

## CONSEJO DE RECURSOS MINERALES



INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA POR ANÁLISIS FACTORIAL  
DE LA CARTA PUERTO ESCONDIDO CLAVE D14-3.

ESCALA 1:250,000

ESTADO DE OAXACA

**POR:**

ING. JUAN MANUEL SALINAS RODRÍGUEZ  
ING. ONÉSIMO MOTOLINÍA GARCÍA  
ING. EDITH ARLET CARDOSO VÁZQUEZ

**REVISÓ:**

ING. LUIS EDMUNDO SÁNCHEZ ROJAS

**SUPERVISIÓN:**

ING. FRANCISCO MOREIRA RIVERA

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	1
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>II.- GEOGRAFÍA</b>	3
II.1.- LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA	3
II.2.- ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	3
II.3.- CLIMA Y VEGETACIÓN	4
II.4.- FISIOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA	4
<b>III.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL</b>	5
<b>IV.- PARÁMETROS GEOQUÍMICOS</b>	9
IV.1.- MUESTREO	9
IV.2.- ANÁLISIS	9
<b>V.- INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA</b>	10
V.1.- ESTUDIO DE ORIENTACIÓN	10
V.2.- AFINIDAD DE ELEMENTOS	10
V.3.- INTERPRETACIÓN DE ELEMENTOS LITOLÓGICOS	11
V.4.- INTERPRETACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS	12
<b>VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	15
<b>ANEXOS</b>	
FICHAS GEOQUÍMICAS	
RESULTADOS DE LABORATORIO	

# FIGURAS

FIGURA No.	TÍTULO	PAGINA
1	Plano de localización.	3
2	Plano de Climas.	4
3	Plano de Vegetación.	5
4	Plano Hidrográfico.	6
5	Plano Geológico.	7
6	Plano de Muestreo Geoquímico.	9
7	Plano de distribución Estroncio.	12
8	Plano de distribución de Magnesio.	12
9	Plano de distribución de Plata.	13
10	Plano de distribución del Factor 1 (Cu,Zn,Fe,Cr,Co,Ni,W).	14
11	Plano de zonas prospectivas del Factor 1 (Cu,Zn,Fe).	14
12	Plano de distribución del Factor 2 (Zn,Pb,Cu).	14
13	Plano de zonas prospectivas del Factor 2 (Zn,Pb,Cu).	14
14	Plano de distribución del Factor 3 (Au,As).	15
15	Plano de zonas prospectivas del Factor 3 (Au).	15

## TABLAS

<b>TABLA No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAGINA</b>
1	Técnica Química.	9
2	Matriz de Componentes rotada.	10
3	Asociación de elementos de la Población Final.	11
4	Análisis estadístico de los elementos indicadores de la mineralización.	11

## FOTOGRAFIAS

<b>FOTOGRAFIA No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAGINA</b>
1	Arroyo Chacalapilla, localidad del muestreo de sedimentos activos de arroyo. Aflora Ortogneis del Complejo Oaxaqueño.	8

## RESUMEN

La carta Puerto Escondido se localiza en la región sur de la República Mexicana, al sur del estado de Oaxaca; entre los paralelos 15° 00' a 16° 00' de latitud norte y los meridianos 96° 00' a 98° 80' de longitud oeste, con una extensión de 3,961 km.<sup>2</sup>

El acceso desde la ciudad de Oaxaca se realiza a través de las carreteras federales No. 175 Oaxaca-San Pedro Pochutla, que cruza la porción central, y la No. 131, Oaxaca-Puerto Escondido, en la porción occidente de la carta. También se cuenta con la carretera federal No. 200, que cruza por toda la zona costera, uniendo la poblaciones de Puerto Escondido y Bahías de Huatulco, continuando hasta Salina Cruz. De las carreteras mencionadas se derivan terracerías en buen estado, hacia las poblaciones más importantes, de las cuales se extienden caminos y veredas en ramales que cubren la superficie de la carta.

El clima dominante en la carta es cálido subhúmedo con temperaturas mínimas de 25.16°C durante los meses de diciembre a febrero y temperaturas máximas de 27.24°C durante los meses de abril a agosto, con temperatura media anual de 26.4°C. El área presenta una precipitación pluvial con mínimos de 2.05 mm durante la etapa de estiaje enero-abril y máximos de 187.57 mm durante los meses junio-septiembre, con una precipitación promedio anual de 912.0 mm (INEGI, 1981).

Con respecto a la vegetación, existe una gran variedad debido a los climas favorables para su generación, entre las más comunes destacan selva mediana subcaducifolia, representados por las variedades siguientes: Guapinol (*Hymenaea courbaril*), Habilidad (*Hura polyandra*), Capomo (*Brosimum alicastrum*), Tepeguajes (*Lysiloma spp.*), Amate (*Ficus spp.*), Parota (*Enterolobium cyclocarpum*).

La carta se delimita dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, específicamente en las subprovincias Taludes meridionales, Planicie costera y Meseta Oaxaqueña (Raisz, 1964). Esta provincia se caracteriza a lo largo de la costa por presentar lomeríos bajos, con pendientes suaves, relacionada con una etapa de madurez, y elevaciones desde 100 m.s.n.m. a 500 m.s.n.m.; en la porción meridional abarcando la carta del oeste hasta el este, se caracteriza por una serie de sierras y barrancas, relacionada con una etapa de madurez, y elevaciones de 500 m.s.n.m. a 1,500 m.s.n.m. En su porción norte y noreste se observa una etapa de juventud, y marcados rasgos fisiográficos como acantilados, profundas cañadas, escarpes y un sistema montañoso que ocupa los altos topográficos más sobresalientes del área, con alturas de 500 m.s.n.m. hasta 3,200 m.s.n.m.; el tipo de drenaje desarrollado en la carta varía de acuerdo a la litología, así las rocas graníticas a granodiorítica terciarias que afloran en la mayor parte de la carta, muestran drenaje paralelo a rectangular con corrientes de gran longitud; para la zona norte en una franja orientada este-oeste se presenta drenaje dendrítico subparalelo con corrientes de mediana longitud, correspondientes con rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño; finalmente en pequeñas áreas ubicadas en la porción este, sur, y noroeste de la carta, donde afloran rocas metamórficas del Complejo Xolapa, se presenta un modelo de drenaje dendrítico con corrientes de mediana longitud. Las corrientes en su mayoría son intermitentes, sin embargo existen ríos principales como el San Pedro, Colotepec, Cozoaltepec, San Francisco, Grande, Copalita, y Zimatán.

La carta regionalmente queda delimitada dentro de los Terrenos Oaxaqueño y Xolapa (Campa U.M.F. et al. 1981; 1983). El Terreno Oaxaqueño aflora al norte y noreste de la carta, sus principales unidades aflorantes en el área corresponden a rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), cuerpo intrusivo de composición granítica (**Pp (?) Gr**), cubriendo discordantemente al Complejo Oaxaqueño se tienen carbonatos pertenecientes a la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), la cual representa la única cobertura de este terreno, en el área de estudio. Se limita al sur por la Falla Chacalapa y hacia el poniente el contacto está obliterado por cuerpos ígneos, además amplios cinturones miloníticos se encuentran ubicados cercanos al límite con el Terreno Xolapa.

El Terreno Xolapa se expone en forma semicircular paralela al margen de la costa, aflora desde El Zapótalito hasta Santa María Petatengo, así como desde San José Chacalapa a Puerto Angel. Está constituido por un basamento metamórfico denominado Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**). Además de extensos cuerpos plutónicos deformados y no deformados que afectan ampliamente gran parte a las rocas metamórficas que afloran en el margen pacífica. Los cuerpos más sobresalientes en el área de estudio son el Batolito Río Verde (**To Gd**), Tronco de Pochutla (**Tom Gr-Gd**), Tronco de Huatulco (**Tm Gd**) y Tronco de Xadani (**Tm Gd-Gr**). Sobreyaciendo a las rocas metamórficas y plutónicas se encuentra discordantemente un depósito clástico pleistocénico (**Qpt Cgp**). Además extensos depósitos de aluvión (**Qho al**), palustre (**Qho pa**) y litoral (**Qho li**), que cubren ampliamente las partes más bajas del área.

También se tiene una unidad que no forma parte de ninguno de los terrenos mencionados, denominada informalmente como Secuencia Piedras Negras (**Jt Kbe ? VS**) que corresponde a una secuencia volcanosedimentaria.

Se presentan deformaciones de tipo dúctil, dúctil-frágil y frágil, en forma general las de tipo dúctil fueron generadas por procesos compresivos que dieron lugar a foliación y bandamiento gneisico penetrativo en el Complejo Oaxaqueño; y también foliación y bandamiento gneisico, afectado por una deformación tardo migmatítica en el Complejo Xolapa, posteriormente la deformación dúctil-frágil generó cinturones miloníticos con reactivamientos a fallas normales y laterales como la falla Chacalapa, donde se confunden las rocas de los Complejos Oaxaqueño y Xolapa, así como varias estructuras de tipo lateral izquierdo como las fallas Pochutla, Figueroa, Mixtepec, y Limones; en el régimen frágil se tienen las fallas Cacalotepec y Zapotalito, y fallas que se asocian a el Graben Morelos, como las fallas Manialtepec, Puerto, y Valdeflores.

El estudio geoquímico realizado dentro de los trabajos de cartografía de la carta Puerto Escondido D14-3 escala 1:250,000 se inició con la toma de 131 muestras de sedimento activo de arroyo de acuerdo al programa establecido, cubriendo una superficie de 3,961 km<sup>2</sup>, lo que representa una densidad de muestreo de 30.24 km<sup>2</sup> por unidad.

