

UNITED STATES  
 DEPARTMENT OF COMMERCE  
 INTERNATIONAL TRADE ADMINISTRATION  
 OFFICE OF FOREIGN TRADE MATTERS  
 WASHINGTON, D. C. 20540  
 (FORM NO. 30)

EXHIBIT

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 INTERNATIONAL TRADE AGENCY OF JAPAN

615  
 66.1  
 MPN

EX-100  
 100  
 100

INFORME  
DE  
LA EXPLORACION COOPERATIVA DE MINERAL  
EN  
REGION TEJUPILCO  
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

(SUMARIO)

21653



MARZO 1994

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

国際協力事業団

26653

## PREFACIO

De acuerdo con la solicitud del gobierno de los Estados Unidos Mexicanos el gobierno del Japón decidió a realizar la exploración mineral en la región de Tejupilco, situada en el centro de México y la encargó a Japan International Cooperation Agency (JICA) y Metal Mining Agency of Japan (MMAJ).

La JICA y MMAJ enviaron a los Estados Unidos Mexicanos una misión encabezada por Kazuyoshi Masubuchi desde el año 1991 hasta el 1993 durante tres años.

La misión hicieron intercambio de opiniones con los oficiales concernientes del gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y realizó los estudios en la región de Tejupilco. Después retornar al Japón hizo más estudios por lo cual se ha preparado el siguiente informe.

Esperamos que éste informe sea útil para el desarrollo del proyecto y contribuya a la activación de relaciones amistosas entre nuestros dos países.

Quisiéramos expresar nuestro profundo agradecimiento a las organizaciones concernientes de los Estados Unidos Mexicanos por su estrecha cooperación prestada a la misión.

febrero de 1994



Kensuke Yanagiya

Presidente

Japan International Cooperation Agency



Takashi Ishikawa

Presidente

Metal Mining Agency of Japan



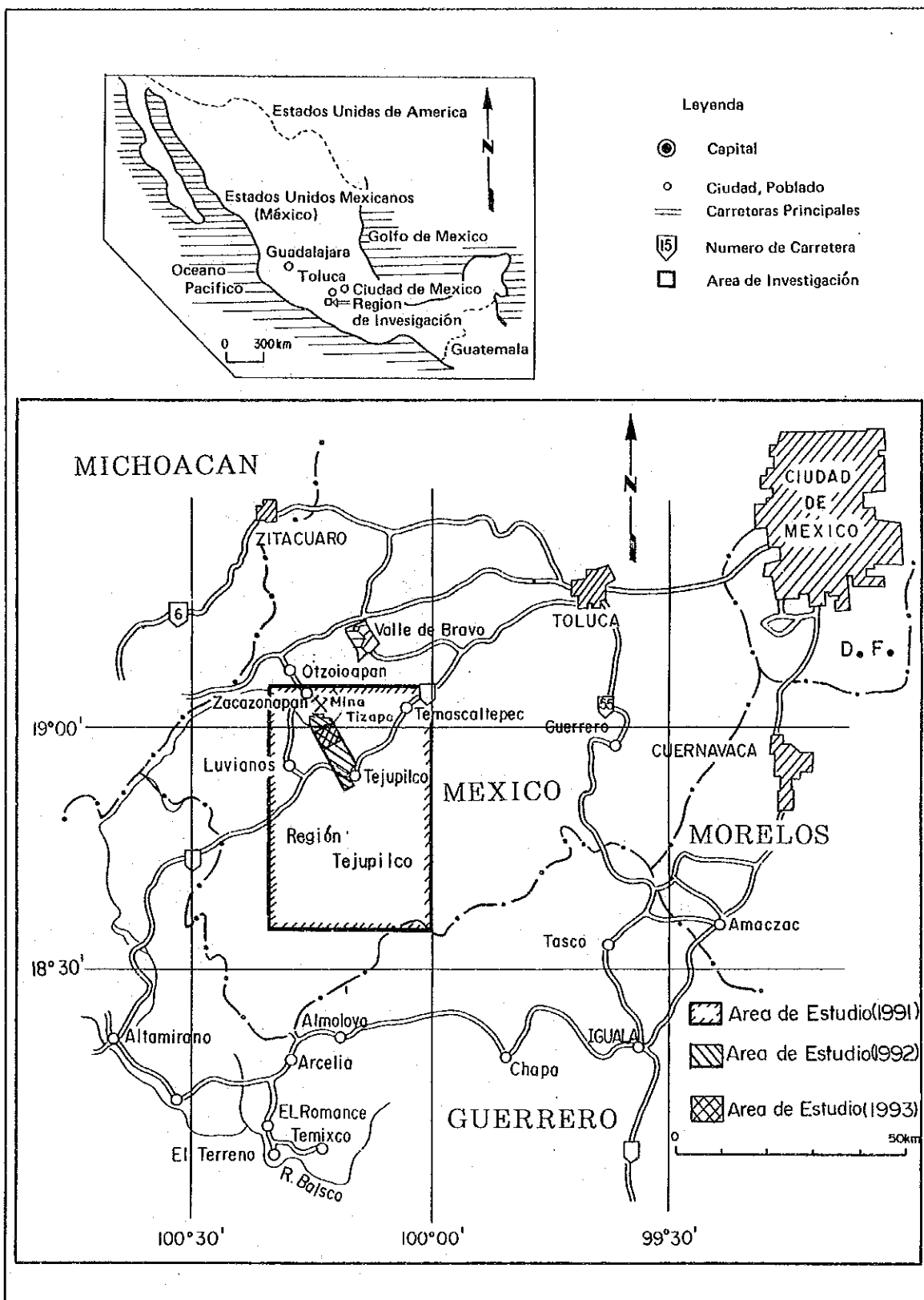


Fig. I-1-1 MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA TEJUPILCO



## RESUMEN

El presente estudio tiene por objeto descubrir yacimientos nuevos mediante la realización del Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos y la clasificación de las condiciones geológicas y las condiciones de distribución de los yacimientos en la zona de Tejupilco de los Estados Unidos Mexicanos.

La exploración del proyecto se planificó para realizarse en un período de tres años, de 1991 a 1993.

El presente estudio se realizaron los estudios de análisis de los datos existente, análisis de imágenes de satélite, estudios geológicos, exploraciones geofísicas y estudios de perforación.

En la zona del proyecto existen yacimientos de sulfuros masivos y vetas, por lo que considerando los aspectos económicos y el volumen del yacimiento se efectuó primero la exploración del yacimiento tipo de sulfuro masivo.

Según los resultados de los estudios, los principales yacimientos que se distribuyen en la zona son yacimientos de sulfuros masivos y yacimientos vetas y pudieron aclararse los niveles de los yacimientos de sulfuro masivo. Es decir, el yacimiento Tizapa y el yacimiento Santa Rosa están al mismo nivel y en el sentido amplio de la palabra, el nivel de existencia de los yacimientos de sulfuro masivo de esta zona es única. En el estrato superior del nivel del yacimiento existe el Grupo Calcáreo y pizarra calcárea y en el estrato inferior se reconocen los esquistos verdes y esquisto pelítico del Esquisto Taxco. Asimismo, en la zona donde se distribuyen los yacimientos se distribuyen ampliamente los esquistos ácidos y esquistos verdes dentro del Esquisto Taxco e indica que en las proximidades del yacimiento han existido actividades ígneas.

Debido a que se estima que los yacimientos de sulfuros masivos están relacionados con las actividades volcánicas que han producido la roca clástica de origen volcánico, la zona de rumbo NW-SE del yacimiento Tizapa ~ yacimiento Santa Rosa ~ Tejupilco puede determinarse como zona de alto potencial de existencia de yacimientos.

En estos estudios de exploración se observó la estructura geológica y en todos los barrenos se confirmó una zona de diseminación



y la existencia de un poco de pirita y pirrotita, así como muy poca calcopirita y esfalerita.

Por una parte, la mayoría de los yacimientos son vetas de cuarzo con contenido de Ag-Pb-Zn y según los resultados del estudio geológico pudo aclararse que el rumbo predominante de las vetas es NW-SE. En esta zona, además de existir el filón de gran magnitud que llega a 10 ~ 20 m x 1 km del yacimiento El Malacate, parte de las vetas están cubiertos por estratos superiores del Grupo Cuaternario. Además, dentro de la galería del yacimiento Santa Rosalia existen minerales de altas leyes con 5.12 g/t de Au y 7,824 g/t de Ag y en el yacimiento Belém se descubrió el afloramiento de altas leyes con 9.88 g/t de Au y 7,118 g/t de Ag.

Si se hacen más exploraciones con barrenación existe la posibilidad de encontrar un yacimiento de sulfuro masivo, pero la zona de mineralización es dispersa y amplia, por esta razón se considera que la posibilidad de encontrar un depósito mineral que tenga un volumen y calidad como el yacimiento Tizapa es poco probable.

En relación a los yacimientos de vetas, puede fijarse el orden de prioridad de las actividades exploratorias en los alrededores del yacimiento Belém ~ Naranjo, alrededores del yacimiento Santa Rosalia y los alrededores del yacimiento El Malacate. Con respecto a estas zonas, sería deseable que se determine el alcance y la continuidad de la mineralización mediante estudios del suelo y estudios geoquímicos de la roca y se determine la continuidad hasta la parte profunda del substrato de la banda mineralizada mediante estudios de sondaje en la parte de la prolongación de la banda mineralizada y la prolongación inferior.

