica aflora principalmente en la Sierra Madre del Sur, en la costa del estado de Oaxaca y se extiende desde las cercanías del puerto de Salina Cruz, hasta la región de Pinotepa Nacional, prolongándose hasta el estado de Guerrero (Ortega 1981^[50]). A la fecha, la edad del Complejo Xolapa es controversial, las dataciones radiométricos varían desde el Cámbrico hasta el Terciario. Carfantan (1981^[12]), señala que la dispersión de edades obtenidas permite establecer de manera hipotética, la historia del Complejo Xolapa

3.1 Localización geográfica

El estado de Guerrero se sitúa en la parte meridional de la República Mexicana entre los paralelos 16° 17' y 18° 59' de latitud norte y en los 98°04' y 102°10' de longitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich. Con una superficie de 63,796 km² abarca el 3.3 % del territorio nacional y ocupa el 14° lugar en relación con las demás entidades federativas. Cuenta con 500 km de litorales y una extensión de plataforma continental de aproximadamente 5,402 km². Colinda al norte con los estados de México y Morelos, al noroeste con el estado de Puebla, al este con el estado de Oaxaca, al noroeste con el estado de Michoacán y al sur con el Océano Pacífico (CRM, 1999^[16]).

El estado se ha dividido en siete regiones: Norte, Tierra Caliente, Centro, La Montaña, Costa Grande, Costa Chica y Acapulco. Cuenta con un total de 76 municipios, siendo la capital del estado la ciudad de Chilpancingo.

El estado de Oaxaca se encuentra ubicada en la parte sureste de la República Mexicana entre los paralelos 15°39' y 18°42' de latitud norte y 93°38' y 98°32' longitud Este respecto al meridiano de Greenwich. Cuenta con una extensión territorial de 95,364 km² que representa el 4.8 % de la superficie del país y 598 km de litorales. Debido al área que comprende su territorio, ocupa el quinto lugar a nivel nacional. Colinda al norte con los estados de Puebla y Veracruz, al sur con el Océano Pacífico, al este con el estado de Chiapas y al oeste con el Estado de Guerrero.

La entidad está integrada por 570 municipios distribuidos en 30 distritos, los cuales se agrupan por posición geográfica en ocho regiones geoeconómicas que son: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Sierra Norte, Sierra Sur, Papaloapan y Valles Centrales. (CRM, 1996^[14]).

El área de estudio se localiza en el área limítrofe de los estados Guerrero y Oaxaca, aunque este último en menor proporción, con una extensión total de 7,711.1 km² comprendiendo los paralelos 16° y 17° de latitud norte y 99° y 98° de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich, tal como se muestra en la Figura 3.1

Se pueden distinguir cinco unidades geomorfológicas básicas: las planicies litorales, los lomeríos de la vertiente pacífica, las montañas de la Sierra Madre del Sur, la cuenca alta del Río Balsas y las Sierras del Norte (INEGI, 2009^[36]).

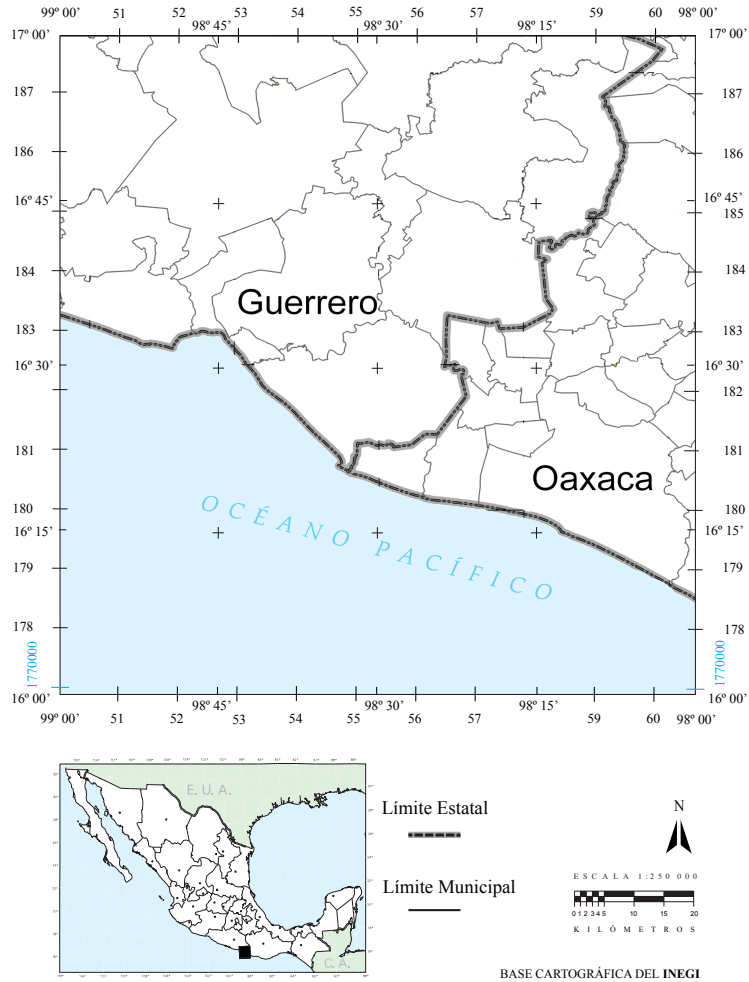


Figura 3.1: Localización y división política del área de estudio

3.2 Antecedentes del complejo Xolapa

El área de estudio se encuentra dentro del Terreno Tecnoestratigráfico Xolapa. De acuerdo a Campa (1990^[7]) un terreno es una entidad geológica extensa caracterizada generalmente por una secuencia estratigráfica coherente en la cual la continuidad deposicional puede ser establecida. La secuencia litológica del terreno representa una historia geológica diferente de los terrenos adyacentes o cercanos al interior cratónico.