El análisis químico del muestreo se realizó en el Centro Experimental Oaxaca dependiente del COREMI, utilizando el método de emisión de plasma (ICP) detectando directamente los contenidos de los elementos Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sc, Sr, Tl, U, W, y Zn, el As, Bi, Sb, Se, Sn y Te, se determinan de la misma solución a través de un generador de hidruros, el Au se analiza mediante el método combinado ensaye-copelación-lectura en absorción atómica, el cual permite bajar los límites de detección hasta 1 ppb.

En el presente trabajo se realizó un estudio de orientación en el yacimiento de Titanio de Pluma Hidalgo, más no se analizó debido a que el contenido normal de Titanio en sedimentos es de 5,000 ppm, y el valor más alto obtenido en el estudio de orientación resultó de 2,800 ppm, también se analizaron las muestras de este estudio por Lantánidos (La, Ce, Nd, Sm, Eu) reportándose valores por debajo de lo normal en rocas ígneas; no obstante los elementos indicadores de la mineralización se obtuvieron de la evaluación de asociaciones de elementos, considerando la población total del muestreo.

Los elementos considerados como indicadores de la mineralización fueron: Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Fe, As, Ni, Co, Cr, W, debido a que mostraron mejor asociación. De acuerdo al análisis estadístico los valores anómalos para cada uno de estos elementos fueron de Au>0.011; Ag >1.360; Pb >10.567; Cu >19.783; Zn, >76.243; Fe>3.652; As>4.626; Ni>21.285; Co>15.151; Cr>75.834; W>10.574, todos en ppm excepto el Fe en %.

Se realizaron mapas con la finalidad de definir la distribución monoelementaria de los elementos químicos, se observó que los elementos Ca, Sr, P, K, Ba, Al, Mg, y Bi, permitieron definir las unidades litológicas principales, los elementos Sr y Mg mostraron buena respuesta sobre los rasgos estructurales de mayor importancia.

Utilizando la información anterior se elaboraron planos de distribución que permitió definir varias zonas de interés relacionadas con las rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño y el Complejo Xolapa, así como a los intrusivos Terciarios que las afectan. Las zonas de anomalías descritas dentro del Complejo Oaxaqueño no se encuentran relacionadas a las principales zonas de importancia minera de la carta, como son la de Pluma Hidalgo y La Esperanza explotadas por Titanio, y Fierro; cuya génesis es ortomagmática y metasomática, en cambio resultaron estar relacionadas a yacimiento polimetálicos de origen hidrotermal.

## I.- INTRODUCCIÓN

Con el propósito de proporcionar al sector minero y al usuario en general de manera más completa y eficiente el servicio de información geológico-minera de nuestro país, el Consejo de Recursos Minerales instituyó un programa de infraestructura básica geológico-minera, con el fin de generar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas y magnéticas, en formato cartográfico 1:50,000, 1:100,000 y 1:250,000; el cubrimiento contemplado en la superficie con potencial geológico-minero del país es de 1'350,000 km<sup>2</sup>.

impresos o en forma digital acompañada del texto correspondiente y fichas que contienen información complementaria.

## II.- GEOGRAFÍA

### II.1-LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA

El área de estudio, se localiza en la región sur de la República Mexicana, específicamente en la porción sur del Estado de Oaxaca. En la región conocida como zona costera. Está limitada por las coordenadas geográficas 15° 00' a 16° 00' de Latitud Norte y 96° 00' a 98° 00' de

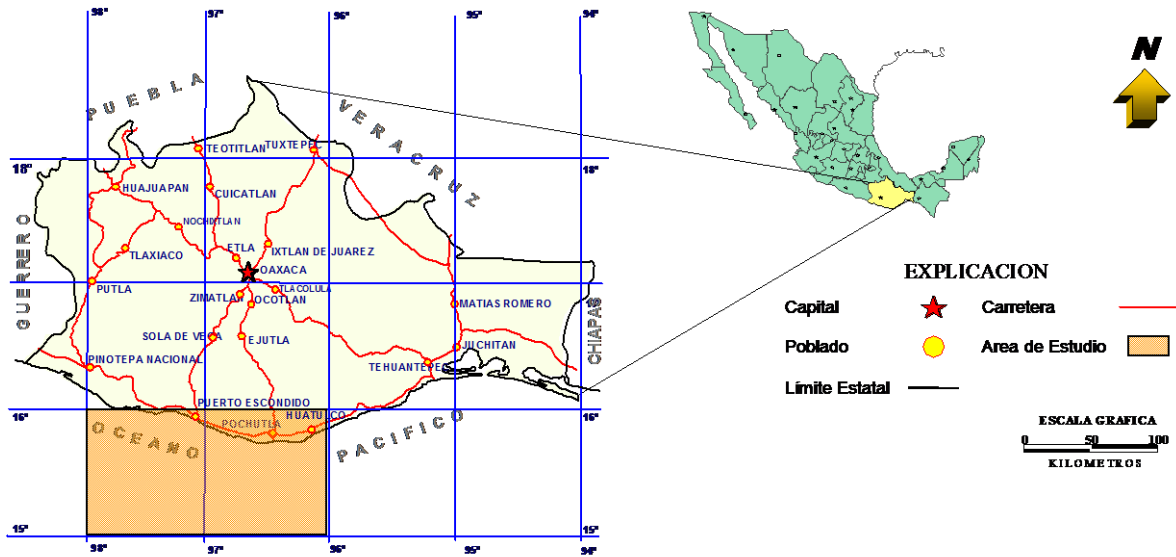


Figura 1.-Plano de localización

Este programa se basa en la misión del Consejo de Recursos Minerales en generar, interpretar y difundir la infraestructura de información geológico-minera básica y de investigación tecnológica que soporte, apoye y motive al sector privado a continuar la exploración y evaluación del potencial minero del país, con menor riesgo, brindándole además, la asesoría geológico-minera necesaria para que de esta forma, se traduzca en un importante detonador de nuevas operaciones mineras.

El objetivo es de incentivar y apoyar a la inversión en exploración y explotación minera, ofreciéndoles a los capitales nacionales y extranjeros la información geológico-minera básica y de investigación que aliente la evaluación del potencial minero del país, con mayores elementos y márgenes de confiabilidad, mediante el manejo de un gran volumen de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos, que permitan al usuario conocer, interpretar y seleccionar las características y potencialidad de cada zona, esta información se sintetiza en cartas especializadas accesibles al público en planos

Longitud Oeste (Figura No 1).

Cubre una superficie de 3,961 km<sup>2</sup>, enmarcada dentro de los municipios de Santa María Huatulco, San Pedro Pochutla y Puerto Escondido.

### II.2.-ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El acceso principal al área de estudio se realiza partiendo de la ciudad de Oaxaca por la carretera federal No. 175 Oaxaca-San Pedro Pochutla, cruzando la porción central de la carta. Otro acceso que parte de la ciudad de Oaxaca es por la carretera federal No 131, Oaxaca-Puerto Escondido, que cruza la porción occidente de la carta. También se cuenta con la carretera federal No. 200, que comunica la zona costera desde Puerto Escondido hasta Bahías de Huatulco continuando hasta Salina Cruz; de estas carreteras se derivan terracerías en buen estado, hacia las poblaciones más importantes, de las cuales se extienden caminos y veredas en ramales que cubren la superficie de la carta.

Los servicios especializados como son los bancarios, ferrocarriles, aeropuerto y otros se tienen en las poblaciones más importantes como son Puerto Escondido, Santa María Huatulco, Bahías de Huatulco, San Pedro Pochutla, y Puerto Angel.

m.s.n.m., destacando el Cerro Gachupín que se ubica al noroeste de Magdalena Loxicha, con una elevación de 1,200 m.s.n.m. La subprovincia Planicie costera se ubica a lo largo de toda la costa de la carta, y se caracteriza por presentar lomeríos bajos, con pendientes suaves, se

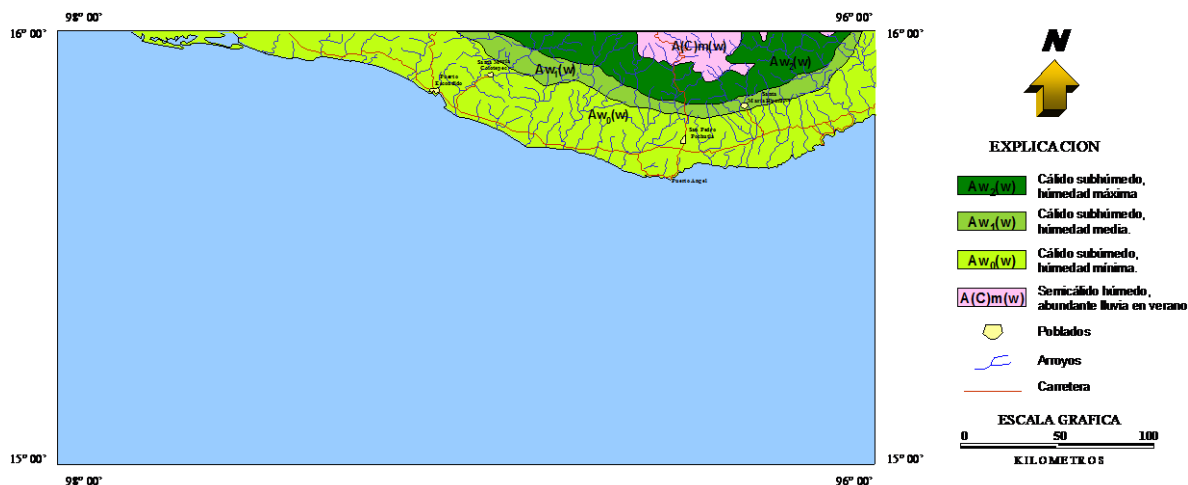


Figura 2.-Plano de Climas

### II.3.- CLIMA Y VEGETACIÓN

El clima dominante en la carta es cálido subhúmedo con temperaturas mínimas de 25.16°C durante los meses de diciembre a febrero y temperaturas máximas de 27.24°C durante los meses de abril a agosto, con temperatura media anual de 26.4°C (Figura 2). El área presenta una precipitación pluvial con mínimos de 2.05 mm durante la etapa de estiaje enero-abril y máximos de 186.57 mm durante los meses junio-septiembre, con una precipitación promedio anual de 912.0 mm (en carta de climas hoja México, escala 1:1,000,000 de INEGI, 1981). Existe una gran variedad de vegetación en el área, debido a los climas favorables para su desarrollo, entre las más comunes destacan selva mediana subcaducifolia, representados por las variedades siguientes: Guapinol (*Hymenaea courbaril*), Habillo (*Hura polyandra*), Capomo (*Brosimum alicastrum*), Tepeguajes (*Lysiloma spp.*), Amate (*Ficus spp.*), Parota (*Enterolobium cyclocarpum*) (Figura 3).