INDICE

PREFACIO

MAPA DE AREA DE INVESTIGACION

RESUMEN

**PARTE I GENERALIDADES**

CAPITULO 1	INTRODUCCION	1
1-1	Área y Objetivo de los Estudios	1
1-1-1	Área de los Estudios	1
1-1-2	Objetivo de los Estudios	1
1-2	Método y Cantidad de Investigación	1
1-3	Período y Personal de Investigación	5
CAPITULO 2	INVESTIGACIONES ANTERIORES	5
CAPITULO 3	GEOLOGIA GENERAL(ALREDEDORES DEL AREA DE ESTUDIO)	5
3-1	Geología	5
3-2	Yacimientos	8
CAPITULO 4	RESEÑA DEL AREA DE INVESTIGACION	10
4-1	Localización y Accero	10
4-2	Medio Ambiente de la Investigación	11
4-2-1	Topografía e Hidrografía	11
4-2-2	Clima y Vegetación	12
CAPITULO 5	CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES	13
5-1	Conclusiones	13
5-2	Proposiciones para el Futuro	14

**PARTE II DESCRIPCION DETALLADA**

CAPITULO 1	ANALISIS DE LOS DATOS EXISTENTES	17
1-1	Método de Análisis	17
1-2	Resultado de Análisis	17
CAPITULO 2	ANALISIS DE LAS IMAGENES POR VIA SATELITE	20
2-1	Método de Análisis	20
2-2	Resultado de Análisis	25
CAPITULO 3	ESTUDIO GEOLOGICO	27
3-1	Descripción General de la Geología	27
3-2	Estratigrafía	28
3-3	Estructura Geológica	46
3-4	Mineralización	46
3-5	Exploración Geoquímica	65

3-5-1	Investigaciones Realizadas	65
3-5-2	Resaltados de Investigación	65
3-6	Consideraciones	67
CAPITULO 4	EXPLORACION GEOFISICA	70
4-1	Exploración de Gravedad	70
4-1-1	Método de Investigación	70
4-1-2	Resultados de Investigación y Consideraciones	71
4-2	Exploración Eléctrica (Método P.I.)	72
4-2-1	Método de Investigación	72
4-2-2	Resultados de Investigación y Consideraciones	73
CAPITULO 5	INVESTIGACIONES POR PERFORACION	74
5-1	Método de Investigación	74
5-2	Resultados de Investigación y Consideraciones	74
 <b>PARTE III CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES</b>		
CAPITULO 1	CONCLUSIONES	81
CAPITULO 2	PROPOSICIONES PARA EL FUTURO	83
 <b>BIBLIOGRAFIA</b>		85
<b>APENDICE</b>		

## LISTA DE FIGURAS

Fig. I-1-1	MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA TEJUPILCO	
Fig. I-1-2	FLUJOGRAMA DE INVESTIGACION DE LA REGION TEJUPILCO	2
Fig. I-1-3	FLUJOGRAMA DE SELECCION DE ZONA PROMETEDORA	3
Fig. I-3-1	MAPA DE ZONA DE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA	7
Fig.II-2-1	IMAGEN TM EN COLORES FALSOS	21
Fig.II-2-2	IMAGEN TM EN ANALISIS DE COMPONENTES	23
Fig.II-3-1	MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DE LA REGION TEJUPILCO	29
Fig.II-3-2	COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA	31

## LISTA DE TABLAS

Tab. I-1-1	METODO DE INVESTIGACION EN CADA FASE Y SUMARIO DE INVESTIGACION	4
Tab. I-1-2	PERIODO DE INVESTIGACION EN CADA FASE Y SUMARIO DE PERSONAL DE INVESTIGACION	6
Tab.II-3-1	COMPARACION ESTRATIGRAFICA-GEOLOGICA DEL AREA	32
Tab.II-3-2	LISTA DE ANALISIS QUIMICOS DE LOS MINERALES	47

## PLANO APARTE

GEOLOGIA Y DEPOSITOS MINERALES EN LA REGION DE TEJUPILCO, ESTADOS  
UNIDOS MEXICANOS



**PARTE I**

**GENERALIDADES**



## **PARTE I GENERALIDADES**

### **CAPITULO 1 INTRODUCCION**

#### **1-1 Area y Objetivo de los Estudios**

##### **1-1-1 Area de los Estudios**

La Región Tejupilco está dentro del área limitada por los siguientes 4 puntos (Fig. I-1-1 y Plano aparte).

Límite noroeste × Latitud norte 19°05'18", longitud oeste 100°20'00"

Límite noreste × Latitud norte 19°05'18", longitud oeste 100°00'00"

Límite suroeste × Latitud norte 18°35'00", longitud oeste 100°20'00"

Límite sureste × Latitud norte 18°35'00", longitud oeste 100°00'00"

##### **1-1-2 Objetivo de los Estudios**

La Región Tejupilco se ubica casi en el centro de los Estados Unidos Mexicanos como se indica en el mapa de localización del área de estudio, existen altas posibilidades de distribución de yacimientos de sulfuros masivos y es una zona donde se estaban promoviendo activamente las tareas de exploración por el Consejo de Recursos Minerales (en adelante denominado CRM). Especialmente en la zona de Tizapa que está dentro del área citada, se han detectado yacimientos de sulfuro estratificado de alto valor económico (La Exploración Cooperativa de Mineral en Región Arcelia, 1987 ~ 1991). En consecuencia, el Gobierno de México solicitó al Gobierno del Japón la realización del Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos de la citada zona. En respuesta a este pedido, el Gobierno del Japón llevó a cabo el estudio con el objeto de determinar las condiciones de distribución de los yacimientos mediante la aclaración de las condiciones geológicas de esta zona.

##### **1-2 Método y Cantidad de Investigación**

El presente estudio se realizó según el "Flujograma del estudio de la Región de Tejupilco" y el "Flujograma de Selección de zona prometedora de Yacimiento". En el Tab. I-1-1 se detallan los métodos de estudio y cantidad de estudio de las respectivas fases y en el plano de ubicación de la región de estudio se indican los lugares de ejecución.