3.- Marco Geológico del Área de Estudio

El terreno Xolapa cuyo basamento está representado por el Complejo Xolapa fue descrito por primera vez por De Cserna (1965^[20]) como una secuencia potente de rocas metasedimentarias de intensidad variada (esquistos de biotita, gneis de biotita, mármol cipolino y anfibolitas) que aflora entre El Ocotito y Acapulco, Gro.

Ortega (1981^[50]) sitúa el complejo Xolapa paralelo al litoral del Pacífico, con una longitud de 600 km de largo de ancho que oscila de los 50 a 150 km, que va de Salina Cruz, Oax. a Zihuatanejo, Gro., (Figura 3.2). Interpreta el Complejo Xolapa como un arco magmático, construido por un proceso continuo de emplazamiento de magma y migmatización de la corteza.

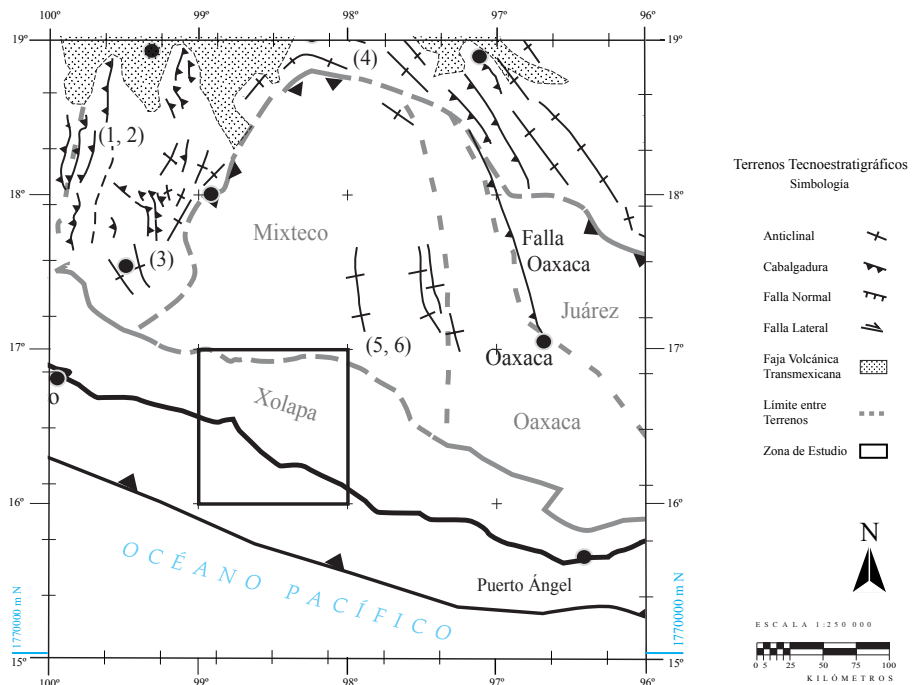


Figura 3.2: Distribución del Complejo Xolapa y su relación con los demás Terrenos Tecnoestratigráficos del Sur del País, las líneas punteadas de color gris indican las fronteras de los mismos. Se muestra además las estructuras documentadas modificadas a partir de Campa y Coney (1983) y Sedlock et al. (1993) y Morán (2005). Las estructuras fueron compiladas de: 1) Rivera-Carranza (1997); 2) Campa-Uranga (1998); 3) Cerca (2004); 4) Monroy y Sosa (1984); 5) Meneses-Rocha (1994); 6) Gónzales-Ramos (2001)

Corona (1997^[18]) lo define al sur de Oaxaca, como un complejo metamórfico-plutónico dividiéndolo también en tres grandes unidades:

1. Un basamento metamórfico e intrusivos que predatan un evento de metamorfismo y migmatización.
2. Dos unidades migmatíticas que pueden ser divididas en un complejo migmatítico metasedimentario y un complejo migmatítico metaígneo.
3. Un batolito granítico-granodiorítico post-magmático, aunque este último no corresponde al Complejo Xolapa.

Con base a dichos estudios, es posible determinar que el Terreno Xolapa consta de dos grandes grupos de rocas. El primero, es la unidad más antigua constituida por paragneises, esquistos pelíticos, esquistos de biotita, cuarcitas y mármoles, cuyos protolitos sedimentarios son interpretados como interestratificaciones de grauvacas, rocas pelíticas y carbonatos y cuya edad isotópica por U/Pb arrojan una edad de 1000 a 1300 m.a. situándolos en el Proterozoico medio (Herman 1994^[33]), lo cual permite inferir que los protolitos sedimentarios tuvieron aporte de los basamentos de Terrenos adyacentes. Los paquetes de estas rocas se encuentran expuestos en diversas localidades como son: Paso Texca, Lomas de San Juan, El Treinta, La Cuchilla de Azoyú, al poniente de San Marcos, Los Achotes y el río Santa Catarina, al sur de Xochistlahuaca.

El segundo grupo, es el mayormente distribuido, de rocas más jóvenes que las anteriores. Consiste principalmente de ortogneises, anfibolitas y migmatitas en facie de anfibolita (Ortega, 1981^[50]). Algunas migmatitas presentan anátexis incompleta en las rocas sedimentarias pelíticas y en los carbonatos, lo que indica un amplio desarrollo de metamorfismo de alto grado y una migmatización a gran escala que ocurrió entre 46 y 66 m.a. y localmente continuó hasta el Oligoceno (Hermann, 1994^[33])

El magmatismo en el Terreno Xolapa termina con la acreción por plutonismo contra los terrenos adyacentes, el cual se caracteriza por un patrón sistemático en las edades de cristalización entre 35 m.a., al oeste de Acapulco, hasta 27 m.a., al este de Puerto Ángel, conformando el Batolito de la Costa, mismo que se caracteriza por presentar una serie de cuerpos intrusivos de composición granítica, granodiorítica y diorítica, con intemperismo esferoidal, al microscopio presentan textura granular, hipidiomórfica holocristalina cuyos componentes principales son: Ortoclasa, albita, oligoclasa, biotita y ánfibol. (Hermann, 1994^[33])

Morán (2000^[46]) y otros autores concluyen que los patrones geocronológicos, la geoquímica del magmatismo del sur de México y sus relaciones con los principales rasgos tectónicos reconocidos expresan una relación compleja. Las ampliaciones que esta compleja evolución todavía no son cabalmente comprendidas y requerirán del desarrollo de estudios particulares en las diferentes regiones.