### II.4.- FISIOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA

De acuerdo con la clasificación de las provincias fisiográficas elaboradas por Raisz E. (1964), la carta queda comprendida en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, específicamente en las subprovincias Taludes meridionales, Planicie costera y Meseta Oaxaqueña.

En la porción meridional desde el oeste hasta el este se tiene la subprovincia Taludes meridionales, caracterizada por una serie de sierras y barrancas, se relaciona con una etapa de madurez, con elevaciones de 500 m.s.n.m. a 1,500

encuentra en una etapa de madurez, con elevaciones desde 100 m.s.n.m. a 500 m.s.n.m., en esta subprovincia se tiene el Cerro el Chilar con elevación de 500 m.s.n.m., localizándose al noroeste de San Pedro Pochutla. En la porción norte y noreste de la carta se localiza la subprovincia Meseta Oaxaqueña, observando en su mayor parte una etapa de juventud, donde se observan marcados rasgos fisiográficos como acantilados, profundas cañadas, escarpes y un sistema montañoso que ocupa los altos topográficos más sobresalientes del área, con alturas de 500 m.s.n.m hasta 3,200 m.s.n.m, sobresaliendo El Cerro Juquila con elevación de 1,300 m.s.n.m, el Cerro La Bandera con elevación de 1,100 m.s.n.m, el Cerro León con elevación de 3,200 m.s.n.m, y el Cerro Milpa con elevación de 2,400 m.s.n.m.

Las corrientes fluviales que drenan el área pertenecen a la region hidrológica Costa de Oaxaca (Figura 4), donde se forman tres cuencas, la primera cubre un 30% del área, localizada en la porción occidental, conocida como del río Colotepec. La porción central está drenada por corrientes pertenecientes a la cuenca del río Copalita, representando un 60%. La tercera y última localizada en la porción oriental es la de la cuenca del río Astata, cubriendo solamente el 10% del área.

El sistema de drenaje varía de paralelo a rectangular, dendrítico subparalelo, y en menor proporción dendrítico, las corrientes permanentes que existen en el área son los ríos San Pedro, Colotepec, Cozaltepec, San Francisco Grande, Copalita, y Zimatán.

El patrón de drenaje está en función de las unidades litológicas, de acuerdo a lo anterior el drenaje en las rocas de composición granítica a granodiorítica terciarias que afloran en la mayor parte de la carta, presentan drenaje paralelo a rectangular con corrientes de gran longitud. En la porción norte en una franja orientada este-oeste se presenta un modelo de drenaje dendrítico subparalelo con corrientes de mediana longitud, que corresponde a rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño. Finalmente en pequeñas áreas ubicadas en la porción este, sur, y noroeste de la carta, donde afloran rocas metamórficas del Complejo Xolapa, se presenta un modelo de drenaje dendrítico con corrientes de mediana longitud.

fechamientos de zircon en la secuencia paragneísica localizada a 50 km al noroeste de la ciudad de Oaxaca, por el método U-Pb arrojando una edad de  $1,168 \pm 180$  Ma. Las dataciones realizadas en el Complejo Oaxaqueño permiten ubicar a las rocas en el Proterozoico medio. En el área de estudio el Complejo Oaxaqueño contiene un yacimiento mineral, conocido como el Yacimiento de Titanio de Pluma Hidalgo.

Posteriormente se tiene un Granito Paleozoico (**Pp** (? **Gr**), cuerpo intrusivo de composición granítica-trondhjemitica, constituido por una extraordinaria cantidad de feldespato potásico, y otras características petrológicas,

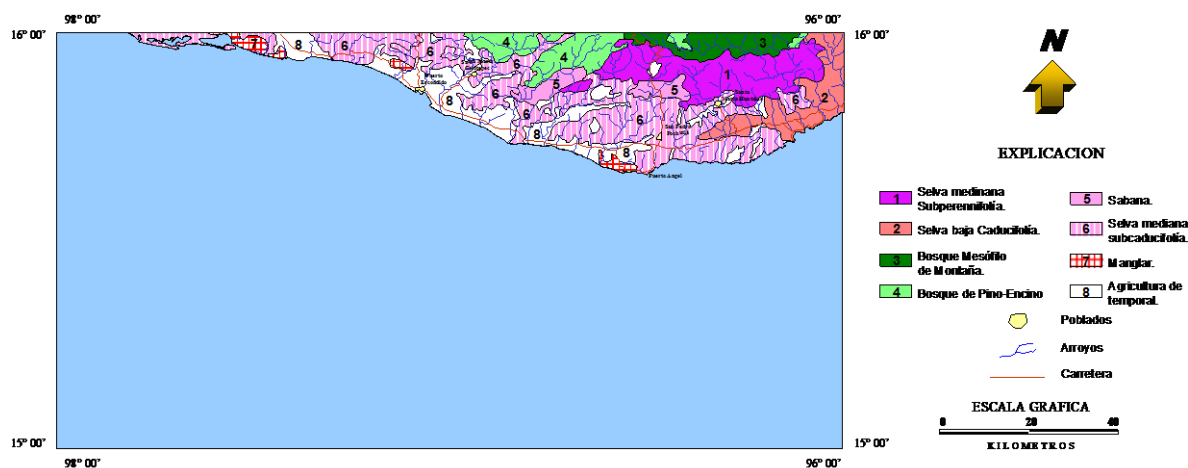


Figura 3.-Plano de Vegetación

### III.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio se encuentra enmarcada dentro de los terrenos tectonoestratigráficos Oaxaqueño y Xolapa (Campa U.M.F. et al. 1981; 1983) con unidades que varían en edad desde el Precámbrico al Reciente (**Figura 5**).

#### Terreno Oaxaqueño.

La base de la columna estratigráfica lo forman rocas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), constituido por paragneis, ortogneis, anortosita, cuerpos dioríticos y gabríticos, diques de aplita y pegmatita. Se distribuye al norte y noreste de la carta. Frías C. et al., 1962, utilizando el método K-Ar en mica y Pb-alfa en zircon fecharon rocas gneísicas y pegmatitas postectónicas. Estas edades fueron confirmadas por Anderson T. y Silver L., 1971 y Ortega G. F. et al., 1977, fechando zircones con el método U-Pb de un gneis y de una pegmatita sintectónica arrojando una edad de  $1,080 \pm 10$  Ma, así como de pegmatitas postectónicas con  $975 \pm 10$  Ma. Ortega G. F. et al., 1977, concluyen que el metamorfismo de grado granulítico culminó hace  $1,050 \pm 30$  Ma antes de la intrusión de una pegmatita postectónica no deformada la cual arrojo una edad de  $960 \pm 15$  Ma. Robinson K. L., 1990, hace

que no son características de los intrusivos Terciarios. Se considera correlacionable a los plagiogranitos y granitos de Honduras y Zaniza aflorantes al norte de este cuerpo intrusivo y también emplazados en límites tectónicos del Terreno Oaxaqueño.

Cubriendo por discordancia angular al Complejo Oaxaqueño se tiene la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), constituida por una secuencia de calizas y dolomías de color gris claro y oscuro a café cremoso que intemperiza a pardo con tonalidades rojizas. Esta unidad se encuentra distribuida al norte, noreste y centro de la carta en los principales altos topográficos de la región. La edad de la caliza Teposcolula, se ha asignado de acuerdo al contenido faunístico (Várela S. M., 1983, Ortega G. V., et al., 1991), así como sus relaciones estratigráficas observadas en otras localidades, siendo Albiano-Cenomaniano. Las calizas de la formación Teposcolula se formaron en un ambiente de plataforma interna de baja energía con influencia de mar abierto y dentro de la misma hubo zonas profundas, en la cual tuvo lugar la dolomitización. En esta formación y en contacto con el Tronco de Pochutla, se localiza un yacimiento de hierro conocido como La Esperanza.