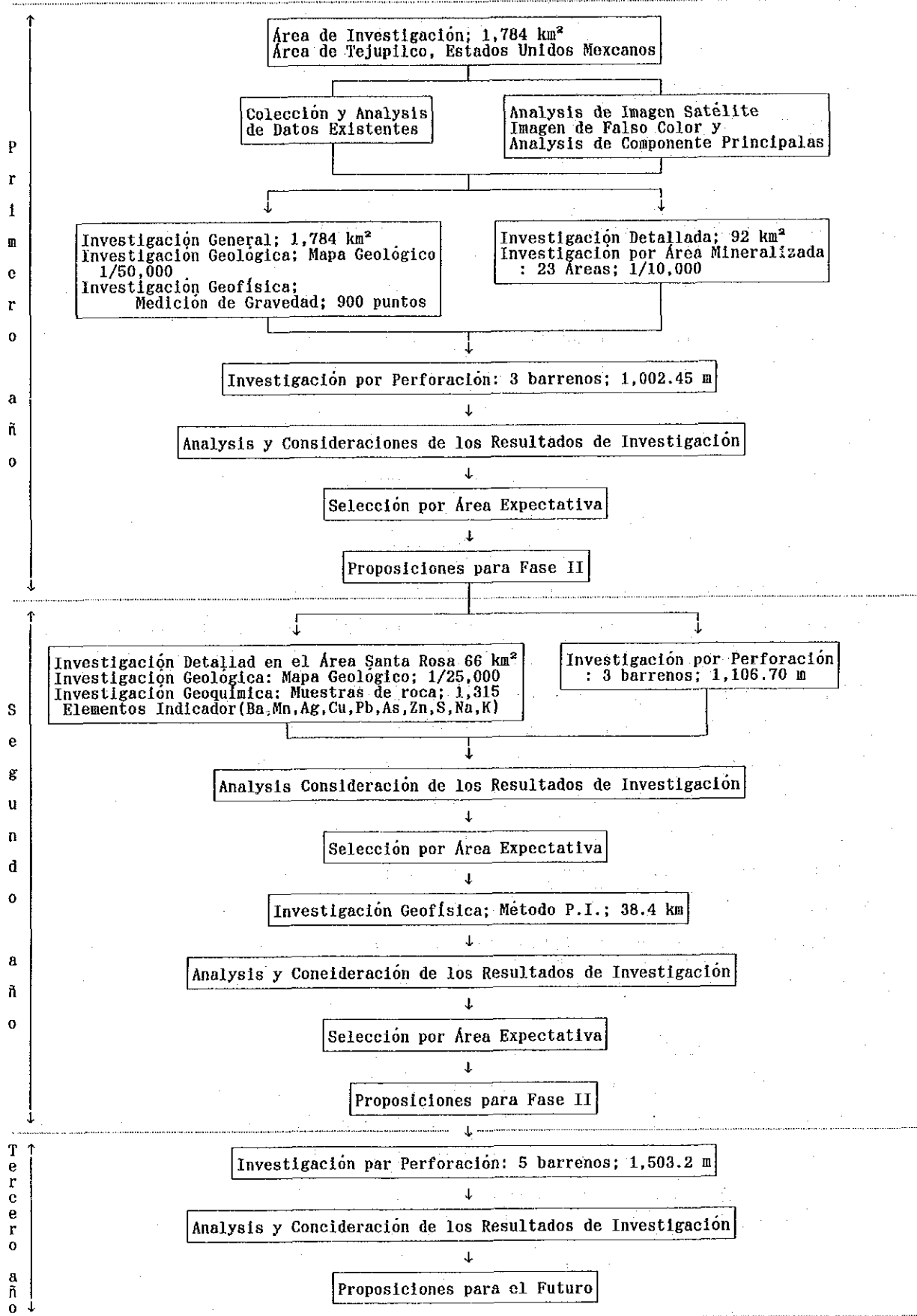


Fig. I-1-2 FLUJOGRAMA DE INVESTIGACION DE LA REGION TEJUPILCO

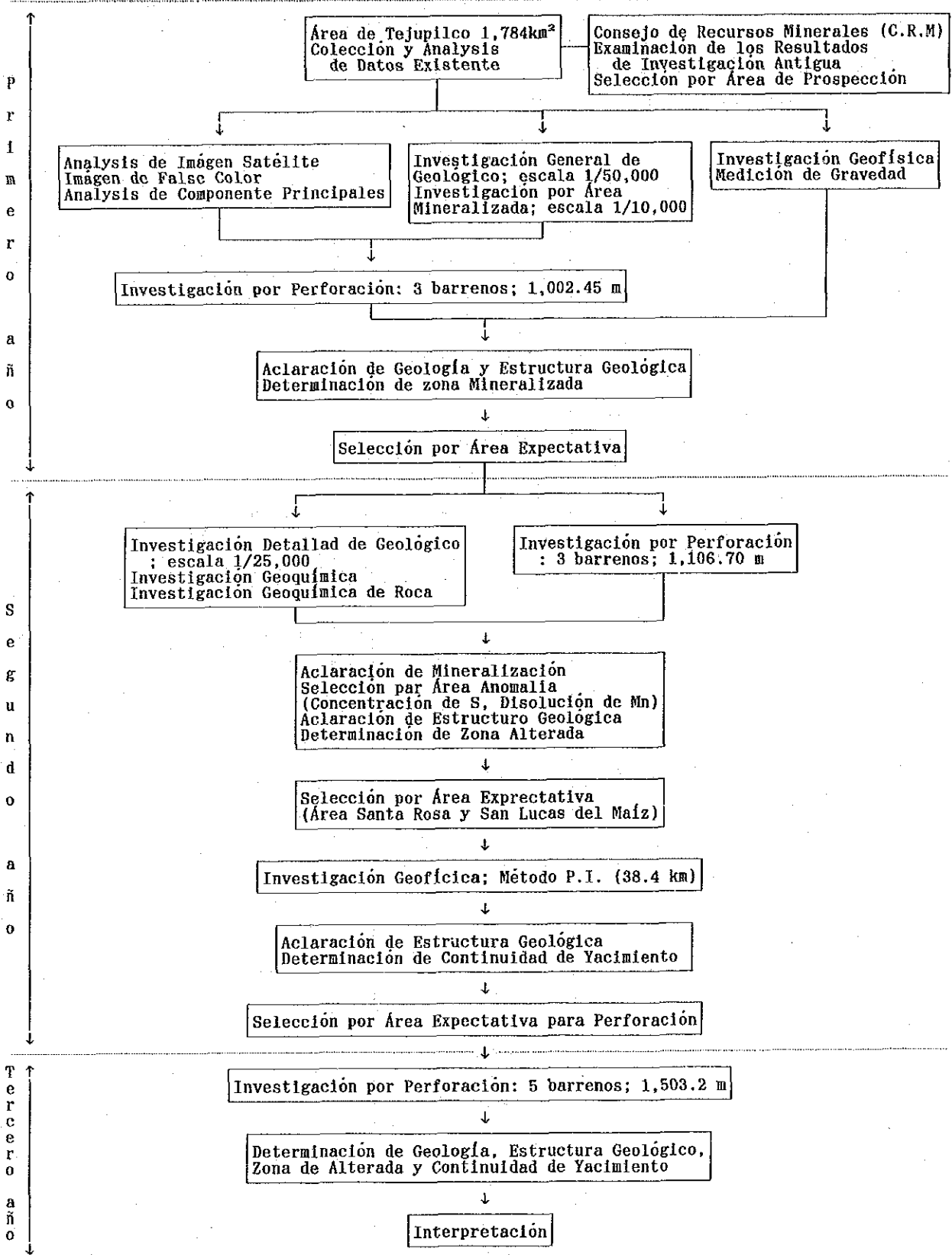


Fig. I-1-3 FLUJOGRAMA DE SELECCION DE ZONA PROMETEDORA

Tab. I-1-1 METODO DE INVESTIGACION EN CADA FASE Y SUMARIO DE INVESTIGACION

INVESTIGACION \ PERIODO		FASE I	FASE II	FASE III
ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE SUPERFICIE DE ESTUDIO • IMAGENES DE FALSO COLOR (TODAS LAS ESCENAS) • IMAGENES DE FALSO COLOR (AREA DE ESTUDIO)) • ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES		1,784 km <sup>2</sup> 1 CLASE 1 CLASE 1 CLASE		
ESTUDIOS GEOLOGICOS • SUPERFICIE DE ESTUDIO • DISTANCIA DE EXPLORACION • ESTUDIOS DE INDICIOS DE MINERALIZACION		1,784 km <sup>2</sup> 400 km 23 LUGARES (92 km <sup>2</sup> )	66 km <sup>2</sup> 200 km	
EXPLORACION GEOFISICA	EXPLORACION DE GRAVIDAD • AREA DE ESTUDIO • PUNTOS DE MEDICION	1,784 km <sup>2</sup> 900 PUNTOS		
	EXPLORACION DE ELECTRICA • LONGTUD TOTAL DE LINEAS • NUMEROS DE LINEAS • NUMEROS DE MEDICION		38.4 km 1.6 km×24 LINEAS 1,200	
SECCION DELGADA SECCION PULIDA ANALISIS • MENA(Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe) • ROCAS(SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI) • ROCAS(Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K) RAYOS-X DATAION (Pb-Pb) MENCION DE DENSIDAD		105 56 104 27 79	16 15 16 1,315 343 3	
PERFORACION • CANTIDAD • PERFORACIONES TOTAL SECCION DELGADA SECCION PULIDA ANALISIS • MENA(Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Fe) • ROCAS(Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K) RAYOS-X RESISTIVIDAD Y CARGABILIDAD		3 1,002.45 m 23 22 33 19	3 1,106.70 m 18 17 34 86 22 36	5 1,503.20 m 22 23 64 112 22 43

### 1-3 Período y Personal de Investigación

El período de estudio y personal de estudio de las respectivas fases del presente estudio se detallan en la Tab.I-1-2.

## CAPITULO 2 INVESTIGACIONES ANTERIORES

CRM realizó en 1977 el análisis de las imágenes de satélite sobre la formación de los yacimientos del "Eje Neovolcánico Transmexicano". Como resultado, en esta zona pudo determinarse la distribución de rocas metamórficas de origen volcánico que tienen relación con la formación de yacimientos de sulfuro masivo. Sobre la base de estos resultados se iniciaron los estudios geológicos regionales de Tizapa que está dentro de la zona del presente estudio. Además, a 6 km al sur del yacimiento Tizapa se encuentra la zona mineralizada de Santa Rosa donde se están excavando las galerías por la compañía Penoles y se determinó que la zona de Tizapa y las zonas colindantes son zonas de exploración prometedoras. Desde 1979 a 1982 se llevaron a cabo estudios geológicos, exploraciones geofísicas, exploraciones geoquímicas, estudios de sondaje, exploraciones de galería y excavación de pozos. Además, mediante la Exploración Cooperativa de Mineral realizados entre 1987 ~ 1991, quedó aclarado el panorama general del área que se evaluó como zona mineralizada que está a 80 ~ 290 m debajo de la superficie, el espesor máximo del yacimiento tiene 20 m, tiene una extensión de 420 m y la reserva de mineral es de 5,600,000 t (con leyes medias de 1.6 g/t de Au, 246 g/t de Ag, 0.68 % de Cu, 1.24 % de Pb, 6.00 % de Zn, 30.76 % de Fe).

## CAPITULO 3 GEOLOGIA GENERAL (ALREDEDORES DEL AREA DE ESTUDIO)

### 3-1 Geología

Como se indica en la Fig.I-3-1, esta zona se ubica casi en el centro del Eje Neovolcánico Transmexicano dentro de las zonas estructurales de México que se divide en 9 clasificaciones.

**Tab. I-1-2 PERIODO DE INVESTIGACION EN CADA FASE Y SUMARIO  
DE PERSONAL DE INVESTIGACION**

FASE	FASE I	FASE II	FASE III
PERIODO	26. Jul. 1991 ~ 21. Feb. 1992	14. Jun. 1992 ~ 25. Feb. 1993	17. Jun. 1993 ~ 25. Feb. 1994
PLAN DE ESTUDIO Y NEGOCIACIONES	MITI Masayuki Aoyama JICA Hajime Ikeda MMAJ Katsumi Yokokawa Hiroshi Shimotori Katsutaka Nakamura	MMAJ Tadashi Ito Kazuhiro Kojima	MMAJ Tadashi Ito Kazuhiro Kojima
	CRM Fernel Arvizu Lara Carlos G. Rivera y Villasana Raymund Barcena y Lopez Jose Cardenas Vargas Jose Luis Edgar Rodriguez Medina Roberto Montoya Hernandez Raul Maldonado Ramirez Roberto Cedillo Calvillo	CRM Carlos G. Rivera y Villasana Jose Luis Edgar Rodriguez Medina Raul Maldonado Ramirez	CRM Carlos G. Rivera y Villasana Jose Luis Edgar Rodriguez Medina Raul Maldonado Ramirez
ESTUDIO EN EL SITIO	DOWA ENG. CO., LTD. Kazuyoshi Masubuchi Shigehisa Fujiwara Kazuyuki Ueda Hirohide Konno Michio Tanahashi Kuraei Iwaki Toshihisa Ishibashi	DOWA ENG. CO., LTD. Kazuyoshi Masubuchi Shigehisa Fujiwara Wakoto Hamamatsu Minoru Yoshikawa Kuraei Iwaki Tadashi Nyui	DOWA ENG. CO., LTD. Kazuyoshi Masubuchi
	CRM Jose Antonio Herrera Maguey Roberto Cedillo Calvillo Pascual Ezequiel Gonzalez Monsivais Raucel Pascacio Toledo Amancio Reyes Salazar	CRM Jose Antonio Herrera Maguey Jaime Galvan Chavez Jose Antonio Torres Lambarri Raucel Pascacio Toledo Jorge Hernandez Lopez Justino Escamilla Orta Miguel Figueroa Salcedo	CRM Jose Antonio Herrera Maguey Justino Escamilla Orta
DIRECCION EN EL SITIO	MMAJ Tetsuo Suzuki Haruki Morozumi Mitsunari Hirokawa Kazuhiro Kojima J-MEC Koji Fukuda	MMAJ Tadashi Ito	MMAJ Takafumi Tsujimoto



Fig. I-3-1 MAPA DE ZONA DE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA

Este Eje Neovolcánico Transmexicano atraviesa la parte central de México con rumbo WNW-ESE desde el lado del Océano Pacífico hasta el Estado de Veracruz sobre el Golfo de México y continúan las intensas actividades volcánicas desde el mioceno hasta la fecha. En esta zona, además de las rocas relacionadas con ésta, se distribuyen las rocas metamórficas y débil metamorfismo del grupo Pérmico ~ Cretácico, grupo Terciario y grupo Cuaternario.