3.3 Geomorfología

El área pertenece a las cuencas hidrológicas Costa Chica y Costa Grande, de la vertiente del Pacífico. El drenaje es dendrítico, medianamente denso con corrientes consecuentes, longitudinales y rectangulares en el sur y dendrítico paralelo y subparalelo con corrientes consecuentes y tributarios insecuentes en la planicie costera. Los ríos más importantes son: Cortijos, Copala, Quetzala, Santa Catarina y Marquelia todos de régimen permanente, (Figura 3.3)

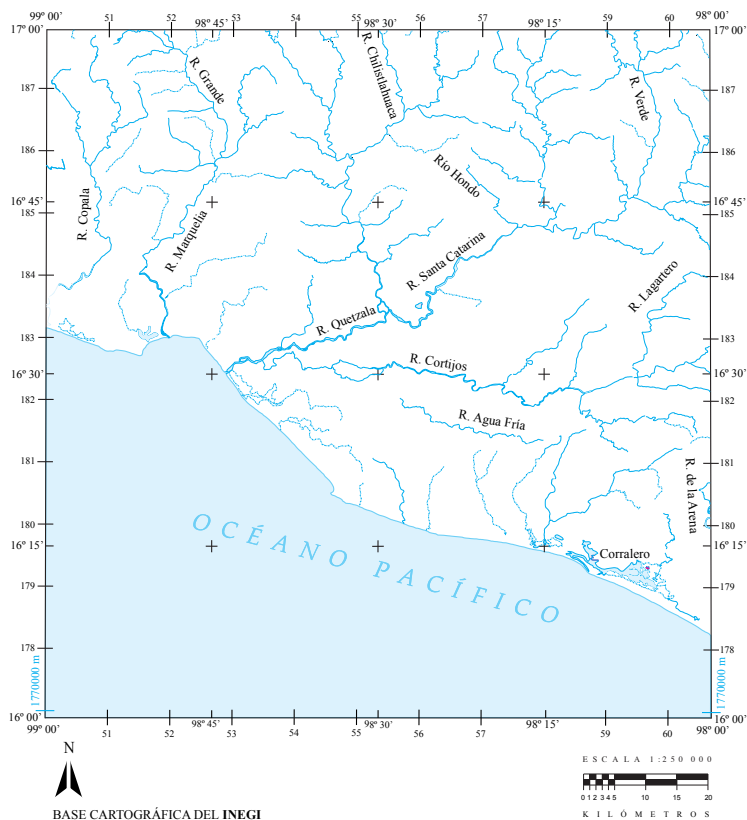


Figura 3.3: Hidrografía

En la porción norte, el relieve es de montañas complejas desarrolladas posiblemente durante el Mesozoico y posteriormente deformadas y afectadas por cuerpos intrusivos, del Jurásico al Mioceno. Se hallan constituidas por gneis, migmatita, granito y granodiorita

principalmente, disectadas por una densa red de corrientes que han formado valles y cañones profundos; además el intemperismo ha originado picachos, bloques semiesféricos de grandes dimensiones y acantilados (INEGI, 1988^[35]).

La parte sur, es un conjunto de lomeríos y cerros formados por una intensa erosión fluvial e intemperismo químico, que actuaron sobre rocas intrusivas y metamórficas del Jurásico-Cretácico, además de una planicie costera originada posiblemente por la subsidencia del terreno debido a la influencia de la Placa de Cocos, está formada por conglomerado y suelos aluviales y lacustres. El área se encuentra en etapa geomorfológica de madurez (INEGI, 1988^[35]).

3.4 Fisiografía

De acuerdo con la clasificación de Raisz (1964^[27]), el área se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur; la parte norte, corresponde a la subprovincia Cuesta del Sur y la sur, a la llamada Planicie Costera.

En el norte, destacan sierras con alturas hasta de 1850 m y cerros que alcanzan 500 m. En el sur, a partir de la cota 500 m la morfología es de cerros aislados, en dirección a la costa las pendientes disminuyen paulatinamente hasta formar una faja costera de amplitud variable y se denominan Lomerío de la Vertiente del Pacífico y Planicie Litoral, donde se aprecian abanicos aluviales, planicies lacustres y ocasionalmente de inundación.

La Figura 3.4 corresponde al Modelo Digital de Elevaciones (INEGI 2009^[37]). Las zonas rojas corresponden a las partes más bajas y las azules a las porciones más elevadas.

3.5 Estratigrafía

Las unidades de roca cartografiadas en la zona de estudio, representan el lapso comprendido entre el Jurásico y el Reciente. Se asignan al Jurásico la migmatita, gneis y esquistos de facies anfibolítica del complejo Xolapa (De Cserna 1965^[20]) a las que afectan cuerpos intrusivos del granito, granodiorita, tonalita y diorita, desde el Cretácico Tardío al Terciario Inferior los que a su vez se ven intrusionados por diques pegmatíticos que según Ortega (1981^[50]), son de carácter sinplutónico asociados con el origen de la migmatita.

La edad de las rocas metamórficas se ha discutido ampliamente con base en estudios de correlaciones geológicas, posiciones estratigráficas y radiometría. En 1965, por evidencias estratigráficas le asigna al Complejo Xolapa edad del Paleozoico, correlacionando al evento metamórfico que lo originó con las deformaciones registradas al oeste de los Estados Unidos (De Cserna 1965^[20]).