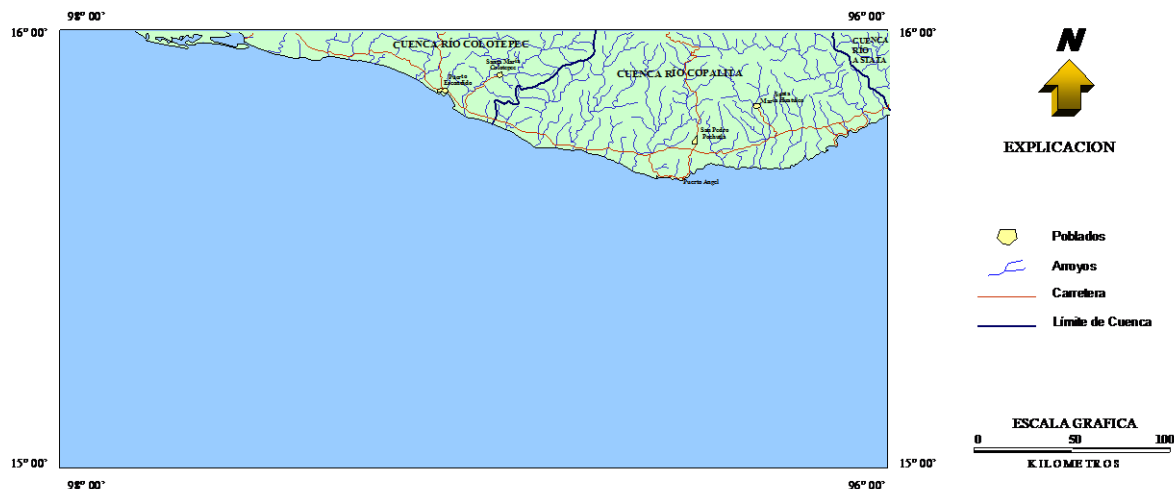


Figura 4.-Plano Hidrográfico

### Terreno Xolapa.

La unidad más antigua de este terreno lo constituye el Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), constituido por gneis cuarzo feldespático, gneis pelítico, anfibolita, migmatita, horizontes de mármol, ortogneis constituidos por cuerpos de composición granítica, tonalítica y diorítica, intercalada con cuerpos de migmatita y anfibolita, así como cuerpos de pegmatita, aplita y diques de diabasa, que afectan a toda la secuencia metamórfica. Se distribuye ampliamente en gran parte de la costa. Las edades del Complejo Xolapa han sido fechadas por diversos métodos que han arrojado edades que abarcan un rango demasiado amplio desde Precámbricas, Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas (De Cserna Z., 1965; Klesse E. 1968; Guerrero J. C. et al, 1978).

Las rocas metamórficas del Complejo Xolapa se encuentran afectadas por cuerpos graníticos y granodioríticos Terciarios. Uno de los contactos mas representativos y sobresalientes, es la Falla Chacalapa, este limite es cortante, donde la falla pone en contacto tectónico las rocas metamórficas del Complejo Xolapa con las rocas del Complejo Oaxaqueño. Los posibles protolitos de la secuencia paragneisica que fueron determinados por estudios petrológicos en la localidad tipo del Complejo Xolapa, se ubican dentro de rocas que fueron originalmente grauvacas intercaladas con rocas pelíticas, antes o durante el metamorfismo fueron intrusionadas por cuerpos igneos de composicion tonalítica y granítica (Alaniz A. S. et al., 1997). Además la presencia de horizontes de mármol (**Pε-Tpa? Ma**) sugieren que las rocas son de origen sedimentario que fueron afectadas por cuerpos igneos y posteriormente fueron metamorfizados en conjunto.

Batolito Río Verde (**To Gd**), varía en composición de tonalita, granodiorita y granito, de estructura masiva, color

gris obscuro que intemperiza a gris claro, amarillo ocre, con textura hipidiomórfica equigranular, aflora al noroeste y en la parte septentrional de la carta. Los fechamientos con el método K-Ar arrojan edades Terciarias, con  $29.9 \pm 1.1$  Ma en hornblenda y  $27.7 \pm 0.7$  en Biotita, otra datación más al centro con  $27.7 \pm 1.0$  Ma en Hornblenda y  $24.4 \pm 0.6$  Ma en Biotita, y otra al oriente con  $23.5 \pm 0.6$  Ma en Biotita (Hernández B. M., 1995). Con base en estas determinaciones geocronológicas, el Batolito Río Verde es de edad Oligocénica. Este cuerpo afecta a las rocas metamórficas del Complejo Xolapa, del Complejo Oaxaqueño y a la Secuencia Piedras Negras.

Tronco de Pochutla (**Tom Gr-Gd**), varía de composición granítica, granodiorítica y diorítica con cambios en la constitución mineral a causa de la cristalización fraccionada, se distribuye en una franja alargada paralela a la costa. Al noroeste de San Pedro Pochutla una granodiorita fue fechada por el método U-Pb en zircon arrojando una edad de  $27 \pm 0.3$  Ma poniendo a este cuerpo en una edad de Oligoceno. Al norte de Puerto Angel, la denominada Falla Pochutla pone en contacto el Tronco de Pochutla con las rocas metamórficas del Complejo Xolapa. Al norte de Santa María Tonameca, el Tronco de Pochutla esta afectando la Secuencia Piedras Negras. Además a este cuerpo granítico le sobreyace discordantemente un extenso depósito de conglomerados y areniscas.

El Tronco de Huatulco (**Tm Gd**), es un granito de biotita, muestra cambios composicionales desde granito hasta granodiorita, se distribuye al oriente de la carta en las inmediaciones de Santa María Huatulco. El Tronco de Huatulco fechado en zircones por U-Pb en  $29 \pm 1.2$  Ma (Herrmann U. R. et al., 1994). También fue fechado por Rb-Sr en granito roca entera 29 Ma y en biotita  $26 \pm 0.5$  Ma y en una biotita de granodiorita con  $25.8 \pm 0.5$  Ma (Solis P.G., 1995 en Schaaf et al., 1995). Tolson por su parte

hace fechamientos en granito por K-Ar, una biotita arrojó 21.6±0.6 Ma, en hornblenda 23.3±1.2 Ma y 17.3±0.8 Ma (Tolson J. G., 1998). Estas edades permiten ubicar este cuerpo en el Mioceno.

ligados por su origen relacionado a la subducción de placas.

Conglomerado Puerto Escondido (**Qpt Cgp**), esta formada por conglomerado polimítico constituido por clástos de

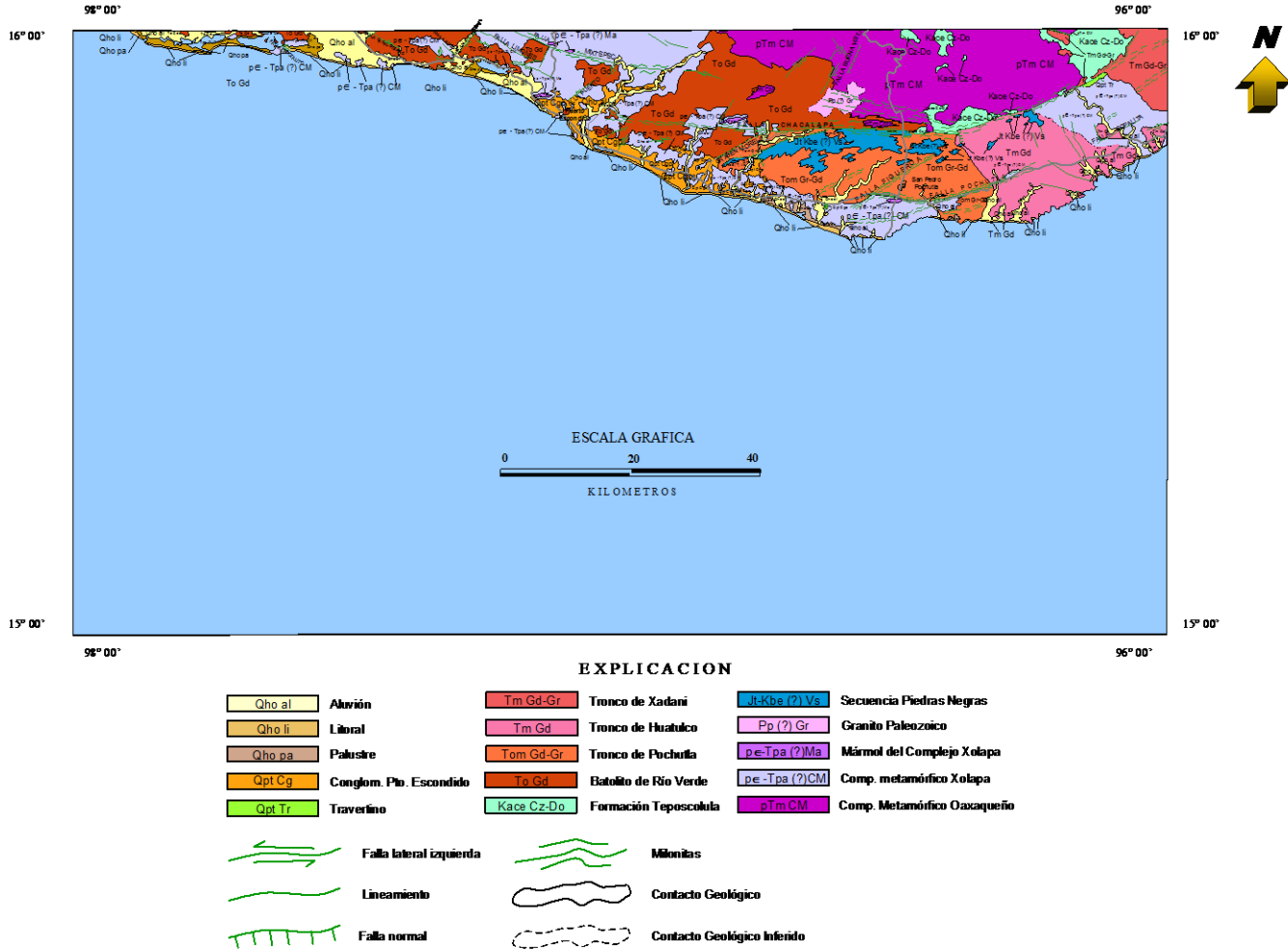


Figura 5.-Plano Geológico

Tronco de Xadani (**Tm Gd-Gr**), cuerpo plutónico constituido por granodioritas de biotita con hornblenda, se distribuye al oriente de la carta en las inmediaciones del poblado Santa María Xadani. Se calculó su edad por el método Rb-Sr en Roca Total arrojando 21.1± 0.2 Ma (Solís P. G., 1995 en Schaaf P. et al., 1995). Esta edad calculada por dicho autor, permite ubicarlo en el Mioceno.

rocas metamórficas e intrusivas y arena poco consolidada, se distribuye aproximadamente en 45 km paralelo a la costa desde Puerto Escondido hasta el poblado El Lagartero. A esta unidad se le asigna una edad del Pleistoceno, y está estrechamente ligada a la neotectónica del área.

