

Influencia de la geología-estructural y tectónica en la productividad del agua subterránea aplicado a los manantiales de Puerto Escondido y Bajos de Chila, Oaxaca

Resumen

El agua subterránea explotable es un recurso renovable y proviene de la lluvia que se precipita sobre los continentes y tiene tres caminos por seguir: se evapora para formar las nubes, escurren por la superficie del suelo formando arroyos y ríos que finalmente vierten sus aguas al mar e infiltrarse en el subsuelo para formar yacimientos acuíferos, siendo esta capa del ciclo donde nos interesa encontrar el agua, mediante la permeabilidad de las rocas que consiste en dejarse atravesar por el agua. La demanda de agua para satisfacer las necesidades del Campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar (UMAR) y la agencia municipal Bajos de Chila, del municipio de San Pedro Mixtepec en el Estado de Oaxaca, aún es un problema que requiere de la propuesta de alternativas de solución como son los manantiales “El Regadillo”(10 lts/seg) y “La Ciénega”(8 lts/seg), provienen de sistemas complejos de fracturamientos-fallamientos geológicos, ambos suministros serían por gravedad, pero ambas partes requieren de la perforación de pozos mayores de 50 metros de profundidad para la explotación del agua subterránea, donde suele ser la más utilizada como solución del problema de abasto de agua, pero, en esta zona costera resulta una solución de corto plazo que va en deterioro del medio ambiente, ya que existe un alto riesgo del avance del agua del mar hacia tierra adentro, lo que provocaría la intrusión salina. La característica geológico-estructural del área se localiza el elemento tectónico del Complejo Xolapa (López Ramos, E. 1983. INEGI, 1988), donde las estructuras de mayor importancia son fallas y fracturas. Estas estructuras geológicas son el reflejo de la deformación estructural de tipo distensiva ocurrida en el Plioceno y tiempos más recientes.

Palabras claves.

Deformación, Distrogira, Esfuerzo, Estructura, Fallas, Fracturas, Pliegues, Pitch, Plunge, Red-Estereográfica, Sinistrogira.

1. Introducción

En cualquier parte de la tierra existen fuerzas que tienden a desplazar y distorsionar las rocas existentes en algún sitio de interés, algunas de estas fuerzas son producidas por la acción de la gravedad, otras son el resultado de los movimientos laterales en gran escala, las fuerzas que actúan sobre las rocas algunas son pequeñas y las afecta por un periodo corto de tiempo geológico sin causar una deformación importante, otras actúan por largos periodos causando deformaciones espectaculares en las rocas sedimentarias como los pliegues y las fallas que dependen de la interrelación de los factores físicos, químicos, temperatura, presión hidrostática, presión de fluidos intersticiales, velocidad a la cual se aplican las fuerzas deformacionales y la composición mineralógica de las rocas.

Al iniciarse el estudio geohidrológico de un lugar determinado lo primero que se debe conocer es su litología, ya que cada tipo de roca tiene una permeabilidad característica, esta propiedad limita las rocas del área de interés, pues la búsqueda se enfoca a las zonas donde se encuentren rocas consideradas favorables. Para dar una idea aproximada de esta selección desde el punto de vista litológico, todas las rocas presentan características diferentes, sin embargo sólo las gravas, arenas, basaltos y calizas ofrecen posibilidades de permeabilidad para constituir yacimientos acuíferos importantes de rendimiento económico. Los demás tipos de rocas no se deben desecharse totalmente, ya que existen algunos lugares donde algunas de ellas están pro-

duciendo en forma eficaz, sin embargo, deben considerarse con posibilidades mucho menores pues su permeabilidad dependerá de zonas de fracturamiento, las cuales no siempre son fáciles de detectar. Hay ocasiones en que no se tiene otra alternativa y es necesario dar alguna localización para la explotación del agua sobre este tipo de rocas, en cuyo caso deben buscarse zonas afectadas por fallas y fracturas, tratando de cortarlas en forma más conveniente.

2. Objetivos

Analizar el comportamiento mecánico y estructural de las fallas y fracturas geológicas sobre las rocas del área.