Por otra parte Kesler (1973^[39]) las incluye en el Devónico presentando evidencias estructurales y Ortega (1976^[49]) estima que tiene una edad aparentemente paleozoica y agrega que el contacto con el Complejo Acatlán es tectónico.

3.- Marco Geológico del Área de Estudio

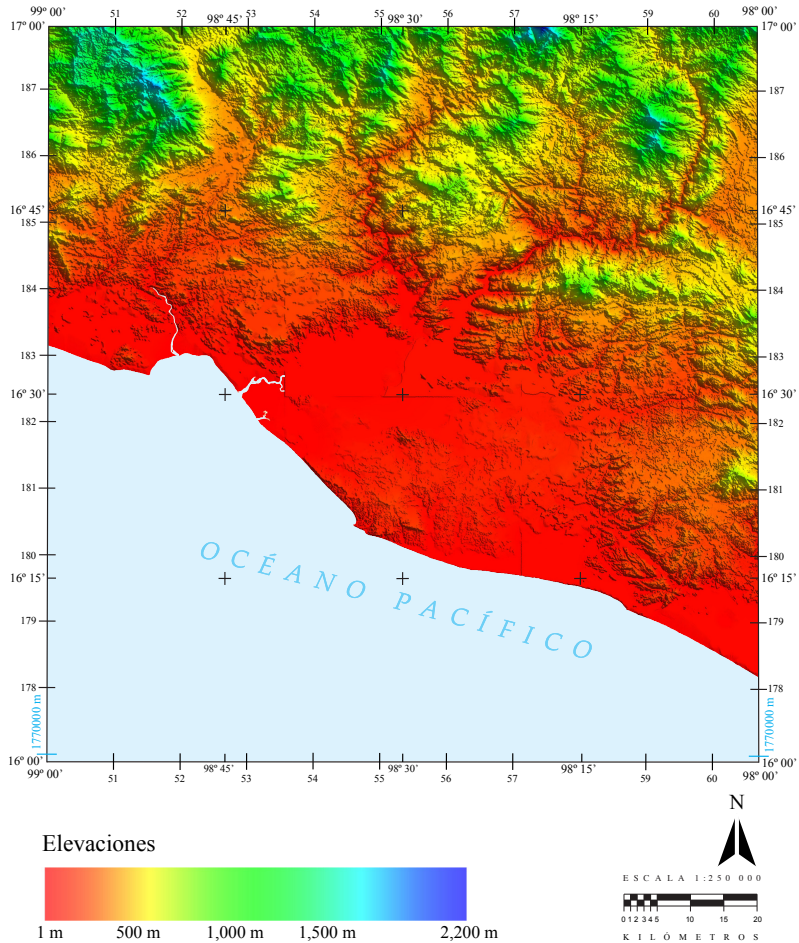


Figura 3.4: Modelo Digital de Elevaciones, correspondiente a la zona de estudio (INEGI 2009)

Las edades isotópico-radiométricas para estas mismas rocas varían y son: Misisípico Temprano por método plomo-alfa (De Cserna 1974^[22]); Eoceno Tardío por el método potasio-argón (De Cserna 1974^[22]). Por análisis de isótopos de plomo y uranio en circones de un granito del Complejo Xolapa, Guerrero (1978^[31]) establece que pertenece al Jurásico Medio-Temprano por análisis y Mioceno temprano por el método potasio argón, edad que revela el último calentamiento que afectó al complejo (López, 1984^[41]). Campa (1981^[9]) opina que por la discrepancia en los resultados no se acepta con exactitud ninguna de las edades mencionadas, sin embargo aseguran que en parte sean del Jurásico.

3.- Marco Geológico del Área de Estudio

En el Cretácico quedan incluidos los mármoles, que De Cserna (1962^[21] y 1965^[21]) y Ortega (1981^[50]) incluyen en el Complejo Xolapa. Se supone que son derivados de rocas pelíticas, algo calcáreas. La carta geológica Acapulco E14-11 (INEGI 1988^[35]) asocia su origen con los intrusivos granítico-granodiorítico responsables del metamorfismo de contacto.

Desde el Cretácico al reciente, eventos magmáticos sucedieron en el área. De ahí la incongruencia en las edades reportadas, por diferentes autores y métodos para las rocas intrusivas cartografiadas.

Lo anterior lleva a la conclusión de que el magmatismo y la intrusión de todos los cuerpos que afectan al Complejo Xolapa, comenzó probablemente desde el Jurásico continuando quizá hasta el Mioceno, por lo que la morfología representa un elemento confiable.

El Terciario Superior está representado por areniscas y horizontes de caliza arenosa de facies litorales, con bastante fauna, de ella los foraminíferos ayudaron a determinar la edad Terciario Tardío. Rocas similares fueron recolectas en la región sur de Cuajinicuilapa. El material obtenido procedía de un pozo y encontraron abundante fauna que sirvieron a Charlotte Brunner para sugerir una edad posiblemente del Plioceno o Plioceno Tardío; dichas rocas sobreyacen discordantemente a rocas intrusivas y metamórficas del Mesozoico. (Durham, 1981^[26])

El Cuaternario está representado por conglomerados de grava de rocas ígneas y metamórficas, formando terrazas y mesas que cubren discordantemente a la roca granítica del Mesozoico. Desarrollos de suelos lacustre, aluvial y litoral configuran planicies en la zona costera. En la Figura 3.5, se muestra la columna geológica realizada por el Servicio Geológico Mexicano (1999,^[15]) con la información antes descrita.