El Esquisto Taxco se compone principalmente de esquisto pelítico y parcialmente se destacan los esquistos que tiene origen en las rocas volcánicas. Estas rocas metamórficas se distribuyen de norte a sur en la parte del eje central de esta zona y contiene yacimientos de sulfuros masivos. Como si rodearan estas rocas metamórficas, se distribuyen el Grupo Calcáreo. El Grupo Calcáreo están formados por pizarra calcárea, rocas volcánicas verdes, arenisca calcárea y pizarra, formando el estrato superior del yacimiento de sulfuros masivos. Aunque no se ha calculado aún la edad exacta de estas rocas metamórficas, según la muestra del Esquisto Taxco ha sido medida por medio del método Rb/Sr, y el resultado obtenido indica  $180 \pm 4$  Ma. Eso corresponde al Jurásico medio. (Parga-Perez et al., 1981). En la vecindad de Tlatlaya, en la parte sur del área en cuestión, la edad radioactiva de la sericita ha sido medida por medio del método K-Ar. El resultado obtenido indica  $79 \pm 5$  Ma. (Fries y otros, 1965), pero se supone que

existen los efectos de la intrusión del granito. A su vez, de las mediciones de la edad de Pb-Pb del mineral del yacimiento Tizapa que contienen el Esquisto Taxco realizadas durante los estudios de desarrollo de recursos (1991), se obtuvieron valores entre 100 ~ 150 millones de años que correspondería al período Jurásico ~ Cretácico.

El Grupo Terciario está formado por la Formación Balsas y Riolita Tilzapotla. La Formación Balsas está formada por lava andesítica, conglomerados y capas alternadas de arenisca y turbidita, mientras que la Riolita Tilzapotla se componen de riolitas, toba fundida, acompañado por lava andesítica y roca piroclástica andesítica. Las riolitas forman mesetas de flujos piroclásticos característicos.

El Grupo Cuaternario está formado por lava basáltica, cono de ceniza volcánica y estrato aluvial. La lava basáltica forma topografías y mesetas de flujo de lava que son topográficamente evidentes y es frecuente que vaya acompañado por conos de ceniza volcánica. El estrato aluvial se distribuye entre las cuencas y a lo largo de los ríos Tejupilco y Luvianos formado principalmente por gravas y arenas no solidificadas.

Las rocas intrusivas están formadas por granitos, diques y capas de roca. Los granitos con aspecto de stock se distribuyen en el norte y sur causando metamorfismos termales en las rocas metamórficas de los alrededores. Entre los diques y capas rocosas están la piroxenita, gabro ~ diorita, andesita, dacita ~ riolita.

### **3-2 Yacimientos**

Desde el aspecto de la estructura geológica regional, esta zona pertenece al Eje Neovolcánico Transmexicano, pero hacia el sudeste de esta zona el Esquisto Taxco del Grupo Pérmico ~ Cretácico se distribuyen ampliamente cubierta por rocas volcánicas de la era cenozoica. El área de distribución del Esquisto Taxco corresponden al levantamiento de la roca basal denominada Levantamiento de Tejupilco. Estas rocas metamórficas tienen un ancho de 10 ~ 20 km y se distribuyen ampliamente con dirección casi N-S y pudo

determinarse la estructura anticlinal de Tejupilco que atraviesa la parte central. Según la forma de distribución de los estratos en las proximidades de Tizapa, se supone que el eje del plegamiento se deriva con rumbo NW. Además, en la parte central de la zona de estudio está doblado por otro nuevo eje de plegamiento del sistema E-W. Estos plegamientos no llegan al Formación Balsas o la Riolita Tilzapotla del grupo terciario. Aparte de estos, en el Esquisto Taxco están ampliamente desarrolladas las estructuras de plegamiento con clivaje que se supone se han formado como resultado de la deformación regional. Asimismo, dentro de la pizarra calcárea del Grupo Calcáreo se observan también los plegamientos del tipo paralelo.

Los principales yacimientos que se observan en esta zona son yacimientos de sulfuros masivos del tipo restringido estratificado y yacimientos vetas.

Los yacimientos Esmeralda, Tizapa y Santa Rosa que corresponden a yacimientos de sulfuro masivo, geográficamente se ubican al noroeste de la zona de estudio y están alineados dentro de una distancia de aproximadamente 10 km con rumbo casi N-S. Estos yacimientos se encuentran en la parte superior del Esquisto Taxco que están casi en el mismo nivel. En el estrato superior del yacimiento se distribuyen las pizarras calcáreas del Grupo Calcáreo y en las proximidades del yacimiento, en el estrato inferior se observan principalmente los esquistos verdes y esquistos ácidos de origen volcánico y pudo saberse que tiene una estrecha relación con las actividades volcánicas. Asimismo, la mina El Río que se considera yacimiento de sulfuro masivo, se supone que pertenece al yacimiento tipo veta debido a que el mineral no fue objeto del metamorfismo a pesar de estar a un nivel más bajo que el yacimiento de Tizapa.

Existe la tendencia de que los yacimientos tipo vetas se distribuyan concentradamente en la zona sudeste de la parte central de la zona de estudio. El yacimiento se compone principalmente de vetas de cuarzo con contenido de Ag-Pb-Zn y se encuentran dentro de las fallas y fracturas que atraviesan el Esquisto Taxco ~ Riolita



Tilsapotla. Dentro de la riolita y roca intrusiva se reconocen numerosas vetas en la zona de Belém, Pantoja y Arvallo y en cuanto al período de mineralización es alta la posibilidad de que se haya formado a continuación de las actividades ígneas riolíticas. Existe la tendencia de que los yacimientos tipo vetas de gran escala se encuentren con mayor frecuencia dentro del Esquisto Taxco y Grupo Calcáreo en lugar de la Riolita Tilzapotla y rocas intrusivas, y se supone de que reflejan las características físicas de la roca madre. El rumbo de casi todo los filones es del sistema NW-SE, indicando que se han formado casi en la misma época. Existen también vetas del sistema N-S y E-W pero son pobres y sus leyes son bajas.

## CAPITULO 4 RESEÑA DEL AREA DE INVESTIGACION

### 4-1 Localización y Acceso

La zona de estudio está ubicada al suroeste del Estado de México en la parte central de los Estados Unidos de México, tiene como centro a Tejupilco que está a una distancia de aproximadamente 100 km en línea recta al suroeste de la ciudad capital de México y abarca una extensión de 35 km de este a oeste y 55 km de norte a sur (Fig.I-1-1 y Plano Aparte).

En la presente estudio se estableció la base de trabajo en Tejupilco. Los medios de transporte, la distancia y el tiempo requerido desde la ciudad capital de México es como sigue.

Ciudad de México	65 km	Toluca	99 km	Tejupilco
	1.0 h		2.0 h	

Desde la Ciudad de México hasta Toluca existe la autopista y desde ahí hasta la zona de estudio existe la ruta nacional que atraviesa la zona montañosa. Aunque existen muchas curvas, el camino entre México y Tejupilco es totalmente pavimentado, las condiciones son buenas y el tránsito es posible tanto en la época seca como la época de lluvias. Entre la Ciudad de México y Toluca y entre Toluca y Tejupilco existen servicios frecuentes de ómnibus. Entre la Ciudad de México y Tejupilco existe el servicio directo de ómnibus con una frecuencia de un viaje cada hora y el tiempo requerido es de

aproximadamente 5 horas. En el caso de viajar en automóvil utilizando la autopista, desde la Ciudad de México se llega en aproximadamente 3 horas.

#### 4-2 Medio Ambiente de la Investigación

##### 4-2-1 Topografía e Hidrografía

La zona de estudio se ubica en la parte montañosa con alturas aproximadas entre 700 ~ 2,600 m perteneciente a la banda volcánica transmexicana que tiene el rumbo E-W en la parte central de los Estados Unidos Mexicanos. Especialmente en la parte noreste se ubican el Cerro Juan Luis y Cerro El Peñón que tienen más de 2,000 m de altura.

La topografía refleja claramente la geología y aunque se trata de una sierra compleja de disección avanzada del período maduro, en la parte norte y central existen topografías volcánicas y se distribuyen conos de cenizas volcánicas de pequeña magnitud. En torno a estos conos de cenizas volcánicas existen zonas de lava con disección primitiva presentando la topografía típica de meseta de lava plana. La parte norte de la zona de estudio, presenta una topografía de valle empinado producto de la erosión de la meseta de lava por el Río Temascaltepec y sus afluentes. Asimismo, en una amplia zona del norte y sureste se distribuyen las riolitas del Grupo Terciario formando una topografía montañosa abrupta. Hacia el sureste se distribuyen los granitos que forma el terreno bajo relativamente plano de esta zona con alturas del orden de 700 m.

Como principales sistemas fluviales existen 3 ríos que son el Río Temascaltepec que atraviesa por el norte de la zona en dirección oeste, el Río San Felipe que fluye hacia el oeste desde las proximidades de Tejupilco de la parte central hacia el suroeste y el Río Topilar que fluye hacia el sur en la parte sur de la zona. Los afluentes de estos ríos presentan un esquema dendrítico. El Río Temascaltepec del norte constituye el límite entre la ciudad de Tejupilco, ciudad de Zacazonapan y ciudad de Temascaltepec. Asimismo, al sur de Tejupilco confluyen el Río Tejupilco que corre hacia el sur y el Río Aquagua, hace cambiar la dirección de la

corriente hacia el oeste y desemboca en el Río San Felipe. En general, las corrientes son rápidas debido a que estos ríos presentan una topografía de valles abruptos y especialmente en la época de lluvias es difícil atravesar el río salvo donde existan puentes.

#### 4-2-2 Clima y Vegetación

El clima de la zona de estudio pertenece al clima mesotermal semihúmedo. Sin embargo, el clima es cálido con típicas épocas de lluvia en verano y época seca en invierno por estar ubicado en una zona que en general es montañosa. La precipitación total anual de Tejupilco ubicado en la parte central de la zona de estudio supera los 1,000 mm aproximadamente y la temperatura media es superior a los 22°C. En la época de lluvia entre los meses de junio y setiembre se registra una precipitación media mensual de 240 ~ 250 mm y en el mes de junio se registra la mayor precipitación con 260 ~ 270 mm. La época seca es de octubre a mayo y no registra tanta precipitación. Particularmente en los meses de febrero ~ marzo llueve alrededor de 5mm de promedio mensual. La temperatura máxima se registra en abril con niveles de 35 ~ 37°C, mientras que la temperatura mínima es de alrededor de 2°C en enero. La zona sur y oeste de la zona de estudio presenta un clima semitemplado húmedo y la precipitación total anual es de 800 ~ 1,200 mm con una temperatura media de alrededor de 18 ~ 22°C.