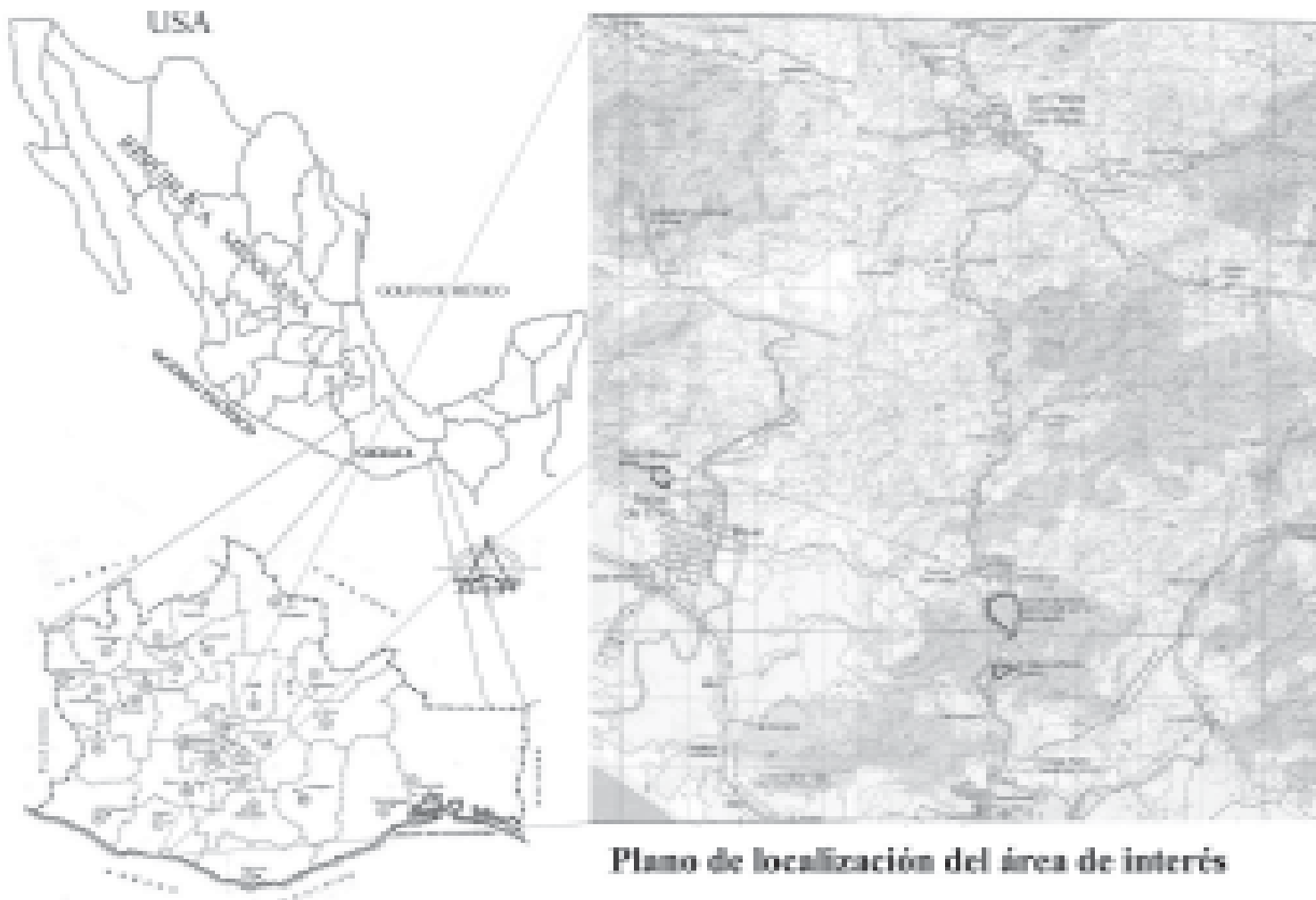
Correlacionar los estilos estructurales y los eventos de deformación en el ambiente tectónico.

Anticipar los diferentes riesgos que afecten a la sociedad.

3. Metodología

Este trabajo es el resultado de la recopilación documental y cartográfica existente del área y un reconocimiento general por las diversas zonas de probable explotación de manantiales, con lo cual es posible tener un conocimiento general de las condiciones del clima, vegetación, fisiografía, hidrología, geología e hidrogeología y contando con las características principales del sitio, entre ellas las hidrológicas superficiales y las geológicas-estructurales, para así configurar los detalles del área de estudio. El equipo utilizado en estos trabajos fue: un geoposicionador satelital (GPS Garmin III), brújula Brunton, una pica y cartas topográficas del área. Además con los datos recabados en esta área de interés se analizan e interpretan los parámetros: ¿Cómo es la estructura? ¿Cuándo se formó la secuencia de deformación? y ¿las condiciones Físicas de la deformación?. La primera se basa en términos de la forma y

FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN CAMPUS PUERTO ESCONDIDO (UMAR).Y BAJOS DE CHILA.



dimensiones de las estructuras y las últimas se deben incluir deducciones relativas a la secuencia cronológica en que ocurrió la deformación y las condiciones de esfuerzo bajo las que las rocas se plegaron, fracturaron o se fallaron. Para efectuar este trabajo es necesario contar con los mapas geológicos del sitio regional y local y con los datos estructurales como los rumbos, echados, pitch y plunge, se procede a construir secciones geológicas que corten a las estructuras en forma ortogonal a su dirección preferencial y haciendo algunos cálculos trigonométricos. Es muy importante la interpretación de la geología histórica de la región, la cual sólo puede ser deducida a partir de una cartografía geológica y secciones estructurales.

4. Resultados obtenidos

4.1 Localización y acceso del área de interés

El Campus Puerto Escondido de la UMAR y la Agencia Municipal Bajos de Chila se localizan en la porción sureste y suroeste respectivamente del municipio de San Pedro Mixtepec en la faja costera de Oaxaca, (Figura 1) a 135 kilómetros en línea recta hacia el sur de la capital del Estado en la carretera federal No. 131. Las coordenadas en el sistema Universal Transverso de Mercator para el Campus Puerto Escondido son: 1758650 Norte y 706150 Este con una altura de 26 metros sobre el nivel del mar, para Bajos de Chila las coordenadas son: 1761139 Norte y 701310 Este con una altura de 90 metros sobre el nivel del mar.

4.2 Clima y Vegetación

La región se encuentra dentro del clima clasificado como cálido, subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 1000 milímetros y se tiene un déficit de 650 mm anuales, el escurrimiento promedio anual es de 50 mm (INEGI, 1997 -1983). La temperatura media anual máxima es de 33° C y mínima de 18°C; los vientos dominantes son hacia el poniente de mayo a octubre y hacia el norte de noviembre a abril (INEGI, 1984). La vegetación está compuesta por selva baja-media (INEGI, 1985) donde predomina la caducifolia con arbustos, matorral, pequeñas zonas de pastizal inducido y la agricultura de temporal de cultivos anuales en (pequeñas extensiones).