Todos los cuerpos ígneos Teciarios que afloran en el área de estudio conocidos como Batolito Río Verde, Tronco de Pochutla, Tronco de Huatulco y Tronco de Xadani forman parte de un cinturón plutónico que aflora desde el Sur de Colima hasta el Istmo de Tehuantepec Oaxaca. Estas rocas forman parte de un arco magmático del sur de México. Se correlacionan uno con otro ya que están íntimamente

Es la única cobertura del Terreno Xolapa en el área de estudio, y se encuentra sobreyaciendo en discordancia erosional a rocas metamórficas y plutónicas del Terreno Xolapa. Su ambiente de depósito se considera de submarea, intermarea y de playa de alta energía.

Travertinos (**Qho Tr**), son depósitos que forman capas delgadas, producto de la disolución del carbonato de calcio de las calizas Teposcolula, de color ocre que intemperiza a

colores pardos, de estratificación delgada entre 2 y 10 cm de espesor. Se consideran de edad Pleistocénica por ser depósitos recientes, están cubriendo a rocas metamórficas del Complejo Xolapa. Así mismo cubren en discordancia a las granodioritas del intrusivo Xadani.

Palustre (**Qho pa**), constituidos por arcilla, limo y pequeños clastos de litos de rocas, de granulometría fina y muy bien clasificada, afloran cerca del límite costero en áreas planas, bajas y extensas asociadas a estuarios y lagunas costeras. Cubren a las rocas metamórficas y plutónicas del Terreno Xolapa. Su ambiente corresponde a depósitos de sedimentos finos por cuerpos de agua como lagunas y ríos.

Litoral (**Qho Li**), están constituidos por granos medios a finos de cuarzo, feldespato, anfíboles y micas, en algunas zonas como en La Playa Ventanilla (cerca de Puerto Angel) es común observar magnetita y otros minerales oscuros y pesados como zircón, anfíbol, biotita, ilmenita y rutilo que realza la playa con tonos oscuros y amarillos. Forman una delgada franja paralela a la costa del pacífico, afloran en todas las playas desde La Laguna de Chacahua al poniente de la carta hasta Barra de Copalita al oriente. Estos depósitos son producto del oleaje de la costa marina y al igual que aluvión y los depósitos palustres son de edad Holocénica.

Aluvión (**Qho al**), constituido por gravas y arenas finas y medias bien clasificadas y redondeadas, de litos de rocas, así como granos minerales como cuarzo feldespato y micas de grano grueso a medio. Presenta espesores variables entre 1 y 4 metros. Se distribuyen ampliamente sobre las costas del margen pacífico, por posición estratigráfica se les considera del Holoceno. Los depósitos de aluvión se encuentran cubriendo las partes mas bajas del Terreno Xolapa.

Independiente de los dos terrenos descritos se encuentra la Secuencia Piedras Negras (**Jt Kbe ? VS**), esta secuencia ya había sido mencionada por Tolson J. G., (1998), como rocas que afloran entre los dos Complejos Xolapa y Oaxaqueño y que son similares a las rocas descritas por Carfantan J. C., (1986), como Arco Chontal, compuesta por una alternancia de rocas vulcanosedimentarias fuertemente milonitizadas, que varían de cuarcitas, meta-arcosas, meta-grauvacas, metadacitas y mármol. Se exponen en una pequeña sierra alargada con 30 km de largo de 3 a 7 km de ancho aproximadamente, en la porción meridional de la carta. Se considera de edad Titoniano al Berrasiano por correlación con el Arco Chontal y con la formación Chapolapa. En la mayor parte de su periferia esta afectada por cuerpos intrusivos de edad Oligoceno-Mioceno.

Desde el punto de vista estructural, en el área se presentan deformaciones de tipo dúctil, dúctil-frágil y frágil. El régimen dúctil se originó por procesos compresivos que dieron lugar a foliación y bandeamiento; el Terreno Oaxaqueño se caracteriza por contener estructuras planares, en particular la presencia de foliación y bandeamiento gneisico penetrativo en escala de centímetros, definida por alternancia de minerales claros y oscuros. Las rocas del Complejo Xolapa se caracterizan por contener estructuras planares en la foliación y bandeamiento gneisico, el cual fue afectado por una deformación tardo migmatítica con zonas miloníticas asociadas (Tolson J. G., 1998). El estilo morfoestructural representa una de las principales características tectónicas regionales sobre impuestas a el Terreno Xolapa y está constituido en gran parte de una serie de megaestructuras de cizalla de mecanismo dúctil-frágil; a sido demostrado que este sistema presenta una cinemática sinextral normal dominante Corona C. P. (1996).

La deformación dúctil-frágil está representada por un cinturón milonítico el cual tiene un espesor variable que va de cientos de metros hasta varios kilómetros de espesor, donde se confunden las rocas de los complejos Oaxaqueño y Xolapa, se denomina falla Chacalapa, y por varias estructuras como la falla Pochutla, Figueroa, Mixtepec, y Limones; para el régimen frágil se definen las fallas Cacalotepec y Zapotalito como representativas de un sistema NW-SE; las fallas Manialtepec, Puerto, y Valdeflores como laterales en un sistema NE-SW a las que se asocia el Graben Morelos.

Con respecto a la presencia de yacimientos minerales en esta carta se conocen dos zonas denominadas zona Pluma Hidalgo, y zona La Esperanza, ubicadas en el Complejo Oaxaqueño, y conteniendo dos yacimientos minerales conocidos como Yacimiento de Titanio de Pluma Hidalgo y Yacimiento de Fierro La Esperanza.



Fotografía 1.-Arroyo Chacalapilla, localidad del muestreo de sedimentos activos de arroyo. Aflora ortogneis, del Complejo Oaxaqueño.



elementos: Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sc, Sr, Tl, U, W, y Zn.

El As, Bi, Sb, Se, Sn y Te, se determinan de la misma solución a través de un generador de hidruros, debido a que éstos producen el hidruro de ese elemento, mejorando considerablemente su límite de detección al ser leídos en el ICP.

Componentes							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cr	0.874	K	0.822	As	0.592	Bi	0.628
Co	0.857	Ba	0.806	Au	0.530	Be	0.623
P	0.847	Al	0.696	Se	0.429	Sn	0.338
Fe	0.812	Zn	0.630	Ni	0.282	Pb	0.231
U	0.781	Mg	0.585	Al	0.233	Fe	0.229
Sc	0.771	Pb	0.563	Cu	0.215	K	0.227
Mn	0.717	Cu	0.557	Sr	0.193	Mn	0.179
Ni	0.706	Sc	0.499	Ca	0.173	Se	0.127
Ca	0.697	Mn	0.442	Zn	0.171	W	0.118
Mg	0.669	Ni	0.420	Mn	0.140	U	0.107
Cu	0.587	Se	0.419	Be	0.140	Zn	0.033
W	0.568	Co	0.358	Cr	0.110	Cr	-0.011
Sr	0.557	As	0.299	Bi	0.105	As	-0.028
Zn	0.552	W	0.166	Sc	0.104	Sc	-0.048
As	0.355	Cr	0.129	U	0.098	Co	-0.053
Ba	0.281	Na	0.123	W	0.087	Ni	-0.055
Au	0.196	Be	0.095	Fe	0.085	Mg	-0.108
Be	0.191	U	0.079	Mg	0.030	Ag	-0.154
Na	0.190	P	0.065	Pb	0.007	Cu	-0.171
Al	0.175	Sr	0.057	Co	-0.065	Ba	-0.189
Se	0.105	Fe	0.037	P	-0.066	Na	-0.213
K	0.065	Ag	0.014	Ba	-0.141	Ca	-0.230
Pb	0.043	Bi	-0.006	K	-0.295	P	-0.255
Bi	-0.016	Ca	-0.016	Ag	-0.380	Au	-0.262
Ag	-0.064	Au	-0.101	Sn	-0.424	Al	-0.322
Sn	-0.413	Sn	-0.115	Na	-0.648	Sr	-0.556

0.5 A 0.6	Asociación
0.6 A 0.7	Buena Asociación
0.7 A MAY.	Excelente Asociación

Tabla No. 2.- Matriz de Componentes rotada

El Au se analiza mediante el método combinado ensaye-copelación-lectura en absorción atómica, el cual permite bajar los límites hasta 1 ppb.

En la **Tabla 1**, se muestra la técnica utilizada por el laboratorio y los límites de detección por elemento.

## V.- INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA

### V.1. ESTUDIO DE ORIENTACIÓN

Para el presente trabajo se realizó éste estudio en el yacimiento de Titanio de Pluma Hidalgo, más la técnica utilizada no detectó adecuadamente la principal mineralización en el área, ya que el valor más alto obtenido de Titanio en las muestras sólo alcanzó 2,800 ppm, y el contenido normal en sedimentos es de 5,000 ppm; también se analizaron las muestras de este estudio por Lantánidos (La, Ce, Nd, Sm, Eu) reportándose valores por abajo del normal en rocas ígneas, no obstante los elementos indicadores de la mineralización se obtuvieron de la evaluación de asociaciones de elementos, considerando la población total del muestreo.