Al igual que las variaciones del clima y topografía, entre la vegetación se observan numerosas variedades. La vegetación varía especialmente por la diferencia de altura y en la zona montañosa de más de 2,500 m existen pinos y ocote, en los alrededores de 2,500 ~ 1,600 m la vegetación consiste de pino, nogal, palo dulce, sauze, moradilla, etc.. Asimismo, en las zonas de menos de 1,600 m crecen además de la palma, herrero, naranjo, aguacate, papaya, las plantas como caña de azúcar, plátano, estropajo, zarzamora, árbol, nopal, etc.. Como hierbas medicinales abundan el jazmín, tepechicle, malva, corona de cristo, helechos, yerba, epazote de perro, etc..

En cuanto a la fauna, entre los más comunes de la zona se

observan los venados, coyotes, zorra, ardilla, gato montés, armadillo, conejo, tuza, etc.. De las aves pueden citarse la águila real, quebrantahuesos, aura, tecolote, urraca, paloma, pájaro carpintera, gorrión, tordo, faisán, garza, pájaro maicero, golondrino, etc.. Además, se ven también los escorpiones, diversas variedades de insectos y arañas como tarántulas. Los escorpiones suelen estar debajo de las grandes piedras de campos abiertos y es necesario que se tomen las debidas precauciones ya que suelen entrar en las viviendas de la ciudad de Tejupilco.

## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES**

### **5-1 Conclusiones**

El presente estudio tiene por objeto descubrir yacimientos nuevos mediante la realización del Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos y la clasificación de las condiciones geológicas y las condiciones de distribución de los yacimientos en la zona de Tejupilco de los Estados Unidos Mexicanos.

La exploración del proyecto se planificó para realizarse en un período de tres años, de 1991 a 1993.

El presente estudio se realizaron los estudios de análisis de los datos existentes, análisis de imágenes de satélite, estudios geológicos, exploraciones geofísicas y estudios de perforación.

En la zona del proyecto existen yacimientos de sulfuros masivos y vetas, por lo que considerando los aspectos económicos y el volumen del yacimiento se efectuó primero la exploración del yacimiento tipo de sulfuro masivo.

Según los resultados de los estudios, los principales yacimientos que se distribuyen en la zona son yacimientos de sulfuros masivos y yacimientos tipo veta y pudieron aclararse los niveles de los yacimientos de sulfuro masivo. Es decir, el yacimiento Tizapa y el yacimiento Santa Rosa están al mismo nivel y en el sentido amplio de la palabra, el nivel de existencia de los yacimientos de sulfuro masivo de esta zona es única. En el estrato superior del nivel del yacimiento existe el Grupo Calcáreo y pizarra

calcárea y en el estrato inferior se reconocen los esquistos verdes y esquisto pelítico del Esquisto Taxco. Asimismo, en la zona donde se distribuyen los yacimientos se distribuyen ampliamente los esquistos ácidos y esquistos verdes dentro del Esquisto Taxco e indica que en las proximidades del yacimiento han existido actividades ígneas.

Debido a que se estima que los yacimientos de sulfuros masivos están relacionados con las actividades volcánicas que han producido la roca clástica de origen volcánico, la zona de rumbo NW-SE del yacimiento Tizapa ~ yacimiento Santa Rosa ~ Tejupilco puede determinarse como zona de alto potencial para la existencia de yacimientos.

En estos estudios de exploración se observó la estructura geológica y en todos los barrenos se confirmó una zona de diseminación y la existencia de un poco de pirita y pirrotita, así como muy poca calcopirita y esfalerita.

Por una parte la mayoría de los yacimientos son vetas de cuarzo con contenido de Ag-Pb-Zn y según los resultados del estudio geológico pudo aclararse que el rumbo predominante de las vetas es NW-SE. En esta zona, además de existir el filón de gran magnitud que llega a 10 ~ 20 m x 1 km del yacimiento El Malacate, parte de las vetas están cubiertas por estratos superiores del Grupo Cuaternario. Además, dentro de la galería del yacimiento Santa Rosalia existen minerales de altas leyes con 5.12 g/t de Au y 7,824 g/t de Ag y en el yacimiento Belém se descubrió el afloramiento con altas leyes con 9.88 g/t de Au y 7,118 g/t de Ag.

## 5-2 Propositiones para el Futuro

En base a los resultados de la exploración, se proponen los siguientes puntos para exploraciones futuras.

Si se hacen más exploraciones con barrenación existe la posibilidad de encontrar un yacimiento de sulfuro masivo, pero la zona de mineralización es dispersa y amplia, por esta razón se considera que la posibilidad de encontrar un depósito mineral que tenga un volumen y calidad como el yacimiento Tizapa es poco

probable.

Por una parte, en relación a los yacimientos tipo veta, puede fijarse el orden de prioridad de las actividades exploratorias en los alrededores del yacimiento Belém ~ Naranjo, alrededores del yacimiento Santa Rosalia y los alrededores del yacimiento El Malacate. Con respecto a estas zonas, sería deseable que se determine el alcance y la continuidad de la mineralización mediante estudios del suelo y estudios geoquímicos de la roca y se determine la continuidad hasta la parte profunda del sustrato de la banda mineralizada mediante estudios de sondaje en la parte de la prolongación de la banda mineralizada y la prolongación inferior.

Como método de exploración geoquímica deberán realizarse muestreos del suelo y roca con una separación de 10 m en dirección transversal a la veta, deberán realizarse los análisis de componentes de As, Ag, Au, Hg y es necesario que se determine el alcance y la continuidad de la mineralización. Debido a que en la dirección del rumbo es buena la continuidad, se estima que es efectiva una separación de alrededor de 100 m. Al mismo tiempo, mediante la realización de la medición de inclusiones de cuerpos líquidos del cuarzo de la veta que se distribuye en la superficie de la tierra, se analizará la posición en que se encuentra la mineralización de la veta que actualmente se observa y se considera útil determinar la efectividad de las exploraciones de la prolongación de la parte inferior. Además, prácticamente no se han realizado exploraciones en dirección a la prolongación inferior de los yacimientos conocidos y distribuidos en la zona. Por lo tanto, será deseable que mediante estudios de perforación se determine la continuidad en las partes profundas de la banda mineralizada.



**PARTE II**

**DESCRIPCION DETALLADA**





## **PARTE II DESCRIPCION DETALLADA**

### **CAPITULO 1 ANALISIS DE LOS DATOS EXISTENTES**

#### **1-1 Método de Análisis**

Un repertorio de la documentación existente relativa al área en cuestión ha sido preparada a partir de la documentación interna del Consejo de Recursos Minerales (CRM) de los Estados Unidos Mexicanos, de las publicaciones gubernamentales, de la documentación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), de revistas científicas publicadas en el país, etc., y el trabajo de colección de dicha documentación ha sido llevada a cabo, usando como base la oficina de Toluca de CRM. La lista de la documentación existente consultada se muestra al final de este informe. Puesto que parte de la documentación está extraviada, no ha sido posible coleccionar su totalidad.

La documentación existente colectada en los Estados Unidos Mexicanos se compone de mapas geológicos, informes de proyectos de estudios de yacimientos ejecutados por el CRM, trabajos relacionados con la UNAM, etc. Además, en Japón hay también algunos trabajos en idioma japonés, relacionados con minas de los Estados Unidos Mexicanos.

#### **1-2 Resultado del Análisis**

##### **(Sinopsis de los Datos Geológicos)**

Los mapas geológicos regionales que comprenden la totalidad de esta área de estudio se componen de los mapas geológicos de escala 1:1,000,000 (SPP, 1981) y los mapas de distribución de litofacies de escala 1:50,000 (CETENAL, 1975 a, b, c).

##### **(Datos de la Estructura Geológica)**

Se supone que el área de estudio haya sufrido 3 deformaciones de compresión y 1 deformación de elongación, que corresponden a 3 épocas de metamorfismo progresivo y 1 época de metamorfismo regresivo (Cserna, 1982).

### **(Edad Geológica)**

Hay pocos datos relativos a las mediciones de la edad geológica dentro del área en cuestión. Los datos actualmente disponibles son los 3 casos que se mencionan a continuación. La edad geológica del Esquisto Taxco ha sido medida por medio del método Rb/Sr, y el resultado obtenido indica  $180 \pm 44$  Ma. Eso corresponde al jurásico medio. (Parga-Perez et al., 1981).

En la vecindad de Tlatlaya, en la parte sur del área en cuestión, la edad radioactiva de la sericita ha sido medida por medio del método K-Ar. El resultado obtenido indica  $79 \pm 5$  Ma, que corresponde al Cretáceo Superior. Se supone que la edad afectada por metamorfismo de penetración de la masa granítica de Tlatlaya, (Fries y Rincón-Orta, 1965).

Con respecto al yacimiento de Tizapa, la edad radioactiva del Pb contenido dentro de la galena ha sido medida por medio del método  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , y el resultado obtenido indica de 156.3 a 103.4 Ma (JICA-MMAJ, 1991). Eso corresponde al período comprendido entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior e indica una edad más joven que la edad geológica del Esquisto Taxco, que es la roca madre del yacimiento.

### **(Datos del Yacimiento)**

Las concesiones del CRM se distribuyen ampliamente desde la parte central hacia la parte septentrional del área de estudio. Además, en las vecindades de las minas y de los yacimientos conocidos hay muchas demarcaciones de concesiones privadas, pero en la mayoría de los casos los propietarios y otros detalles afines son desconocidos.

La mina de La Guitarra, que entró en operación en agosto de 1991, es la única mina actualmente activa. Los yacimientos tomados en consideración son los yacimientos que han sido explotados en el pasado y los yacimientos que están siendo prospectados actualmente. Los tipos de yacimientos existentes son los yacimientos de sulfuros masivos, yacimientos de oro, plata, (plomo, zinc) en forma de vetas, los yacimientos irregulares de mercurio, etc..

## **(Antecedentes de prospección)**

### **(1) Sondaje**

Sondajes han sido ejecutados en las minas y yacimientos de Tizapa, Esmeralda, Santa Rosa y El Río. Los sondajes de Tizapa, Esmeralda y El Río han sido ejecutados por CRM, y los datos son disponibles. Sin embargo, el sondaje de Santa Rosa ha sido ejecutado por una compañía privada, y los detalles son desconocidos.