4.3. Hidrología superficial

Las áreas de interés se sitúan dentro de la región hidrológica número 21 (RH21) Costa de Oaxaca (Puer-

Influencia de la geología...

to Ángel) en la cuenca “C” río Colotepec y otros, recibe aportes de la subcuenca “b” río San Pedro Mixtepec (INEGI, 1988) que nace en las faldas del cerro de “En Medio” a una altura de 1200 metros sobre el nivel del mar. Este cauce pasa por la población de Bajos de Chila y en el extremo oriente, el arroyo el Aguacate nace en las inmediaciones del cerro “La Cebadilla” a una altura de 295 m.s.n.m., el cauce pasa como a unos 3 kilómetros en línea recta al oriente del Campus Puerto Escondido de la UMAR. En esta porción la red de drenaje es dendrítico e intermitentes.

4.4. Fisiografía

Las áreas de interés se localizan dentro de la provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, en la subprovincia Costas del Sur (INEGI, 1981) que corresponden a llanuras y valles asociados con lomeríos de aluviones antiguos y complejos así como sierras con laderas de escarpes de fallas y encañonados, de donde provienen las corrientes intermitentes la del río San Pedro Mixtepec que nace en las faldas del cerro de “En Medio” en las inmediaciones del poblado El Faro y el otro de las faldas del cerro “La Cebadilla” en el poblado El Regadillo.

4.5 Geología

Geológicamente las unidades de las rocas que afloran en el área de interés datan del Jurásico-Cretácico al Pleistoceno. El Jurásico-Cretácico está representado por gneises, granodioritas y calizas, el Pleistoceno por gravas, arenas, limo-arcillas no consolidados. (Figura 2).

Las rocas metamórficas de edad Jurásica (López-Ramos, 1983; INEGI, 1988) identificadas en el mapa con las siglas J(Gn) representadas por una asociación de gneises, esquistos, granulitas, granodiorita-gneílica y metagranito. Con texturas granoblásticas, miloníticos y gneísicas; los colores varían de gris claro a oscuro con bandas negras, los minerales observables corresponden a cuarzo, oligoclasa, andesina, ortoclasa, biotita, muscovita, turmalina clorita, hematita, pirita. Toda esta asociación de rocas se encuentra afectada por fallamiento-fracturamiento, diques aplíticos de composición intermedia y abundantes vetas de cuarzo de diferentes espesores, con la presencia de micropliegues donde se observa la presencia de un intemperismo profundo. Morfológicamente se caracteriza por cerros y sierras bajas con pendientes suaves y abruptas en las zonas de fallamiento-fracturamiento.