### V.2. AFINIDAD DE ELEMENTOS

La selección de elementos indicadores de la mineralización, se basó en la afinidad de elementos, obteniendo parámetros de la relación o grado de dependencia entre varios tipos de mineralización, concepto de gran utilidad para determinar si los elementos están asociados o si uno de ellos puede utilizarse como guía para buscar a los otros.

En la matriz de componentes rotados, analizada factorialmente (**Tabla No. 2**), se observa la asociación existente entre elementos, la cual se representa por un valor geoquímico, conocido como coeficiente de correlación, que indica si los elementos están asociados en el espacio y si pueden utilizarse como guía para buscar otro, o a los otros; cuando el coeficiente de correlación tiende a +1 indica una excelente asociación entre ellos, cuando tiende a cero significa una completa independencia entre los elementos analizados y cuando tiende a -1 indica una relación inversa.

En la matriz de componentes rotados, el valor de cada celda es el coeficiente de correlación, facilitando el análisis de dependencia de estos elementos donde se observan los componentes (grupos), los cuales indican que estos elementos tienen correlación, definiéndose cuatro componentes.

Los componentes que definen la mineralización son el uno, dos y tres, donde se observa que los elementos afines están sombreados y tienen un factor de correlación igual y mayor que 0.5, de tal manera que en el componente uno, se tomó como elementos principales al Cu, Zn, con sus indicadores Cr, Co, Fe, Ni, y W; en tanto que en el componente dos se ubican el Zn, Pb, y Cu, teniéndose como indicadores ellos mismos; en el componente tres se encuentra asociado el elemento Au, y como indicador el As.

Como se podrá observar el elemento Ag, no resulto afin con ningún elemento en la matriz de componentes rotados, pero no hay que olvidar el incluirlo ya que es uno de los 5 elementos principales (Au, Ag, Pb, Cu, Zn), por los que se analiza la carta.

**Tabla No. 3.-Asociación de elementos de la Población Final.**

Asociación	Oro	Plata	Plomo	Cobre	Zinc
***				Cu / Cr	Zn / Cr
***				Cu / Co	Zn / Co
***				Cu / Fe	Zn / Fe
***				Cu / Ni	Zn / Ni
**			Pb / Zn		Zn / Pb
*	Au / As		Pb / Cu	Cu / Pb	Zn / Pb
*				Cu / W	Zn / W
*				Cu / Zn	Zn / Cu

\*\*\* Elemento con Excelente Asociación.

\*\* Elemento con Buena Asociación.

\* Elemento que presenta Asociación

Una vez obtenida la correlación existente entre los elementos analizados, se determinó la afinidad entre ellos y como consecuencia los elementos indicadores de la mineralización existente en esta carta (**Tabla No. 3**).

Considerando como elementos indicadores de la mineralización a: Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Fe, As, Ni, Co, Cr, W; esto para definir los parámetros de cada uno de ellos (**Tabla No. 4**), que serán considerados en la interpretación de los elementos metálicos.

**Tabla No. 4.-Análisis estadístico de los elementos indicadores de la mineralización.**

Elemento	Valor de Fondo Ppm	Valor Umbral Ppm	Valor Anómalo Ppm
Au	0 - 0.006	0.007 – 0.010	0.011
Ag	0 - 0.968	0.969 – 1.359	1.360
Pb	0 - 7.641	7.642 – 10.566	10.567
Cu	0 - 13.617	13.618 - 19.782	19.783
Zn	0 - 59.527	59.528 - 76.242	76.243
Fe	0 - 2.945	2.946 - 3.651	3.652
As	0 - 2.212	2.213 - 4.625	4.626
Ni	0 - 13.694	13.695 - 21.284	21.285
Co	0 - 11.758	11.759 - 15.150	15.151
Cr	0 - 53.028	53.029 - 75.833	75.834
W	0 - 8.259	8.260 - 10.573	10.574

### V.3. INTERPRETACIÓN DE LOS ELEMENTOS LITOLÓGICOS

En la matriz de componentes rotada se observa que los componentes uno, dos y cuatro, contienen elementos que son afines con unidades litológicas; en el componente uno se observan Ca, Sr, y P, en el dos se asocian K, Ba, Al, y Mg, y en el componente cuatro; Bi .

La distribución monoelementaria de estos elementos químicos permite definir las unidades litológicas principales. Es de mencionar la presencia de dos unidades metamórficas conocidas como Complejo Oaxaqueño y Complejo Xolapa, también una unidad calcárea que cubre al complejo Oaxaqueño, así como cuerpos intrusivos de composición granítica-granodiorítica que afectan a rocas del complejo Xolapa, conocidos como Tronco de Huatulco y Tronco de Pochutla. De acuerdo a lo anterior la manifestación de los elementos litófilos en el presente análisis muestra una íntima relación con las unidades de roca citadas.

**Calcio:** Presenta muy buena afinidad con rocas calcáreas de la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), observándose por la distribución de zonas de valores altos, ésta unidad aflora en la porción noreste de la carta.

**Estroncio:** Este elemento resulta ser un buen indicador de las rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), que aflora en la porción norte y noreste de la carta, observándose su distribución por medio de zonas de valores anómalos altos, definiendo con claridad el dominio litológico de esta unidad. La anomalía de este elemento presenta una buena respuesta a los lineamientos regionales de la carta, tal como se observa con las estructuras principales representados por las fallas Chacalapa, Figueroa, y Pochutla. (**Figura 7**).

**Fosforo:** La anomalía que presenta este elemento tiene una mayor definición en las rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), ubicándose en la porción norte y noreste de la carta, observándose con claridad la traza de la falla Chacalapa.

**Potasio:** Su distribución delimita la presencia de varias unidades litológicas como: las rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), localizada en la porción noreste, definida por dos zonas anómalas encontradas en esta misma región; también define rocas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), ubicadas en la porción sur a lo largo de la costa, y en el extremo noroeste, así mismo es un buen indicador del cuerpo intrusivo conocido como Tronco de Huatulco (**Tm Gd**), localizado en el extremo sureste, donde se indica por medio de dos zonas de anomalía intensa.

**Bario:** Este elemento nos define litológicamente a dos unidades, la primera correspondiente con rocas

metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), ubicada en la porción noreste de la carta, y definida por dos anomalías; la segunda asociada con rocas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), localizada en la porción sur.

observándose su distribución por medio de las zonas de valores anómalos altos, definiendo con claridad el dominio litológico de esta unidad. Esta anomalía también se encuentra asociada con un cuerpo intrusivo conocido como Tronco de Huatulco (**Tm Gd**), localizado en el extremo este, donde se indica por una zona de anomalía intensa.

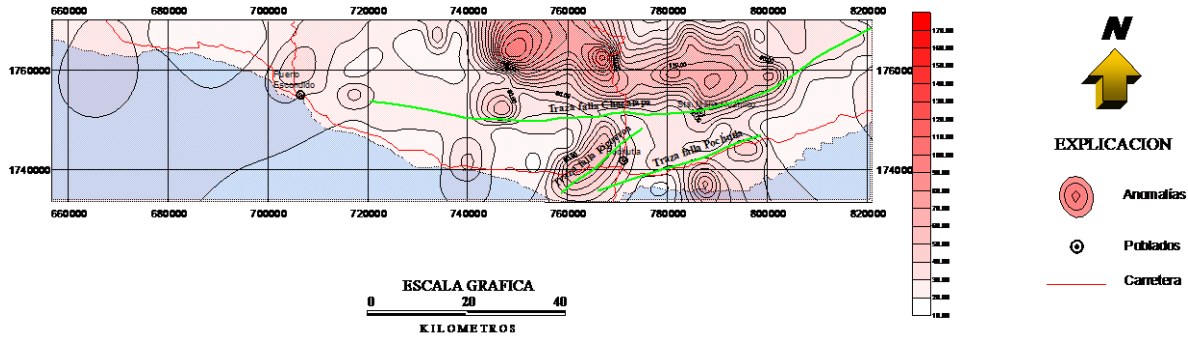


Figura 7.-Plano de distribución de Estroncio

**Aluminio:** Los valores anómalos de mayor valor de este elemento nos definen rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), ubicadas en la porción norte de la carta, asociadas a dos zonas anómalas extensas que nos definen claramente el afloramiento, así como la estructura principal de la carta denominada falla Chacalapa.

#### V.4. INTERPRETACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS.

De acuerdo a la selección y asociación de los elementos indicadores, que están en función de las combinaciones efectuadas en el tratamiento estadístico de la población total del muestreo de sedimentos de arroyo, la interpretación obtenida indica que las anomalías geoquímicas representan el valor de la población final considerándola como indicadora de la mineralización.

**Magnesio:** Presenta muy buena afinidad con rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), como se puede observar en la zona anómala que coincide con esta litología en la porción norte de la carta; también se observa asociación de este elemento con rocas calcáreas de la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), observándose por la distribución de zonas de valores más altos, ésta unidad se localiza en la porción noreste de la carta, este elemento da cierto contraste que hace notar las estructuras principales como las fallas Chacalapa, Figueroa, y Pochutla. (Figura 8).

Aplicando el análisis por interpretación factorial de elementos químicos, y las afinidades obtenidas (**Anomalías, Figuras 10, 12 y 14**) se determinaron zonas de distribución de interés geoquímico, constituidos por la presencia de elementos principales de mineralización económica (**zonas prospectivas; Figuras 11, 13 y 15**).