### **(2) Prospección geoquímica**

La medición de mercurio vaporizado ha sido ejecutada durante el período de 1979 ~ 1984 por CRM en el área de Tizapa y en el área de Almoloya. El método de succión de gas por medio del equipo modelo HGG-3 fabricado por Sintrex ha sido utilizada en ambas áreas y la medición ha sido ejecutada con las líneas de medición separadas por un intervalo de 50 m y los puntos de medición separados por un intervalo de 25 m sobre las líneas de medición. El análisis ha sido ejecutado a través del tratamiento estadístico, donde las concentraciones inferiores a 60 ppb han sido consideradas valores de fondo y las concentraciones iguales o superiores a 110 ppb han sido consideradas valores anormalmente altos. Como resultado del análisis se ha verificado que parte de las áreas anormales coincide con la distribución de las zonas de oxidación en la superficie. (Elías-Herrera y Obregón Ramos, 1981b, Gutiérrez-Tipia y Gómez Moreno, 1982).

### **(3) Prospección geofísica**

Como estudio de escala regional, existe sólo el mapa de anomalías de Bouguer obtenido a través del levantamiento gravimétrico de la totalidad del territorio mexicano (Mena et al., 1992) y no hay ningún dato relativo a levantamientos magnéticos y levantamientos electromagnéticos.

El CRM ha llevado a cabo la prospección eléctrica (método P.I.) dentro de una parte limitada de Almoloya, ubicada entre Tizapa y Esmeralda. Sin embargo, la efectividad de dicha prospección no ha sido confirmada, debido a la interferencia del

grafito contenido dentro del Esquistos Taxco. (Hernández-Pérez, 1979, Elías-Herrera y Obregón Ramos, 1981b).

El estudio a través del método TEM, el estudio a través del método de Potencial Cargado (método P.C.), así como la medición de la resistividad y la medición de P.I. de los testigos de perforación han sido ejecutadas dentro de un área de aproximadamente 4 km<sup>2</sup> en Tizapa. El discernimiento entre la pizarra grafitica y los minerales masivos de sulfuro ha sido difícil, incluso a través del método TEM. Las mediciones a través del método de Potencial Cargado (método P.C.) han sido ejecutadas por medio de 7 sondajes, y la continuidad del yacimiento ya sido confirmada como resultado de dichas mediciones (JICA-MMAJ, 1988).

## CAPITULO 2 ANALISIS DE IMAGENES POR VIA DE SATELITE

### 2-1 Método de Análisis

Los datos TM de Landsat utilizados en el análisis de imágenes por vía satélite son los siguientes:

PASS: 027      LOW: 047      FECHA DE IMAGENES: 14/3/86

La zona del presente estudio está situada al noroeste del bloque que corresponde a los datos de arriba. Las imágenes formadas para el análisis son las siguientes:

Tratamiento de imágenes	escala
Imágen TM en colores falsos (BGR 234) Escena completa	1:250,000
Imágen TM en colores falsos (BGR 234) Escena parcial	1:100,000
Imágen TM analítica de principales factores (BGR PC1 x PC2, PC1 x PC2, PC1 x PC3)	1:100,000

En la Fig.II-2-1 a Fig.II-2-2 se demuestran mapa índice de análisis imagen de satélite, la imagen TM en colores falsos, y la imagen TM analítica de factores principales de la escena parcial. Ha sido analizada la imagen parcial a escala 1:100,000 y la

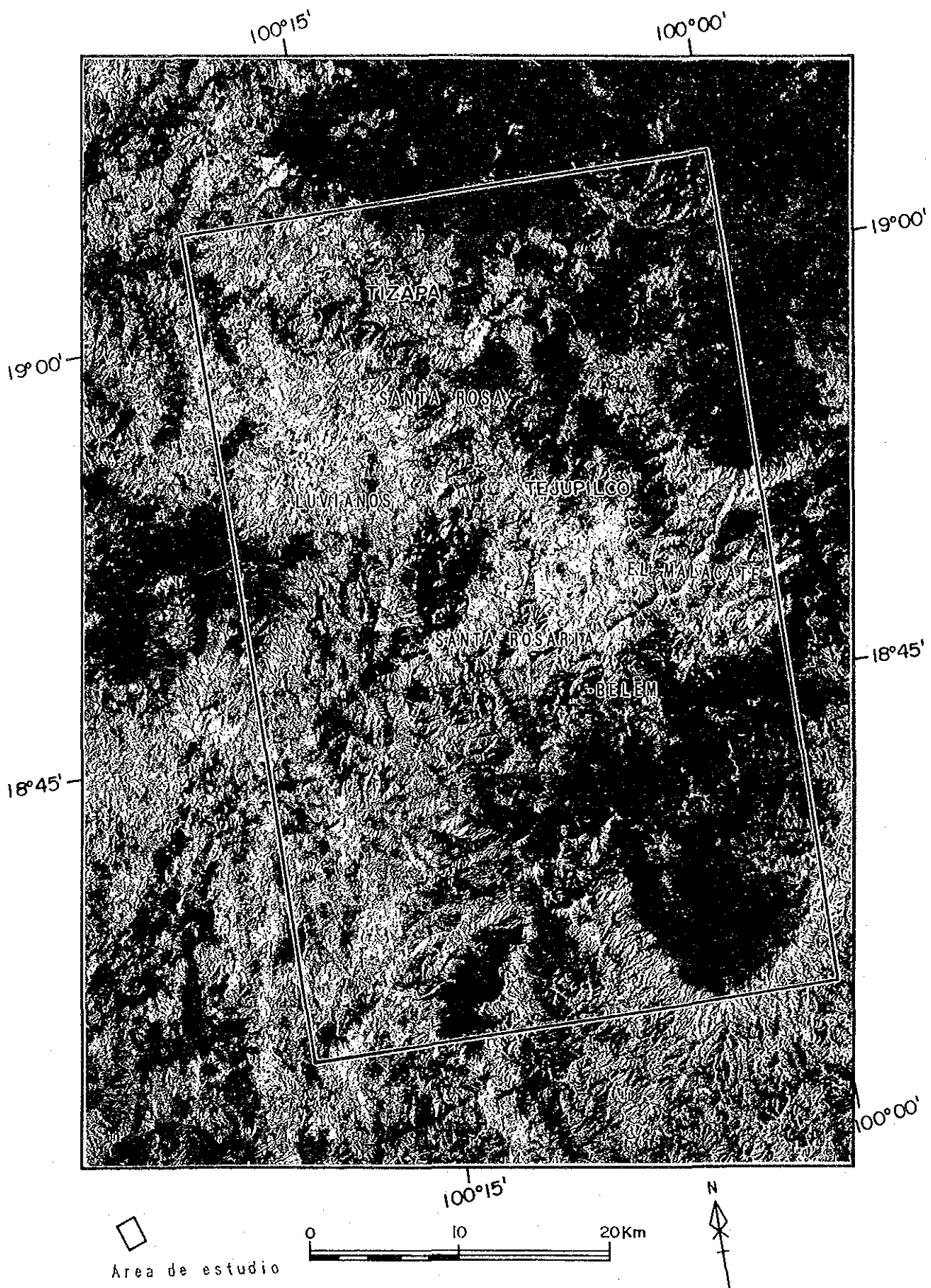
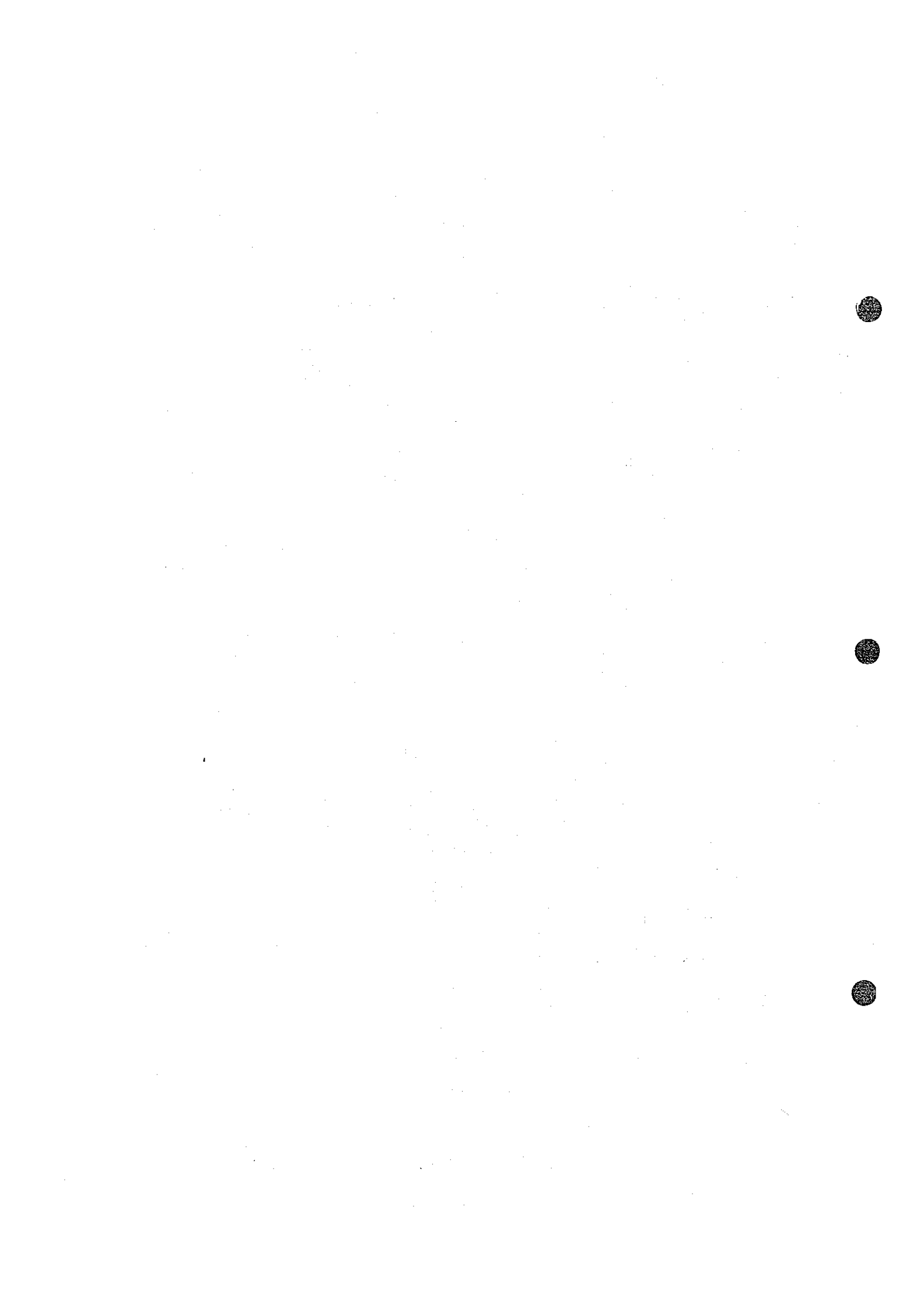