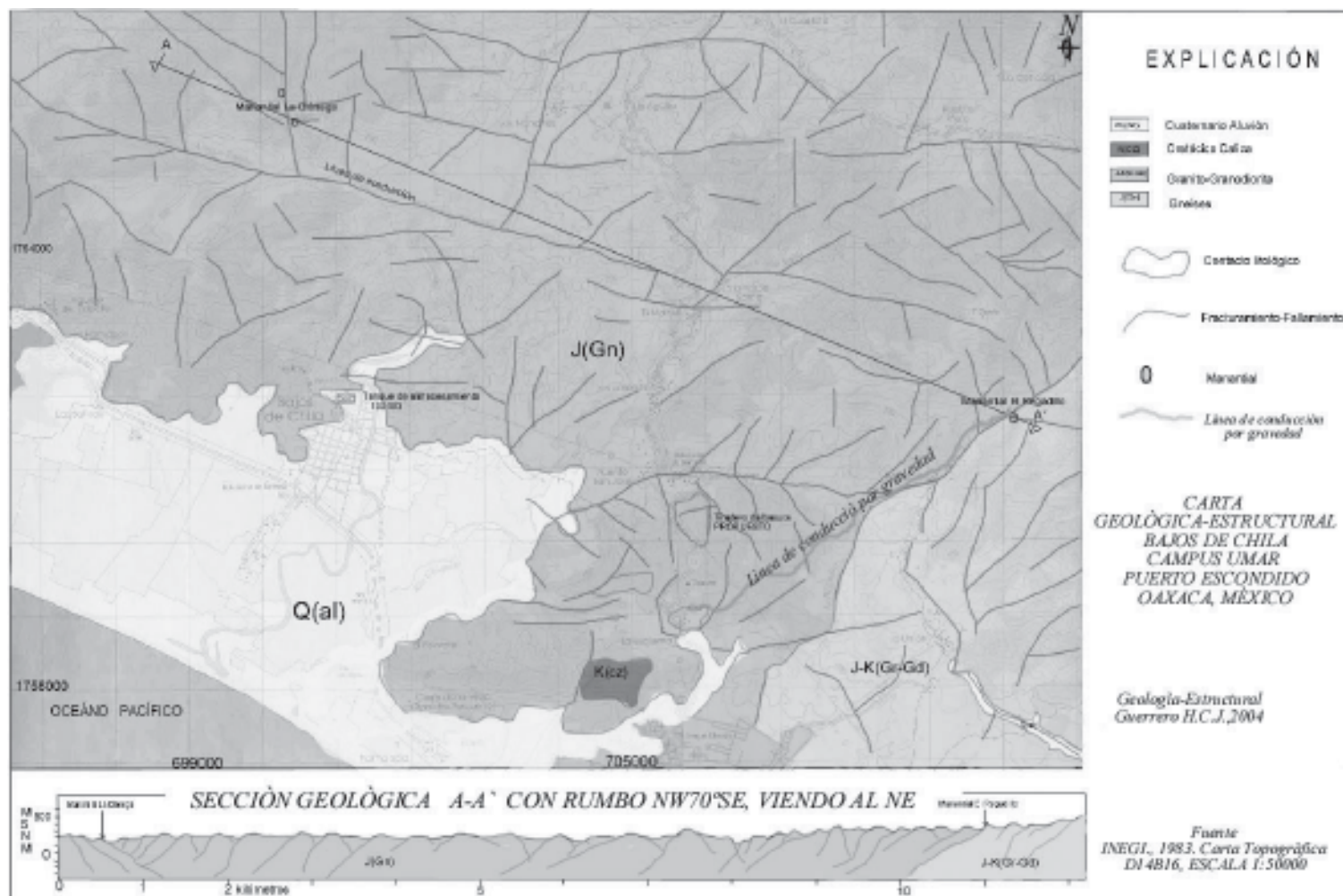


FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL ÁREA CAMPUS PUERTO ESCONDIDO (UMAR) Y BAJOS DE CHILA, OAXACA.

Las rocas intrusivas de edad Jurásico-Cretácico identificadas con las siglas J-K (Gr-Gd) corresponden a la unidad formada por una asociación no diferenciable de granito y granodiorita. El granito es de color gris claro e intemperiza a oscuro, de textura holocristalina, es de grano fino, está constituido por cuarzo, feldespato potásico, oligoclasa, biotita, hornblenda y piritita. La granodiorita tiene la misma composición mineralógica con un aumento en el contenido de plagioclasas y mayor abundancia de los minerales ferromagnesianos y su grano es más grueso. Esta unidad está afectada por una serie de diques aplíticos e intensamente fracturado y con un intemperismo profundo. Morfológicamente presenta relieve de lomeríos bajos de pendientes suaves y abruptos en los sistemas de fracturamiento-fallamiento.

Las rocas sedimentarias de edad Cretácico identificado con la siglas K(cz) corresponde a una secuencia de rocas calizas aloquímicas de la facies pos-arrecifales

de plataforma, con textura de grano grueso, se observa como remanentes en forma masiva, los estratos oscilan hasta los 2 metros de espesor, están parcialmente recristalizada, su color es por lo general gris claro con tonos negros e intemperiza a oscuro, aparece en afloramientos aislados que constituyen techos colgantes sobre los cuerpos de rocas metamórficas e intrusivas, por sus dimensiones reducidas no es posible cartografiarla en todos los sitios que aflora.

Para los sedimentos de edad Pleistoceno se tienen los aluviales identificados con las siglas Q(al) corresponden a depósitos detríticos no-consolidados provenientes de la denudación y erosión de las rocas preexistentes en el área y están formadas por cantos rodados, gravas, arenas, limos y limos-arcillas, con diferentes grado de madurez, los fragmentos líticos corresponden a cuarzo, plagioclasas y feldespatos, van de subredondeados a redondeados, los colores varían de gris claro a oscuro, estos son observados en las barrancas y



FIGURA 3. MANANTIAL "LA CIÉNEGA" UBICADO SOBRE ROCAS GRANÍTICAS SE OBSERVA EL SISTEMA DE FALLAMIENTOS-FRACTURAMIENTOS EL RUMBO GENERAL ES AL NE 70° SW, CON ECHADO DE 85°NW, Y 3 METROS DE DESPLAZAMIENTO LATERAL IZQUIERDO.

en las faldas de los lomeríos presentando pendientes suaves donde son utilizados como zonas de cultivo de temporal. La expresión morfológica corresponde a planicies aluviales y como relleno de valles fluviales en la zona costera.

4.6. Hidrología subterránea

Las rocas metamórficas gnéicas predominantes en esta área son consideradas como materiales consolidados con posibilidades bajas de contener volúmenes apreciables de agua y los aluviones son considerados como materiales no-consolidados con posibilidades también bajas de contener agua debido a sus escasos 3 metros de espesor observado en las barrancas. Dentro de estas unidades por sus características de origen rocoso y permeabilidades bajas, además de conformar la zona montañosa, factores que limitan las posibilidades de almacenar agua. Se infiere que la trayectoria de los flujos de agua de los manantiales: "El Regadillo" con un gasto medido de 10 lts/seg., "La Ciénega" con 8 lts/seg. Proceden de fallas y fracturas geológicas, que corresponden en el sentido perpendicular a la dirección del sistema de fallamiento-fracturamiento encausando volúmenes considerables de flujo en un sentido paralelo a las trazas. El comportamiento hidráulico de estas estructuras geológicas frágiles puede ser como una barrera o bien como una zona de barrera-conducto. El corredor de las fallas, que se caracterizan

por el desarrollo de sistemas de fallamientos-fracturamientos de segundo orden, correspondería con el cuerpo transmisor del agua subterránea mientras que el núcleo actuaría como la barrera al paso del flujo en su trayectoria regional para desviarlo en la dirección del rumbo de su traza. La detección de acuíferos en este medio es más selectiva de tal forma que los conductos asociados con el patrón preferente de fracturas y fallas producidas a lo largo y ancho de la franja o zona de afectación en rocas pertenecientes al mismo complejo metamórfico.

En la región no se tienen contemplados las zonas de veda ni concentración de pozos, la disponibilidad de agua subterránea en los poblados de mayor concentración humana, se reduce a norias y manantiales de poca extracción de agua, por lo que la mayoría de las poblaciones han construido galerías filtrantes en las márgenes de los ríos, esto para complementar el abasto necesario.