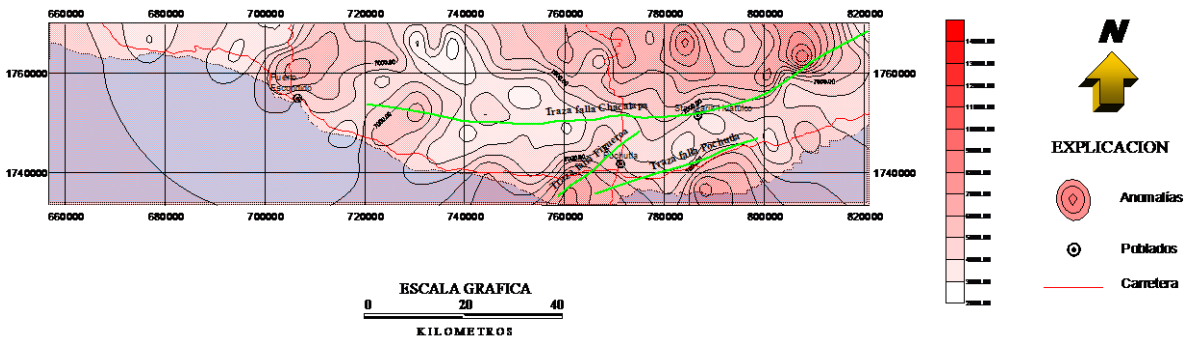


Figura 8.-Plano de distribución de Magnesio

**Bismuto:** Este elemento resulta ser un buen indicador de las rocas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), que aflora en la porción noreste, sur y noroeste de la carta,

La combinación de la información geoquímica obtenida del presente estudio, asociada con las zonas geológico-minera de interés recomendadas en los trabajos de

cartografía efectuados por el COREMI, son susceptibles sugerir como áreas atractivas para efectuar trabajos a detalle y prospección de la carta, a continuación se hará una descripción de las características más relevantes de cada una de ellas.

**Distribución del elemento Plata (Ag):** La distribución de zonas anómalas de este elemento son obtenidas por el análisis de los valores más altos, encontrándose localizadas en la porción sur de la carta (**Figura 9**), geológicamente relacionada con rocas metamórficas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), cubiertas por conglomerados polimícticos de la Unidad Puerto Escondido (**Qpt Cgp**). No se encuentran estructuras geológicas cercanas, más al norte de ésta anomalía se ubica una estructura conocida como el graben Morelos, no se observa relación alguna con yacimientos minerales conocidos.

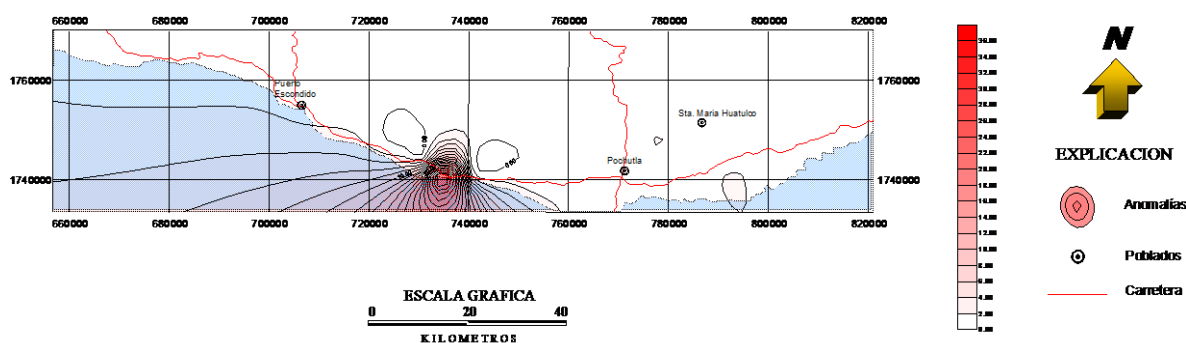


Figura 9.-Plano de distribución de Plata

**Distribución del factor No. 1 (Cu, Zn, Fe, Cr, Co, Ni, W):** Se localizan dos zonas anómalas de estos elementos, correspondientes con valores altos del factor, en la porción noroeste de la carta (**Figuras 10, y 11**), geológicamente relacionada con rocas metamórficas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), y afectadas por el cuerpo intrusivo conocido como Batolito Río Verde (**To Gd**), se encuentran relacionadas con las fallas Mixtepec, Limones y Puerto, así como con la traza en su porción oeste del cinturón milonítico generado por la falla Chacalapa, no se observa relación alguna con yacimientos minerales conocidos.

Otra zona de anomalía intensa ampliamente distribuida se localiza en la porción norte (**Figuras 10, y 11**), ésta se encuentra relacionada con rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), y con rocas calcáreas de la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), afectadas por el cuerpo intrusivo conocido como Batolito Río Verde (**To Gd**); estructuralmente se relaciona esta anomalía con la falla Buenavista, y con la traza de la falla Chacalapa. Al sureste de esta zona se localizan los yacimientos minerales de Titanio de Pluma Hidalgo, y El Apanguito, y el yacimiento de Fierro de la Esperanza.

En la porción sur y en el extremo este de la carta (**Figuras 10, y 11**), se localizan tres zonas de valores anómalos altos relacionadas con rocas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), afectadas por los cuerpos intrusivos conocidos como Tronco de Pochutla (**Tom Gr-Gd**) y Tronco de Huatulco (**Tm Gd**) respectivamente, relacionados con las fallas Figueroa, Pochutla, y Chacalapa. No se relacionan con yacimientos minerales conocidos.

**Distribución del factor No. 2 (Zn, Pb, Cu):** Esta anomalía corresponde con valores altos del factor, y se localiza en la porción norte-noroeste de la carta (**Figuras 12, y 13**), geológicamente se relaciona con rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), cerca del contacto con rocas calcáreas de la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), estructuralmente se localiza al norte de la traza del cinturón milonítico de la falla Chacalapa; al sur-suroeste de esta zona se localizan

los yacimientos minerales de Titanio de Pluma Hidalgo, y El Apanguito, así como el yacimiento de Fierro de la Esperanza.

**Distribución del factor No. 3 (Au, As):** Los valores más altos de esta anomalía se localizan en la porción norte-noroeste de la carta (**Figuras 14, y 15**), geológicamente se relaciona con rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), cerca del contacto con rocas calcáreas de la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), al este de esta anomalía estas rocas están afectadas por un cuerpo intrusivo conocido como Tronco de Pochutla (**Tom Gr-Gd**), estructuralmente se localiza bordeando la traza del cinturón milonítico de la falla Chacalapa; al suroeste de esta zona se localizan los yacimientos minerales de Titanio de Pluma Hidalgo, y El Apanguito, así como el yacimiento de Fierro de la Esperanza.

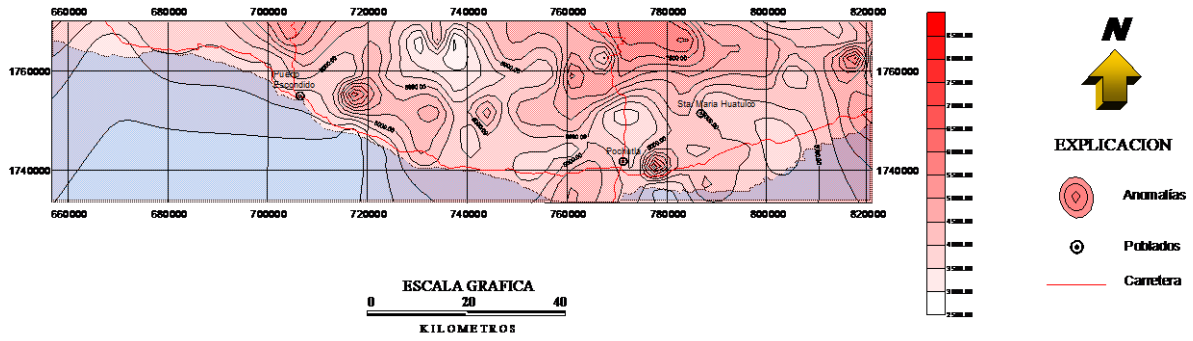


Figura 10.-Plano de distribución del Factor 1 (Cu,Zn,Fe,Cr,Co,Ni,W)

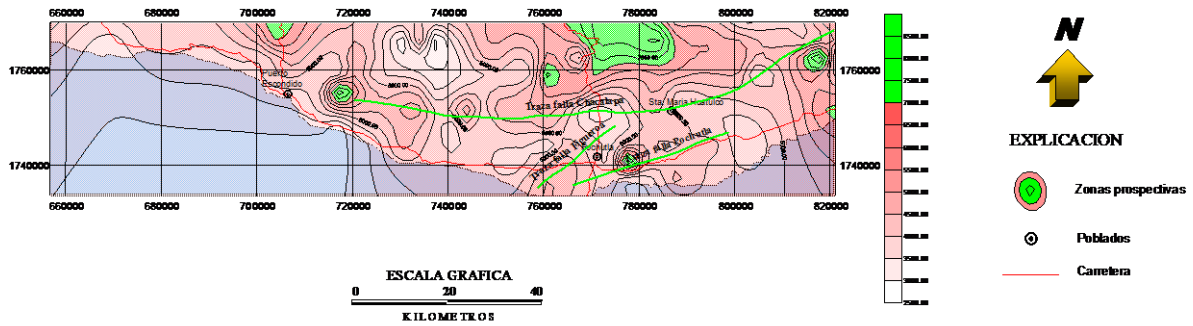


Figura 11.-Plano de zonas prospectivas del Factor 1 (Cu,Zn,Fe)