Fig.II-2-1 IMAGEN TM EN COLORES FALSOS



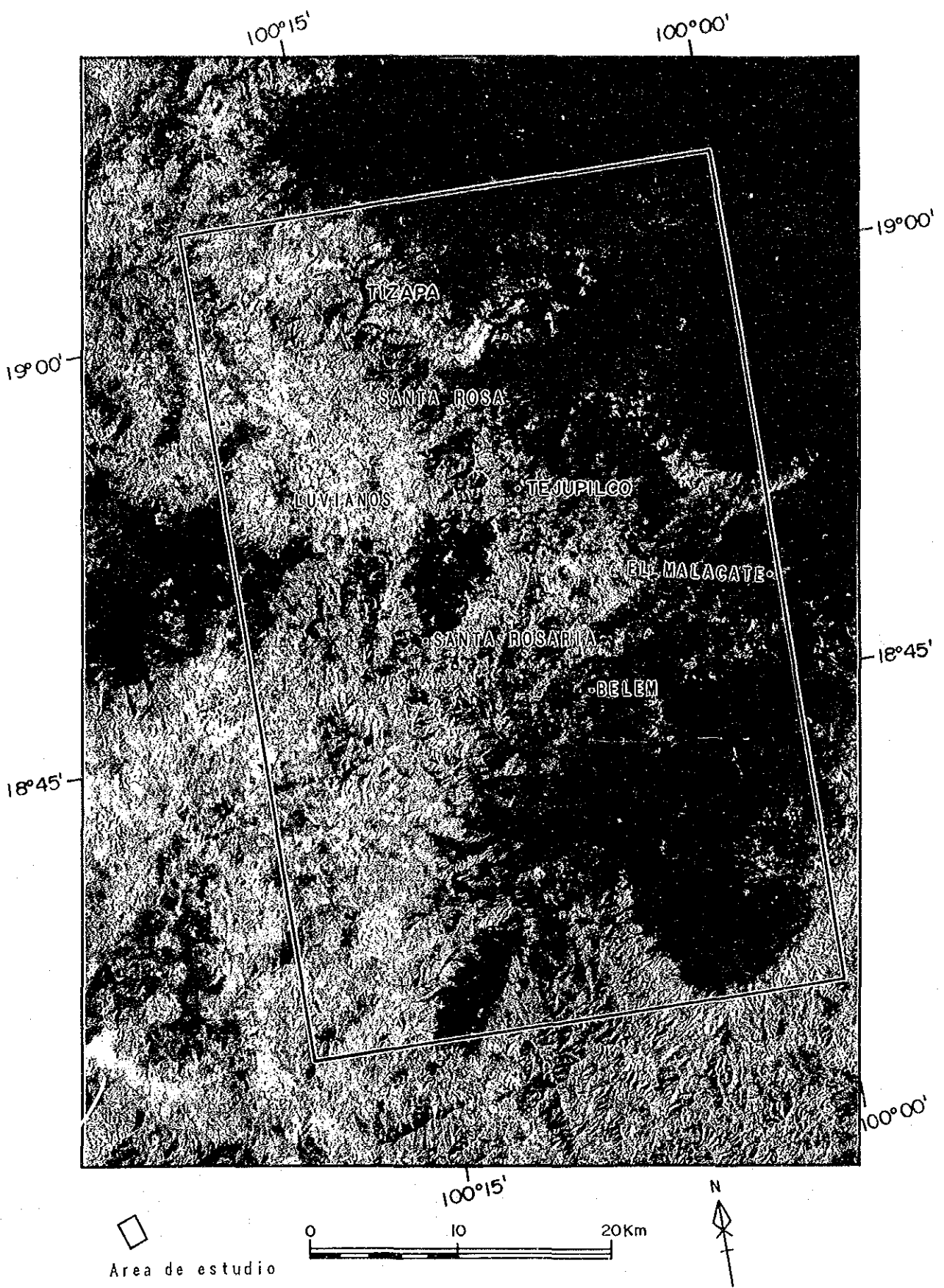


Fig.II-2-2 IMAGEN TM EN ANALISIS DE COMPONENTES





analítica de componentes principales.

Al analizarlas, teniendo en cuenta la configuración terrestre e hidrografía de la carta topográfica a escala 1:50,000, fotografías aéreas, naturaleza del terreno existente y estructura geológica, se comprendieron los cambios en la hidrografía y los relieves en la imagen y se crearon unas tablas de desciframiento para poder compararse con el estudio realizado en la zona.

Procedimiento del análisis son los siguientes:

- Lineamiento y muestreo de la estructura plegada
- División de tonos de colores en las imágenes analíticas
- Comparación con la carta geológica existente
- Preparación de figuras del desciframiento de imágenes divididas y de la distribución de lineamiento
- Estudio comprobante de la zona

## 2-2 Resultado de Análisis

Con la imagen en colores falsos y la imagen analítica de componentes principales de los datos TM de Landsat se formaron los gráficos de desciframiento de imagen y naturaleza estructura geológica, y se realizó el estudio de la zona.

En la zona del presente estudio están distribuidos los estratos amplios desde el de rocas metamórficas hasta el de basalto Cuaternario. La disección de los datos de imagen se realizó con el fin de entender la distribución de los yacimientos tipo veta y el horizonte del yacimiento de sulfuros masivos, además de analizar la naturaleza y estructura geológica.

En las imágenes TM de Landsat está distribuida ampliamente los tonos rojo - pardo, y se puede suponer que hay mucha vegetación. Aunque se puede descifrar la estructura geológica aproximada como la demarcación entre las rocas metamórficas y sedimentos mesozoicos, la distribución de las rocas volcánicas terciarios que cubren los sedimentos con discordancia, y la distribución de los basálticos Cuaternarios, fue difícil descifrar las diferencias de litofacies. Entre los lineamientos descifrados sobresalen N-S, NNW-SSE, y NNE-SSW, y cuyos rumbos reflejan las direcciones del eje de plegamiento

por el metamorfismo. La dirección principal del yacimiento tipo veta es NW-SE. En el diagrama rosa no hay direcciones que sobresalgan, pero en caso individual, sobresalen en el NW-SE de Tejuzilco el lineamiento de la misma dirección, por lo tanto la tendencia coincide.

Dentro de las rocas metamórficas que extienden de norte a sur en la parte central de la zona, hay mucha germinación de rocas intrusivas riolíticas, y está consideradas como importantes rocas igneas relacionadas con el yacimiento tipo filoniano. Fue difícil descifrar acerca de estas rocas intrusivas o distribución del yacimiento en la imagen.

La imagen analítica de componentes principales de los datos TM de Landsat presenta una tonalidad variada y en cuanto a la parte de afloramiento de rocas, se conoce por experiencia que se demuestra la distribución de tonalidad correspondiendo a los tipos de rocas. En la zona del presente estudio, el clima es templado, los árboles son frondosos, los terrenos cultivados y pastos extienden irregularmente. De la comparación de los resultados analíticos de componentes principales y del estudio de la zona, se han confirmado que el factor 1 refleja la irregularidad topográfica, el 2 ( B en la imagen: azul ) y el 3 ( G en la imagen: verde ), la diferencia de vegetación. Y, la zona de alto tanteo del 4 ( R en la imagen: rojo) corresponde a la zona de no vegetación como la parte de afloramiento de rocas, carreteras, y casas. En los datos de la imagen dentro de la extensión donde se realizó el análisis de componentes principales hay demasiadas cosas fuera de las informaciones geológicas, los datos de bandas tienen pocas variaciones por las informaciones geológicas como tipo de rocas y composición química . combinación mineral, y cabe pensar que están cubiertas por la diferencia de cambio de vegetación.

## CAPITULO 3 ESTUDIO GEOLOGICO

### 3-1 Descripción General de la Geología

Dentro de la franja estructural de México, la zona de estudio se ubica casi en el centro del Eje Neovolcánico Transmexicano. Este Eje Neovolcánico Transmexicano atraviesa la parte central de México con rumbo WNW-ENE desde el lado del Océano Pacífico hasta el Estado de Veracruz sobre el Golfo de México y continúan las intensas actividades volcánicas desde el Mioceno hasta la fecha. En la zona de estudio cubierta con estas rocas volcánicas, se distribuyen las rocas metamórficas y las rocas de metamorfismo de grado bajo de períodos desconocidos. Es decir, la geología de esta zona se compone de rocas metamórficas, sistema Terciario, sistema Cuaternario y rocas intrusivas.

Las rocas metamórficas consisten en Esquistos Taxco y Grupo Calcáreo (denominación provisional). El Esquisto Taxco se distribuye en forma de franja desde el norte al sur de la parte central de la zona, se compone principalmente de esquisto pelítico y parcialmente se destacan los esquistos que tienen origen en las rocas volcánicas. Se ha aclarado que en la parte superior del Esquisto Taxco existe el yacimiento de sulfuro masivo del tipo Tizapa. El Grupo Calcáreo se componen de estratos de filita calcárea, de rocas volcánicas verdes (incluyendo la lava almohadilla), arenisca calcárea y pizarra y se distribuyen en el oeste y noreste de la zona de estudio. El grado de metamorfismo es más bajo cuando el nivel es más alto.

El Terciario se compone de la Formación Balsas y Riolita Tilzapotla. La Formación Balsas se compone de lava andesítica, conglomerados y capas alternadas de arenisca y limolita que en general presenta un color pardo rojizo. La Riolita Tilzapotla forma mesetas de flujos piroclásticos característicos y se componen de ignimbritas y tobas de composición riolítica, acompañado por lava andesítica y roca piroclástica andesítica.

El Cuaternario está formado por lava basáltica, cono cinerítico y Aluvión. La lava basáltica forma mesetas de flujo de lava que son topográficamente evidentes y es frecuente que vaya acompañado

por conos cineríticos. El Aluvión se distribuye entre las cuencas y a lo largo de los ríos Tejupilco y Luvianos formado principalmente por gravas, arenas y limos.