Manantial "La Ciénega" se localiza al N20°W y 4.8 kilómetros en línea recta del centro del poblado de Bajos de Chila, el sitio donde se ubica el manantial pertenece a la agencia municipal, el caudal de agua medido es de 8 litros por segundo sin que tenga uso alguno, el agua subterránea proveniente del fallamiento-fracturamiento de rocas graníticas donde se observa el fallamiento sobre rocas graníticas de rumbo NE 70° SW, echado de 85° NW, con 3 metros de longitud.



FIGURA 4. MANANTIAL “LA CIÉNEGA” EL FLUJO MEDIDO ES DE 8 LITROS POR SEGUNDOS, SIN QUE TENGA USO ALGUNO. PROVIENE DEL SISTEMA DE FALLAMIENTOS-FRACTURAMIENTOS DE ROCAS GNÉISICAS Y GRANÍTICAS.

El gasto que no es aprovechado oscila alrededor de los 8 litros por segundo cantidad suficiente para satisfacer la demanda existente para los habitantes de la Agencia Municipal Bajos de Chila, ya que en 24 horas se puede captar 691.2 metros cúbicos, lo cual permitiría dotar de agua a 5760

habitantes a razón de 120 litros por habitante por día. De donde se deducen dos observaciones muy importantes de resaltar. El primero, este gasto se estimó en época del estiaje, la cual es la más crítica por la ausencia de recarga de los flujos superficiales y subterráneos, claro que no se descarta las probabilidades de que existan años con extrema sequía en el cual el caudal se reduciría probablemente hasta en un 50% (deducido por los comentarios de los lugareños). Segundo la conducción del agua hacia la población sería por gravedad, lo cual reduce los costos de operación una vez instalado el sistema a corto plazo.

El manantial “El Regadillo”, se ubica al N55°E del

FIGURA 5. VISTA PANORÁMICA EN LA PORCIÓN ORIENTE DE LA ZONA, EL SISTEMA DE FALLAMIENTOS-FRACTURAMIENTOS PRINCIPAL (LÍNEA GRIS) A LA CUAL SE ASOCIA EL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL MANANTIAL “EL REGADILLO”.



Campus Puerto Escondido de la UMAR, como a unos 5 kilómetros en línea recta dentro de terrenos de la comunidad del Regadillo. La circulación del agua subterránea ocurre en un sistema de fallamientos-fracturamientos asociados a un

intrusivo granítico cuarcítico que subyace a una capa de suelos limo-arcilloso de 1.5 metros de espesor y cuyo origen se asocia con la poca cobertura vegetal que



FIGURA 6. MANANTIAL “EL REGADILLO” EL FLUJO MEDIDO ES DE 10 LITROS POR SEGUNDOS SIN QUE TENGA USO ALGUNO, PROVIENE DEL SISTEMA DE FALLAMIENTOS-FRACTURAMIENTOS DE ROCAS GRANÍTICAS.

Este manantial cuenta con una obra de captación de aproximadamente un metro cúbico de capacidad, del cual se conduce por gravedad el agua por medio de una tubería galvanizada de 2 pulgadas de diámetro hacia la colonia La Unión (aproximadamente 4 km de distancia). A pesar de la existencia de este aprovechamiento y otros para uso agrícola en pequeña escala, es evidente que no se está aprovechando en su totalidad este recurso ya que existen flujos subterráneos, generados de este manantial, que escurren libremente, sin que aparentemente tenga uso alguno, por lo cual se evaporan e infiltran aguas abajo de este sitio.

El gasto que no es aprovechado oscila alrededor de los 10 litros por segundo cantidad suficiente para satisfacer la demanda existente para los habitantes de la colonia Aeropuerto y el Campus Puerto Escondido de la UMAR, ya que en 24 horas se puede captar 864 metros cúbicos, lo cual permitiría dotar de agua a 7200 habitantes a razón de 120 litros por habitante por día. De donde se deducen dos observaciones muy importantes de resaltar. El primero este gasto se estimó en época del estiaje, la cual es la más crítica por la ausencia de recarga de los flujos superficiales y subterráneos, claro que no se descarta las probabilidades de que existan años con extrema sequía en el cual el caudal se reduciría probablemente hasta en un 50% (deducido por los comentarios de los lugareños). Segundo la conducción del agua hacia la zona de uso sería por gravedad, lo cual reduce los costos de operación una vez instalado el sistema a corto plazo.



FIGURA 7. FOLIACIÓN METAMÓRFICA Y FOLIACIÓN CATACLÁSTICA EN LOS GNEISES EN SISTEMAS ORTOGONALES DE FALLAMIENTOS-FRACTURAMIENTOS.

4.7 Geología Estructural

Dentro del área de interés se localiza el elemento tectónico conocido como Complejo Xolapa (López-Ramos, 1983. INEGI, 1988), donde las estructuras de mayor importancia son las fallas y las fracturas observados en campo e interpretadas con los datos estructurales. Se entiende por falla geológica a una superficie o zona de fractura a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento apreciable, de algunos centímetros, metros y hasta varios kilómetros de longitud, las fallas observadas se ubican en rocas gnéisicas y graníticas de rumbo general NE 70° 80°SW y E-W, con echados a la vertical y con longitud de 3 a 10 metros y en algunas partes de varios kilómetros de longitud. Las fracturas se agrupan en los sistemas EW y NS y algunas perpendiculares a las fallas con longitudes que van desde algunos centímetros hasta varios cientos de metros. Las estructuras gneisicas y esquistosas presentan foliaciones predominantemente N-NW y N-NE con inclinaciones generales de 50° a 80° al NE y NW. Además existen zonas de milonitas y cataclasitas como resultados de los sistemas de fallamientos y fracturamientos afectando a esta asocia-

ción de rocas, lo que es benéfico a la infiltración a profundidad para el flujo del agua subterránea.