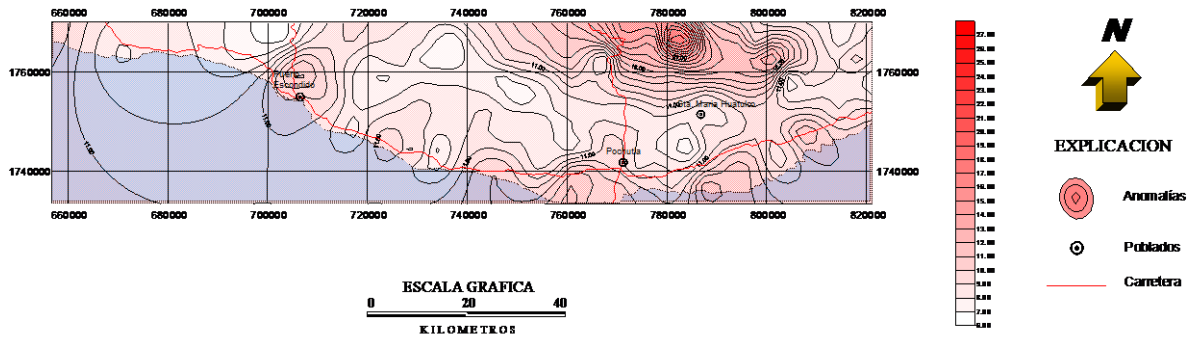


Figura 12.-Plano de distribución del Factor 2 (Zn,Pb,Cu)

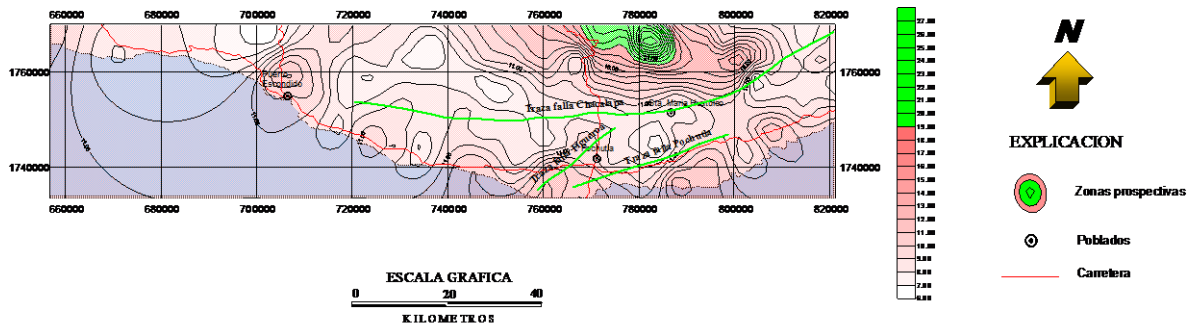


Figura 13.-Plano de zonas prospectivas del Factor 2 (Pb,Cu,Zn)

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VI.1. CONCLUSIONES

El muestreo programado para la carta Puerto Escondido se cumplió en su totalidad, colectando 131 muestras de sedimento activo de arroyo sobre una superficie de 3,961 km<sup>2</sup> lo que arroja una densidad de 30.24 km<sup>2</sup> por unidad.

finalidad de determinar los parámetros estadísticos de la mineralización calculados en porcentajes poblacionales.

Mediante el análisis monoelemental se pudo observar que los elementos Ca, Sr, P, K, Ba, Al, Mg, y Bi definen con claridad las unidades litológicas, delineando los contrastes de rocas del Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**) y rocas del Complejo Xolapa (**Pε-Tpa? CM**), también de la formación calcárea Teposcolula (**Kace Cz-Do**) que cubre

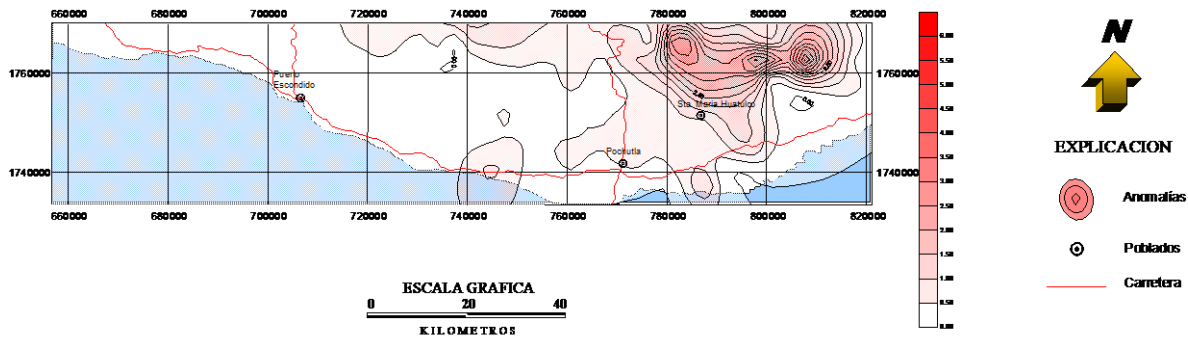


Figura 14.-Plano de distribución del Factor 3 (Au,As)

Se realizó estudio de orientación en el yacimiento de Titanio de Pluma Hidalgo, más la técnica utilizada no detectó adecuadamente la principal mineralización en el área, ya que el valor más alto obtenido de Titanio en las muestras solamente alcanzó 2,800 ppm, y el contenido normal en sedimentos es de 5,000 ppm; también se analizaron las muestras de este estudio por Lantánidos (La, Ce, Nd, Sm, Eu) reportándose valores por debajo de lo normal en rocas ígneas, sin embargo se evaluarán asociaciones de elementos considerando la población total del muestreo, de donde se obtuvo la matriz de componentes rotados y se definieron como elementos afines de la carta a: Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Fe, As, Ni, Co, Cr, W.

al Complejo Oaxaqueño, así como cuerpos intrusivos de composición granítica-granodiorítica que afectan a rocas del Complejo Xolapa, conocidos como Tronco de Huatulco (**Tm Gd**) y Tronco de Pochutla (**Tom Gr-Gd**), que afloran extensamente en la superficie de la carta. Considerando a la vez que el análisis de los elementos litófilos Sr y Mg resaltan los rasgos de las principales estructuras de la carta.

El análisis realizado por medio de planos de distribución, resultó en determinar varias zonas de anomalía más intensa que no están relacionadas con las principales zonas de importancia minera de la carta, como son la de Pluma Hidalgo y La Esperanza explotadas por Titanio y hierro

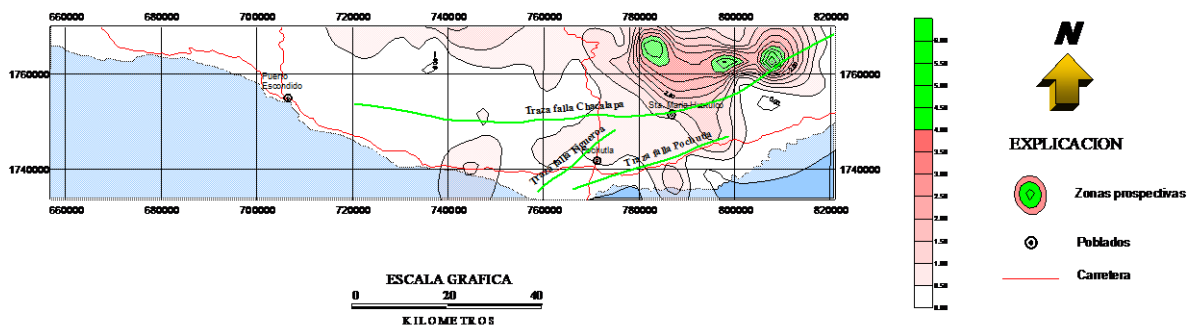


Figura 15.-Plano de zonas prospectivas del Factor 3 (Au)

Se realizó el tratamiento estadístico de los elementos antes descritos, obteniendo los parámetros de media, desviación estándar, y el valor anómalo para cada uno de ellos. En el mismo contexto se efectuó el cálculo de percentiles con la

respectivamente, cuya génesis es ortomagmática y metasomática, en cambio resultarán estar relacionadas a yacimiento polimetálicos de origen hidrotermal; como evidencia de esto se menciona que durante el desarrollo de

los trabajos de la carta se detectaron algunos cuerpos piritizados muy alterados dentro del Complejo Oaxaqueño, los cuales se muestrearon sin arrojar valores interesantes por lo que no se les incluyó en los planos de yacimientos minerales, otra evidencia es que durante las campañas de barrenación de Kenecott en la exploración del yacimiento de Pluma Hidalgo, se encontraron manifestaciones de hidrotermalismo, como piritización y alteración potásica asociadas a una intrusión Monzodiorítica, por tal motivo son recomendables como áreas prospectivas.

## **VI.2. RECOMENDACIONES**

La unidades definidas como Complejo Oaxaqueño (**pTm CM**), y su cubierta calcárea conocida como la formación Teposcolula (**Kace Cz-Do**), a su vez afectadas por intrusivos de composición granítico-granodiorítica, resultaron ser sitios favorables para la prospección de Au, Pb, Cu, y Zn, debido a que en estas rocas se manifiestan las más interesantes anomalías geoquímicas de la carta Puerto Escondido.

Asi mismo en las rocas metamórficas del Complejo Xolapa (**P€-Tpa? CM**), afectadas por intrusivos Terciarios, también resultarán ser favorables para la prospección de Cu, Zn, y Fe, ya en ellas se localizan zonas de anomalías geoquímicas aisladas, por lo que se recomienda considerarlas para futuros trabajos prospectivos para definir si las zonas carecen de interés.

## **ANEXOS**

**(FICHAS GEOQUÍMICAS Y RESULTADOS DE  
LABORATORIO**