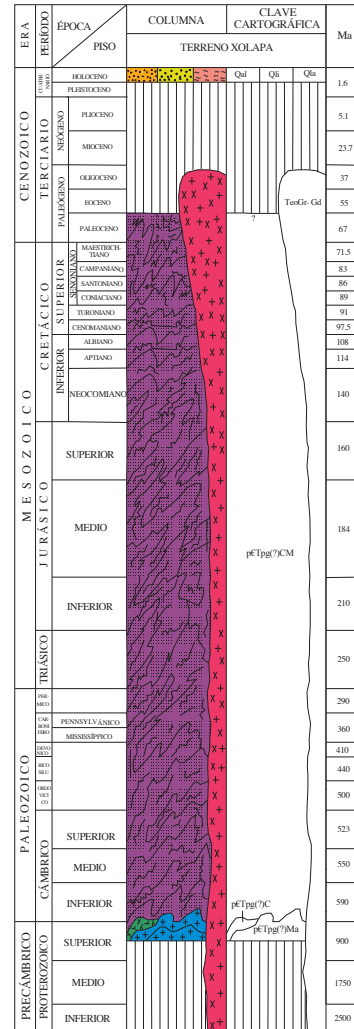


Figura 3.5: Columna Geológica, Servicio Geológico Mexicano (1999,^[15])

3.6 Geología estructural

El Complejo Xolapa, representa una de las regiones más complejas desde el punto de vista estructural y tectónico. De Cserna (1965^[20]) observó una divergencia en cuanto a la orientación de la foliación entre gneis y esquistos, suponiendo que el primero sea más antiguo, o bien que el contacto entre ellos, pudiera ser por una falla. Agrega además, que ni en las rocas metamórficas ni en las intrusivas encontró estructuras que se relacionaran con las de las rocas sedimentarias del Mesozoico, situadas más al norte.

Campa (1981^[9]) y colaboradores mencionan al Complejo Xolapa como un terreno tecnoestratigráfico, que corresponde a las porciones más profundas de un arco magmático, del que se ignora donde y cuando comenzó. Posteriormente Coney y Campa (1983^[10]) lo incluyen dentro de los terrenos sospechosos de aloctonía y acreción, ya que según Ortega (1981^[50]), no existen rocas similares a las del Complejo Xolapa en otros sitios de México y Guatemala.

El estilo estructural del terreno está dominado por la sobreposición de diferentes estructuras de plegamiento y de estructuras de cizalla, con una orientación de NW-SE. Las fallas y fracturas que se aprecian en la zona de estudio pueden haber tenido su inicio por dos causas:

1. Al origen de la Fosa de Acapulco (Demant 1978^[24]) en el Oligoceno por el movimiento lateral izquierdo entre los bloques de América Central y la parte Sur de México, ya que el primero se encontraba ligado a las costas actuales de los estados de Guerrero y Oaxaca para ese tiempo
2. Por el desplazamiento de la Placa Norteamericana hacia el noroeste sobre los esfuerzos compresionales de la Placa de Cocos al este.

La cercanía del continente con la zona de subducción en el Pacífico, expone al área, a los riesgos constantes, originados por temblores de magnitudes diferentes que pudieran afectar a las construcciones o influenciar a las estructuras geológicas reconocidas.

3.7 Evolución geológica de la región

Guerrero se sitúa en el borde sureste de la placa norteamericana y frente a la costa de la entidad se localiza la llamada fosa de Acapulco, formando parte de la Trinchera Mesoamericana, que marca la zona donde la placa cortical oceánica de Cocos es cabalgada por la placa continental de Norteamérica, provocando tensiones, fallamientos y movimientos sísmicos. Esta zona de la margen pacífica no ha experimentado grandes rotaciones o traslaciones latitudinales desde el Cretácico Medio y que las rotaciones estarían relacionadas a una cizalla lateral izquierda a lo largo de la Margen Continental. (Morán 1993^[47])

Para el Terreno Xolapa, los resultados paleomagnéticos en los granitos de Acapulco y El Ocotito indican una estabilidad regional desde el Terciario Temprano. Las Rocas metasedimentarias del Complejo Xolapa tienen una complicada historia de deformación, intrusión y metamorfismo. Estas rocas metasedimentarias con intrusiones de plutones tonalíticos en el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, pueden haber sido derivados de fuentes proterozoicas. La afinidad con las rocas paleozoicas del Complejo Acatlán y las edades obtenidas en el complejo metamórfico en la zona norte del Terreno Xolapa, sugieren que estas rocas representan el basamento del Terreno Mixteco, reconstruido durante los procesos metamórficos y plutónicos del Cretácico Temprano (Morán 1993^[47])

Las edades modelo de las rocas sedimentarias de este complejo son similares a las edades modelo de los complejos Acatlán y Oaxaca, lo que sugiere que la primera generación de plutones se emplazó en un arco magmático continental, desarrollado en el borde de dichos terrenos o muy cercano a ellos. (Morán 1992^[47]).

Hermann (1994^[33]) y otros constatan que el Complejo Xolapa revela metamorfismo de alto grado y migmatización a escala grande, culminando entre 6 y 46 Ma. La duración de esta actividad termal coincide con el tiempo de subducción de la Placa Farallón debajo del margen continental Norteamericano y es consistente, con la interpretación de dicho complejo como un arco magnético, cuya actividad termal culmina en el Terciario Temprano. Ocurre también crecimiento cortical generalizado por plutonismo de composición granodiorítico, tonalítico y granítico entre los 27 y 37 Ma, posiblemente indicando una actividad local más temprana. Esto puede representar la etapa final de la evolución del arco del Complejo Xolapa, antes de que la actividad magmática cambiará a su posición actual en México central (Eje Neovolcánico Transmexicano).

El Terreno Xolapa contiene rocas plutónicas y en menor frecuencia, rocas volcánicas de edades del Cretácico Tardío, Paleoceno, Eoceno y Oligoceno. La edad de los plutones Cenozoicos del Terreno Xolapa varía aproximadamente 45 Ma (Eoceno) en la zona occidental del Terreno a 12 Ma (Mioceno) en la parte oriental (Salinas 1986^[52]).