Las rocas gnéisicas posiblemente fueron sometidas a dos eventos orogénicos, el primero en la facies de las anfibolitas y el segundo en la facies de los esquistos verdes o en la zona de las biotitas, evidenciado por la cloritización de biotita y granate y por las asociaciones mineralógicas correspondientes a dicha facies en las rocas metasedimentarias adyacentes.

Mediante la interpretación de toda la información recabada e interpretada se reconoce un primer período de plegamiento (f_1) axial a la foliación S_1 y contemporáneo con el segundo evento metamórfico y un segundo período de plegamiento (f_2) que pliega a la foliación. Se interpreta un sistema de fallamiento de carácter regional cuya traza está orientada generalmente hacia el NW60°SE, donde corresponde a la unión de los manantiales “La Ciénega” en la porción noroeste del poblado de Bajos de Chila y “El Regadillo” al oriente del Campus Puerto Escondido de la UMAR. El paralelismo existente entre la foliación metamórfica y la foliación cataclástica en los gneises, indican una relación de

A



B



contemporaneidad entre el metamorfismo regional y la deformación cataclástica.

FIGURA 8. A). MANANTIAL “LA CIÉNEGA” SE OBSERVA EL FALLAMIENTO SOBRE ROCAS GRANÍTICAS DE RUMBO NE 70° SW, ECHADO DE 85°NW, CON 3 METROS DE DESPLAZAMIENTO LATERAL IZQUIERDO. B) FOTOGRAFÍA DONDE SE OBSERVA EL FALLAMIENTO SOBRE ROCAS GNÉISICA DE RUMBO NE 80° SW, A LA VERTICAL CON INTEMPERISMO PROFUNDO.

4.8. Evolución Tectónica

Las referencias litoestratigráficas y relaciones estructurales del Complejo Oaxaqueño, tienden a confirmar que el Proterozoico se compone de dos eratemas sobrepuestos; el basal representado por el subgrupo Zimatlán, se correlaciona con el Proterozoico Temprano (2600-1800 m.a.). Por otra parte, el Subgrupo Telixtlahuaca del Proterozoico Medio (1800-1000 m.a.) consistentemente yace en discordancia tectónica sobre el anterior. Estas relaciones estructurales determinan dos ciclos geotectónicos sobrepuestos, conforme a referencias de Bazán (1984).

En estas condiciones, la evolución del Proterozoico Medio consiste de varias fases estructurales que definen la sobreposición del Supergrupo Telixtlahuaca, a partir de un rift intracratónico que disectó el Proterozoico Temprano y Arqueano. El primero representado por el supergrupo Zimatlán y el segundo por el Grupo Papalo que constituye la unidad basal del Complejo Oaxaqueño.

Este rift inicia su apertura en la parte temprana del Proterozoico Medio y posiblemente tenga relación lateral con la Orogenia Hudsoniana y Mazatzal (1750 m.a.), de la parte occidental del cratón de Norteamérica. La amplitud de la fisura del rift y subsidencia, posi-

blemente no fue extensa. Las primeras emisiones magmáticas pudieron ser toleíticas, en una corteza incipiente de tipo ofiolítico. En la etapa juvenil desarrolló una cuenca estructural alargada tipo Mar Rojo, con pequeñas plataformas marginales que acumularon carbonatos y sedimentos pelíticos asociados, así como conglomerados y areniscas litorales.

Los grandes cambios petrológicos acontecen cuando se inicia la convergencia de bloques que fraccionan la corteza oceánica y se inicia el arco insular, hacia la margen occidental del escudo arqueano, marcado por el Grupo Papalo. El arco insular propició la sedimentación tipo eugeosinclinal al oriente y la de ambiente miogeosinclinal al poniente; ambas bien definidas por su carácter sedimentológico.

Puesto que el discutido arco insular se manifiesta desde San José de los Cues, en los límites con Puebla, hasta Puerto Ángel de la costa de Oaxaca, se confirma un mecanismo de placas tectónicas para el precámbrico global y como resultado de convergencia progresiva de bloques continentales. El arco confirma el desarrollo activo de la subducción, bajo la secuencia del Arqueano y Proterozoico. Como la estructura insular se ubica hacia la margen occidental, de la placa “interna” cabalgada de la Orogenia Oaxaqueña, se postula que

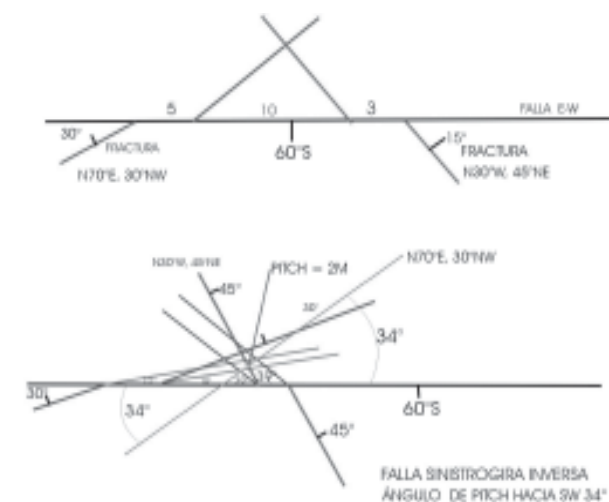
el evento de subducción fue en dirección oriente. Es decir en dirección opuesta a la que previamente había sido inferida por Bazán (1984).

A medida que progresaba el arco insular, la sedimentación era más distintiva; tanto en la parte interna como en la externa de la Orogenia Oaxaqueña. La primera de carácter vulcanosedimentario y marina cubre la parte oriental del Complejo, y la segunda cabalga sobre el antepaís que tiene un ambiente francamente marino. Al converger el arco insular con la masa continental (miogeosinclinal), un mar relicto con depósitos evaporíticos y deltas con materia carbonosa se desplazaba al poniente (nappa), para cubrir la zona de sutura regional; en tanto que una corteza oceánica fragmentada, se consumía en el manto.

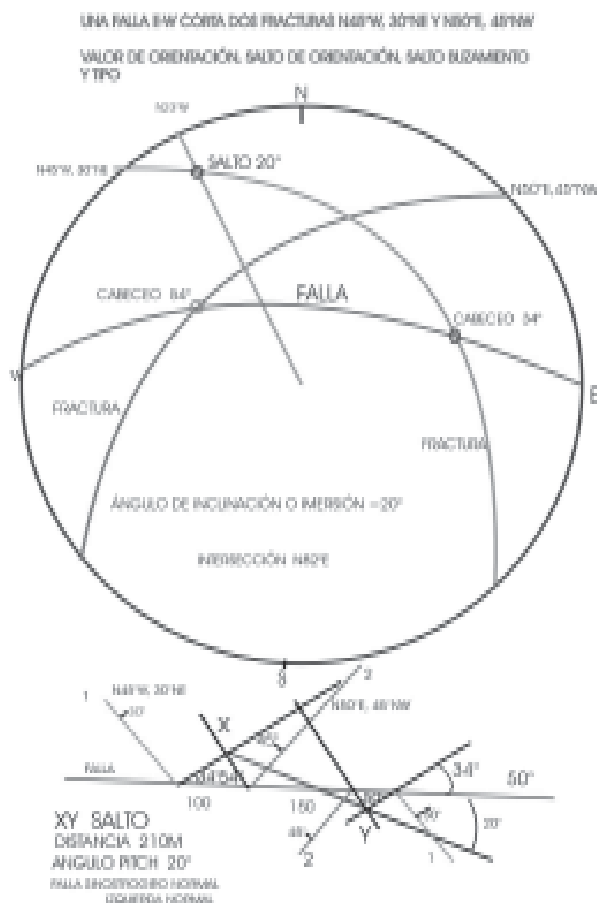
Se puede concluir que las isogras metamórficas del Complejo Oaxaqueño que resultan de la colisión de bloques y estos contrastan con sus estilos estructurales. Peculiarmente el bloque autóctono del antepaís, exhibe pliegues muy cizallados, con quiebres angulares en echelon y fallados, también exhiben zonas bastante deformadas con episodios anatexiticos (Subgrupo Peñoles) que incluye boudins tectónicos, de supuestos diques de composición ultramáficos. En cambio el bloque aloctono en dirección poniente, muestra un estilo isoclinal en todo su frente de aloctonía.

4.9 La Red Estereográfica.

En la práctica geológica de campo se obtienen los datos estructurales de acuerdo a la escala del mapa con lo que se está trabajando y según sea el tipo de estructura que exista. Pero es frecuente enfrentar el problema de que en el área de interés exista un número considerable de microestructuras y de macroestructuras que no pueden ser representadas adecuadamente en el mapa y su interpretación final es complicada. Las redes para proyecciones estereográficas son herramientas gráficas muy convenientes para representar datos estructurales tridimensionales en diagramas bidimensionales. Los problemas que se pueden resolver usando estas proyecciones son aquellas que tratan con líneas y planos y con ángulos entre ellos, pero la mayor ventaja de estas herramientas es que permite incorporar en un solo diagrama cientos de datos estructurales. La red estereográfica está basada en una esfera de la que se utiliza comúnmente en geología estructural su hemisferio inferior. En tal diagrama es posible proyectar siempre por su centro, planos y líneas con orientaciones geográficas y con inclinaciones o buzamientos