Las variaciones en la edad de los plutones del margen continental, desde Puerto Vallarta, hasta Huatulco, muestran una migración del magmatismo con dirección NW-SE. En cambio en el segmento Acapulco-Huatulco (550 km) existe un decremento de edad de 21 a 33 Ma y velocidad de migración de 45.8 Km/Ma, la cual es significativamente más alta (Hernández, 1995^[34]).

La disminución progresiva de edades de enfriamiento de los plutones sugiere un mecanismo tectónico adicional al gravitacional. La geobarometría de plutones indica que el emplazamiento de los cuerpos ígneos oligocénicos ocurrió a profundidades entre 10 y 22 km. Las edades calculadas con distintas pruebas isotópicas permiten estimar tasas de enfriamiento mayores a 100°C por millón de años, lo cual es considerablemente mayor que la norma reportada para rocas continentales en otras partes del mundo (Tolson 1998^[56]). La cinemática activa, desde un punto de vista sismológico es compleja, ya que no hay evidencia sísmica de grandes fallas laterales. Los sismos se caracterizaron como inversos (asociados a la subducción, normales y oblicuos. (Tolson 1998^[56]))

3.8 Formación Punta Maldonado

Campa y González (2002^[8]) introduce formalmente un amplio afloramiento de areniscas volcánogénicas bien consolidadas que se encuentran al sur de Cuaajinicuilapa en la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca, nombrándola Formación Punta Maldonado (Figura 3.6).



Figura 3.6: Poblado el Faro. Al fondo de la imagen se aprecian los acantilados descritos por Campa y González (2002^[8])

Las arenas poco litificadas son de color ocre-amarillo claro que intemperizan a rojo. Están compuestas por granos finos de cuarzo, felespato potásico y poca biotita. El tamaño de grano va de los 0.2 mm hasta 1 cm. Las capas de arenas finas se intercalan con capas de arenas gruesas y viceversa, presentando estratificación cruzada.

Estos depósitos sedimentarios, además de presentar estructuras primarias también contienen abundantes especies fósiles como gusanos tubiformes, conchas gigantes, y foraminíferos asociados, los cuales están atrapados en una paleocolonia, que al parecer son colonias arrecifales carbonatadas, crecidas en areniscas volcánoclasticas. Son similares a comunidades biológicas en aguas frías y oscuras de los fondos oceánicos, pero que viven relacionados en simbiosis con aguas hidrotermales de altas temperaturas emanadas por chimeneas o volcanes submarinos.

En Punta Maldonado se encontró un cantil de más de 200 m de espesor con abundantes fósiles, entre los cuales hay foraminíferos clasificados como Moluscos Anhelidos Planctónicos que permiten fechar la formación como de edad Mioceno (?)-Plioceno-Cuaternario (Campa y González, 2002^[8]).

3.9 Descripción de las unidades geológicas

Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio que se describen a continuación fueron recopiladas principalmente del informe técnico de la carta Acapulco a escala 1:250,000, con clave E14-11 (Figura 3.7), elaborado por el Consejo de Recursos minerales, (CRM 2000^[19]) hoy Servicio Geológico Mexicano, la cual fue realizada a partir de imágenes de satélite, fotografías aéreas, mapeo de unidades litológicas, zonas de alteración y prospectos que llevó a cabo en 1999, y complementadas por acotaciones de la carta Geológica Acapulco, escala 1:250,000 clave E14-11 del INEGI^[35]

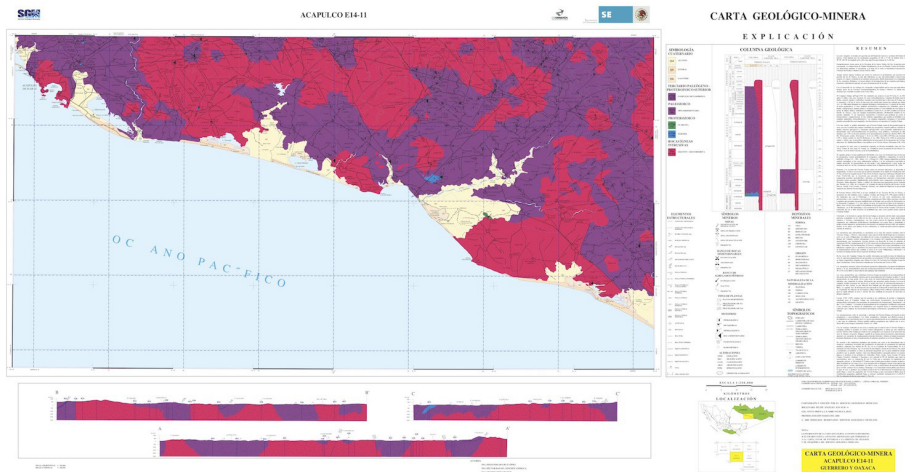


Figura 3.7: Carta Geológico-Minera Acapulco E14-11 (Servicio Geológico Mexicano, 1999^[15])

3.9.1 Rocas Ígneas intrusivas

Granito J-K (Gr)

Rocas de color de rosa con tonos grises y verdes que cuando presenta intemperismo profundo cambia a amarillo con tonos rojos y pardos. Presentan estructura compacta y textura fanerítica de grano grueso, lo que facilita la deleznableidad. Está constituida por los siguientes minerales: cuarzo, ortoclasa, microclina, oligoclasa, andesina, biotita, circón, esfena y como minerales secundarios arcilla, clorita, epidota, hematita y pirita.

Existen afloramientos con estructura esferoidal, bloques de dos metros de diámetro y diques de la misma composición con aspecto gnésico, responsables en parte de las alteraciones hidrotermales. Es posible también, encontrar deformaciones por procesos dinamometamórficos.