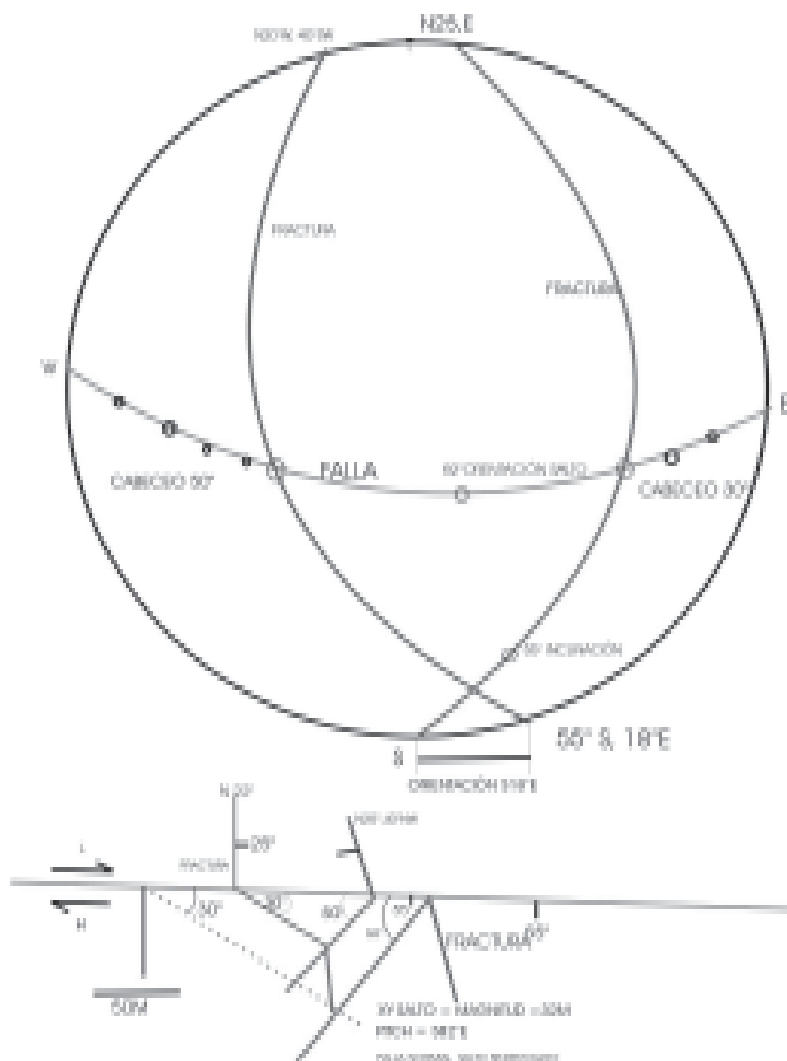


UNA FALLA DE RUMBO E-W
CON DOS FRACTURAS
N70°E, 30°NW Y N30°W, 45°NE



XY SALTO
DISTANCIA 210M
ÁNGULO PITCH 20°
FALLA SINISTROGIRA INVERSA
DEFORMACIÓN NORMAL

UNA FALLA CON RUMBO SW QUE SUS DOS DÉFLEXAS CÓN FRACUTURAS
MAGNITUD
ORIENTACIÓN DESPLAZAMIENTO
TIPO DE FALLA



según sea el caso. La forma de visualizar el diagrama es imaginar que uno ve el hemisferio inferior de la esfera desde arriba.

Existe software para microcomputadoras que permite resolver cualquier problema relacionado con proyecciones estereográficas en unos cuantos minutos, pero es muy importante que el geólogo visualice y comprenda la alineación de los datos estructurales a la red estereográfica. Este tema de proyecciones estereográficas y su interpretación es muy extenso y complicado.

Análisis estructural mediante las falsillas o red de WULFF y SCHMIDT

5. Conclusiones y recomendaciones

En las áreas de interés existen alternativas de solución al problema de abasto de agua para la población de Bajos de Chila y el Campus Puerto Escondido de la UMAR, éstas pueden ser la captación de los manantiales “La Ciénega”, y “El Regadillo” mediante tomas directas y el suministro sería por gravedad respectivamente.

El manantial “El Regadillo” se ubica al N55°E del campus Puerto Escondido de la UMAR, resulta ser la opción más viable para el abastecimiento de agua hacia la colonia Aeropuerto y al Campus de la UMAR, en este sitio se midió un gasto de 10 litros pos segundos, además de que el suministro se realizaría por gravedad, lo que implica sólo gastos de instalación y mantenimiento de tuberías, abatiendo costos de operación en el mediano y largo plazo. El Manantial “La Ciénega” se localiza al N20°W del poblado Bajos de Chila, en este sitio se midió un gasto de 8 litros pos segundos, además de que el suministro se realizaría por gravedad, lo que implica sólo gastos de instalación y mantenimiento de tuberías, abatiendo costos de operación en el mediano y largo plazo.

Se recomienda el análisis Físico-químico y Bacteriológico del agua de los manantiales “El Regadillo” y “La Ciénega” y confirmar para su consumo humano.

Elaborar el mapa de riesgo geológico por efecto de fallamiento-fracturamiento y contribuir por consiguiente a la reducción del riesgo sísmico.

Hacer cultura ciudadana en reforestar y preservar algo de biodiversidad que aún queda.

Por último, se hace énfasis en la **recomendación de no de perforar pozos profundos** en la zona de las norias o cercano a los pozos ya existentes, por el riesgo que esto implica en el corto o largo plazo de intrusión salina. De insistir en esta posibilidad se sugiere realizar una investigación que permita definir el acuífero y establecer su forma de funcionamiento, con la finalidad de implementar políticas de manejo racional del recurso hídrico **1**

6. Referencias

DONAL, M. R.

1980. Geología Estructural. Introducción a las técnicas geométricas.

HOBBS, B.E.

1981. Geología Estructural, ediciones Omega S.A.

INEGI.

1984. Carta de efectos climáticos regionales mayo-octubre. 1:250 000. E14-3. Puerto Escondido. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

1984. Carta de efectos climáticos regionales noviembre-abril. 1:250 000. E14-3. Puerto Escondido. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

1988. Carta Geológica. 1:250 000. E14-3. Puerto Escondido. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

1988. Carta Topográfica 1:50000. E14-B16. Puerto Escondido. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

1985. Carta Vegetación y Uso de Suelo. 1:250 000. E14-3. Puerto Escondido. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

MERCIER, V.

1999. Tectónica Colección textos Politécnicos Ciencia de los Materiales.

MORALES L., R.; C. J. GUERRERO HDZ.

2001. Evaluación de las fuentes alternativas de abastecimiento de agua al Campus Puerto Escondido de la UMAR, Oaxaca. Instituto de Hidrología. UTM. Oaxaca, México.

LÓPEZ -RAMOS, E.

1983. Geología de México, Tomo III. Edición Escolar. México.

PADILLA J.,

1996. Elementos de geología estructural.

Cirilo Joaquín Guerrero Hernández*

** Profesor Investigador en el Instituto de Hidrología, de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Carretera a Acatlima Km. 2.5 Huajuapán de León, Oaxaca.*