Intrusionan rocas metamórficas asignadas al Jurásico y algunas veces, se les encuentra cubiertas por conglomerados y suelo aluvial.

Las rocas de esta unidad se incluyen en el Complejo Xolapa y varios autores las han asignado a diferentes sistemas y series indistintamente: Mesozoico al Terciario (Ortega 1981^[50]); Cretácico Tardío (De Cserna 1965^[20] y 1974^[22]); Oligoceno al Eoceno (López 1984^[41]); Jurásico Temprano-Medio (Campa 1981^[9])

Granito T (Gr)

Rocas de color gris con vivos blanco y rosa, que por el intemperismo varían del pardo al amarillo. Tiene estructura compacta, textura fanerítica y la siguiente mineralogía: cuarzo, ortoclasa y microclina con intercrecimientos; andesina sericitizada, biotita, moscovita y como minerales secundarios epidota y hematita. Son comunes los xenolitos de migmatitas digeridos en los granitos y grandes bloques semiesféricos con intemperismo esferoidal. Presentan fracturamiento preferencial en dos direcciones: noroeste-suroeste y este-oeste. Afloran al oriente y poniente de San Luis Acatlán y al suroeste de Marquelia.

Estos intrusivos se asocian a los fenómenos magmáticos que afectaron al Complejo Xolapa. La edad para estas rocas intrusivas se asigna al Terciario.

Granito-Granodiorita T (Gr-Gd)

Intrusivos con rocas de color blanco con vivos oscuros. En zonas afectadas por intemperismo profundo, se observan tonos pardo y amarillo. Megascópicamente tienen estructura compacta y textura fanerítica. Los minerales esenciales del granito son cuarzo, ortoclasa, oligoclasa y andesina argilitizadas. Los minerales accesorios comunes son hornblenda, biotita alterada a clorita, esfena, circón y apatito. La granodiorita es similar en su mineralogía salvo el porcentaje entre la ortoclasa y oligoclasa-andesina, predominando estas últimas, sobre la primera.

Se presenta por diferenciación magmática, variaciones locales de diorita a tonalita. Las direcciones de los fracturamientos de los afloramientos son: noroeste-suroeste, y este-oeste. Existen además fallas normales, dispuestas en las mismas direcciones que las fracturas. Alterna en forma discordante con gneis y esquisto, lo anterior sólo es reflejo de las intrusiones ígneas sobre las rocas metamórficas.

Datos radiométricos obtenidos por los métodos plomo-alfa, rubidio estroncio y potasio-argón, de algunos intrusivos que afectan al complejo Xolapa han revelado edades, las cuales desde el Cretácico Tardío al Eoceno. Lo anterior conduce a que la probable edad asignada a dichos intrusivos deberá apoyarse en otros aspectos, como la morfología. La amplia distribución de estas rocas principalmente en el norte, representa casi la tercera parte del área.

Ocasionalmente se distinguen afloramientos con intemperismo intenso y rocas con tamaño de grano que varía de mediano a grueso, provocando deleznable y originando suelo residual. Aflora al suroeste de Pinotepa Nacional, Oax. Se asignó al Terciario tomando en cuenta su morfología (Figura 3.8).



Figura 3.8: Carretera Pinotepa Nacional, Oax. - Carrizo, Oax. Se aprecian las grandes bloques de rocas graníticas características de la región

3.9.2 Rocas Metamórficas

Las rocas metamórficas que conforman el terreno Xolapa son producto de un metamorfismo de alto grado (facies de anfibolita), en cambio los metasedimentos del Complejo Acatlán, son de metamorfismo de bajo grado, que comparten la misma deformación que presentan ambos terrenos.

Gneis J (Gn)

Su estructura es compacta o deleznable dependiendo del grado de intemperismo. Aparece también como granito gnésico, generalmente su color es gris con bandas negras e intemperiza en tonos de café y amarillo, tiene la siguiente mineralogía: cuarzo, ortoclasa, biotita oxidada, sillimanita, apatito, pirita y hematita, resultando con metamorfismo de grado medio y clase cuarzofeldespática.

El emplazamiento de cuerpos intrusivos, al generarse la migmatita, es común, se debe a la fusión de rocas metamórficas y rocas ígneas. Su estructura es gnéica con la siguiente mineralogía: cuarzo, microclina, ortoclasa, oligoclasa, y andesina alteradas a sericita y arcilla, biotita y escasa hornblenda en la roca granítica, biotita deformada y oxidada. El metamorfismo es de grado medio.

Para determinar la edad del complejo Xolapa se han hecho multitud de estudios geológicos, estratigráficos y radiométricos, sin que a la fecha los investigadores lleguen a un acuerdo, por lo anterior y por datos radiométricos obtenidos de los intrusivos que lo afectan se infiere que pertenece al Jurásico (Figura 3.9)



Figura 3.9: Carretera Pinotepa Nacional, Oax. - Río de la Arena, Oax. En la imagen se aprecia el abundante gneis en la región, que aflora casi en la tercera parte del área de estudio

Las rocas metamórficas están cubiertas discordantemente por conglomerado y suelo aluvial del Cuaternario. De acuerdo a Ortega (1981^[50]) no tiene relación ni correlación con rocas de igual composición en áreas adyacentes de México y Guatemala. Sin embargo, en 1982 al analizar rocas metamórficas del sur de Baja California les encuentra relación y compara a ambas en su evolución.

La zona presenta lomas y cerros que no rebasan los 500 m de altitud y que se distribuyen ampliamente, constituyendo casi la tercera parte del área.

Esquisto J (E)

Sobreyace en concordancia aparente al gneis. Su color es pardo con tonos rojos en las zonas más intemperizadas y su estructura deleznable con textura esquistosa. Los minerales constitutivos de esta roca son: cuarzo, plagioclasas sódicas, abundante biotita, moscovita, clorita y circón. Se clasificó petrográficamente como esquisto de cuarzo-biotita, clase cuarzo-feldespática. Texturalmente pasa a filita y con frecuencia tiene diques graníticos, pegmatíticos y pórfidos intermedios.

Se interdigita con el gneis, y es asignado al Jurásico, considerando las dataciones y estudios citados en la unidad anterior. Su expresión morfológica es de cerros y lomas intensamente disectados; afloran al norte de los poblados San Marcos, Cruz Grande y San Luis Acatlán en Guerrero.

Metasedimentario J

Unidad de rocas metamórficas, derivadas probablemente de rocas sedimentarias, compuesta por lutitas y areniscas, con metamorfismo bajo y muy bajo grado. El color de estas rocas varía de pardo-amarillento en la lutita a rojo en la arenisca, sin embargo, están presentes tonos verdes cuando existen desarrollos de serpentina y talco con brillo sedoso y tacto graso.

La lutita tiene abundante moscovita y cuarzo y algo de clorita. Su textura es lepidoblástica y se clasificó como esquisto de moscovita de clase presumiblemente pelítica, los minerales anteriores presentan deformaciones por lo que se infieren afectaciones por procesos metamórficos. Estudios en otras muestras revelaron la existencia de esquisto milonítico y esquisto de cuarzo-sericita, también deformados por procesos cataclásticos.

La arenisca presenta tal grado de deleznabilidad, que se puede inferir que su metamorfismo es muy bajo. Alterna su posición con la lutita metamorizada y ambas descansan en forma discordante, sobre el esquisto.

No tiene relación litológica ni estratigráfica con otras rocas en la superficie del área, aunque posiblemente la tenga al norte con el Grupo Acatlán. Estructuralmente, no hay datos que indiquen contacto tectónico con el esquisto, pero se observó que es discordante. Se le asignó al Jurásico. Tiene la expresión morfológica de montañas altas; aflora al noreste de Ometepepec, Gro.

3.9.3 Rocas Sedimentarias

Arenisca Ts (ar)

Unidad de rocas clasificadas petrográficamente como litarenita fosilífera calcárea que alterna con calizas espáticas. Se disponen en estratos horizontales que varían de delgados a gruesos. La litarenita tiene tonos grises y rojos, en muestra de mano es compacta, de textura clástica, calcárea con fragmentos de pelecípodos y aloquímicos. El contenido mineralógico y faunístico observado al microscopio muestra fragmentos de curazo, plagioclasas, anfíboles, rocas sedimentarias de texturas biomicrítica y espática, rocas metamórficas y escasas volcánicas; en el estudio micropaleontológico sólo se reportó un fósil de valor estratigráfico, de edad es del Mioceno.

Rocas sedimentarias parecidas se encontraron a una profundidad de 80 m en la perforación de pozos hecha por recursos Hidráulicos al suroeste de Cuajinicuilapa. Del material extraído del pozo ubicado San Nicolás, Gro. Se obtuvieron una gran variedad de fauna que son habitantes comunes de lagunas, estuarios, lodos y arenas cercanas a la costa, con lo que sugiere un ambiente similar para esta zona que actualmente se encuentra aproximadamente a 10 km del mar. (Durham 1981^[26]).

La morfología que presenta esta unidad es de lomas bajas con la cima ligeramente horizontal, que en la costa forma acantilados con escarpes rugosos producto del intemperismo eólico y marino. Los afloramientos se localizan al sur y suroeste de Cuajinicuilapa, Gro.

Conglomerado, Q (cg)

Forma terrazas aluviales y pequeñas masas al este y oeste de Cuajinicuilapa, Gro., los clastos varían su coloración de gris a gris oscuro e incluso negro; el espesor de los afloramientos varía de 2 a 6 m aproximadamente y los constituyen fragmentos de rocas granítica, granodiorítica, gneílica y tonalítica de hasta 30 cm de diámetro, cuyo grado de redondez varía de subanguloso a subredondeado, incluidos en matriz arenosa de grano medio a grueso, que los compacta pobremente y a la que integran fragmentos de cuarzo, feldespato, plagioclasa, mica y hornblenda principalmente. Cubre discordantemente la roca granítica del Mesozoico y concordantemente, en pequeñas porciones de arenisca del Terciario Superior.

3.9.4 Suelos

La unidad más reciente es el suelo cuaternario, el cual cubre casi toda la zona Adyacente a Punta Maldonado, Gro. Son afloramientos esporádicos los que permiten observar en superficie los sedimentos marinos del Neógeno, principalmente en áreas acantiladas y valles erosionados de arroyos.

Hacia el norte de dicha zona, la coloración del suelo es de un rojo marrón intenso y derivado de la meteorización de las capas superiores de lutita café, que en ocasiones es muy arenoso en la cima. (Malpica 2010^[43])

Aluvial Q (al)

Depósitos aluviales acumulados en los valles de los ríos o al pie de cerros y lomas forman abanicos y terrazas. Las dimensiones de sus componentes varían de acuerdo con la pendiente, desde 10 cm hasta el tamaño de la arena. Son de origen ígneo y metamórfico principalmente.

Cubren en algunas partes a los granitos del Mesozoico y se interdigitan con los depósitos lacustres y litorales. Los afloramientos más extensos, se localizan en la costa.

Lacustre, Q (la)

Depósitos recientes arcillo-limosos, interdigitados con arenas finas y acumulados en medios acuosos, en ellos es posible encontrar restos de gasterópos y cangrejos. Su origen se debe probablemente al levantamiento de la margen del Pacífico, por la subducción de la Placa de Cocos. Se distribuyen ampliamente y se localizan en contacto con los depósitos litorales.

Litoral, Q (li)

Unidad localizada en las playas que limitan el área continental. El tamaño de grano varía de grueso a fino. Su color oscila del amarillo al gris claro dependiendo de la fuente de aportación del material. Es común encontrar restos de materia orgánica y conchas