Las rocas intrusivas se componen de granitos, diques y capas de rocas. Los granitos con aspecto de stock se distribuyen en el norte y sur causando metamorfismo termal en las rocas metamórficas de los alrededores. Entre los diques y capas rocosas están la piroxenita, gabro ~ diorita, andesita, dacita ~ riolita. Dentro de estos, se aclaró que la dacita ~ riolita tienen una relación estrecha con la distribución de la mineralización de tipo veta.

Desde el punto de vista de la geología estructural, en la zona de norte ~ sur donde se distribuye el Esquisto Taxco, se supone la existencia del levantamiento de Tejupilco (Cserna, 1982). Con los estudios de esta oportunidad se aclaró que el eje de anticlinal que pase por el este de Amatepec pasando desde los alrededores de Tizapa hacia el este de Tejupilco. Además, en las rocas metamórficas están desarrolladas las estructuras plegadas (con clivajes) superpuestos que se suponen se hayan formado como resultado de la deformación regional. Como estructura de falla se reconocen los del sistema E-W, sistema NW-SE y sistema N-S, pero la mayoría de la mineralización de tipo veta incluye fallas y fracturas del sistema NW-SE.

### **3-2 Estratigrafía**

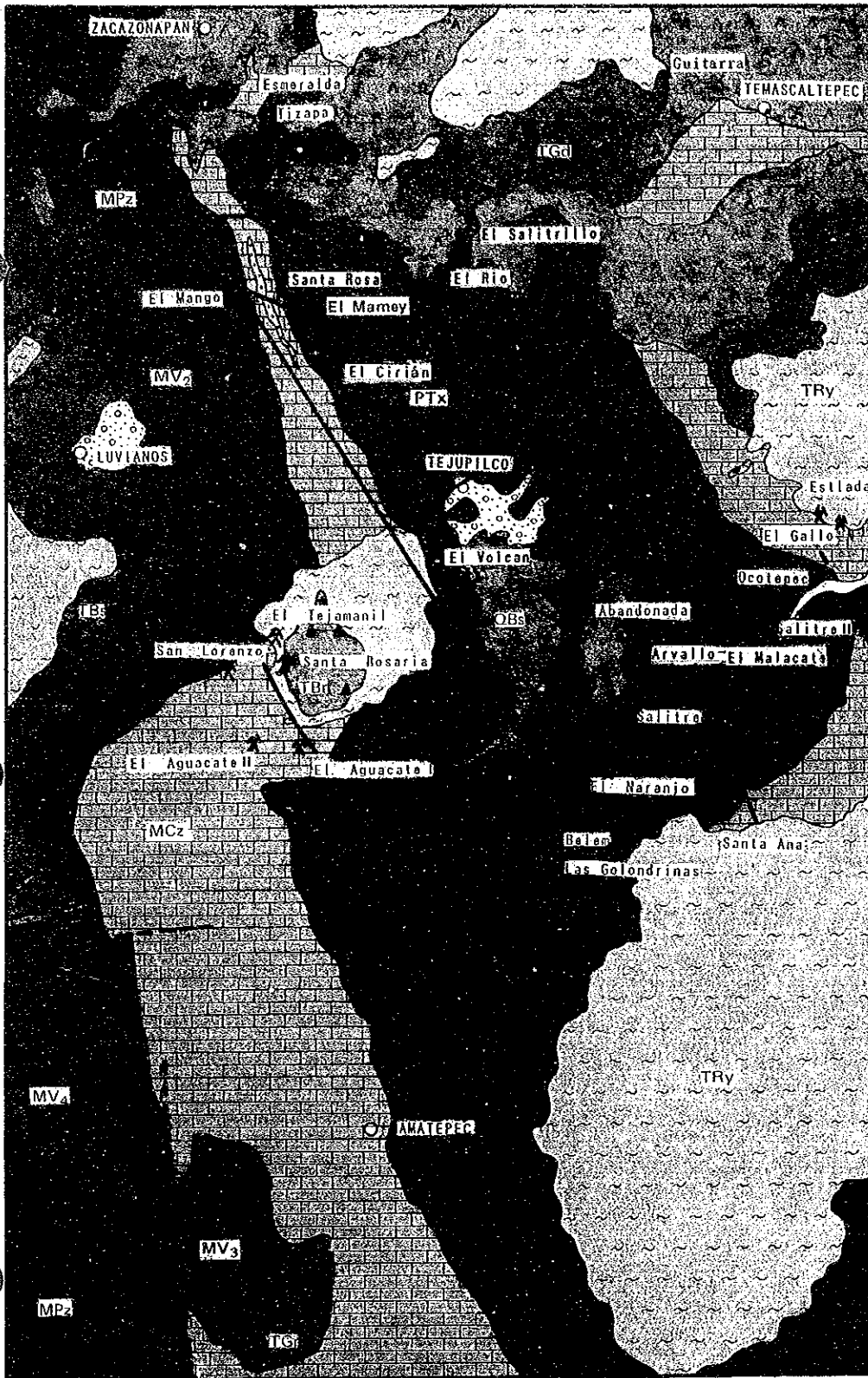
El mapa geológico y la sección geológica indican en el Plano Aparte y la comparación de estratigrafía y geología en la Tab.II-3-1.

#### **1. Rocas metamórficas**

Las rocas metamórficas consisten en Esquisto Taxco y Grupo Calcáreo.

##### **(1) Esquisto Taxco**

Equivalen casi a el Esquisto Taxco que se indica en el mapa de Tejupilco (1:100,000) y mapa de Taxco (1:100,000). La edad obtenida por las muestras de los alrededores de Tlatlaya es de 79



LEYENDA

CUATERNARIO

QAI : geava-arena, limo

OBs : lava de basalto, scoria

RIOLITA TILZAPOTLA

TBr : lava de andesita, piroclástico

TRy : andesita, piroclástica y toba riolítica

FORMACION BALSAS

TBs : lava de andesita, conglomerado

GRUPO CALCAREO

MV<sub>4</sub> : andesita, basalto, piroclástico

MPz : pizarra, pizarra calcárea

MV<sub>1-3</sub> : lava de pillow, basalto

MCs : arenisca calcárea tobaslea

MCz : filita calcárea, arenisca calcárea

ESQUISTO TAXCO

PTx : esquistos pelítico y verde

ROCAS INTRUSIVAS

TGd : granodiolita

TGr : granito

PGr : granito gneisico

DKr : dique felsico

--- Falla

↔ eje de anticlinal

□ área de estudio (1992)

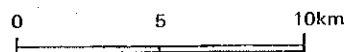
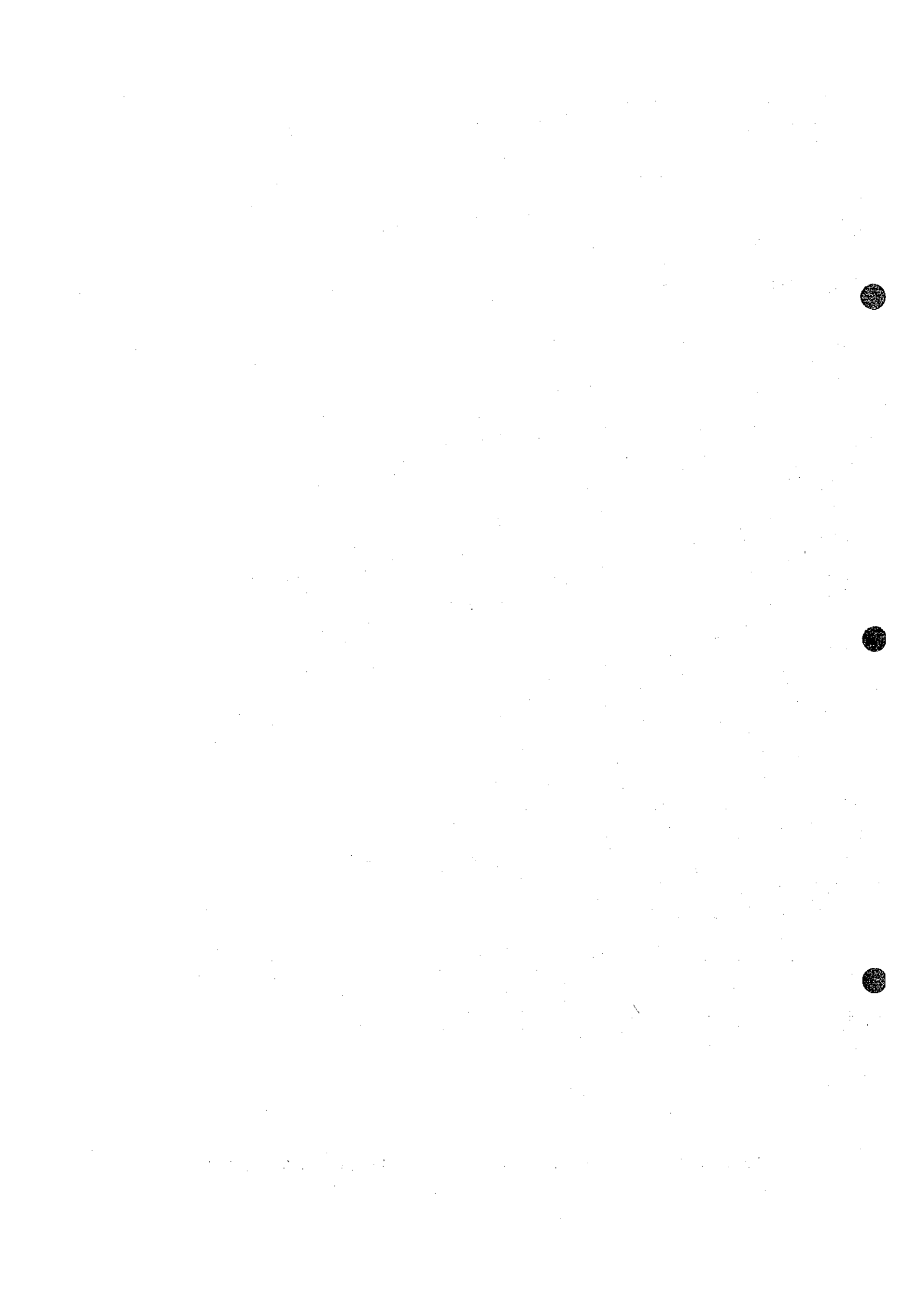


Fig.II-3-1 MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DE LA REGION TEJUPILCO



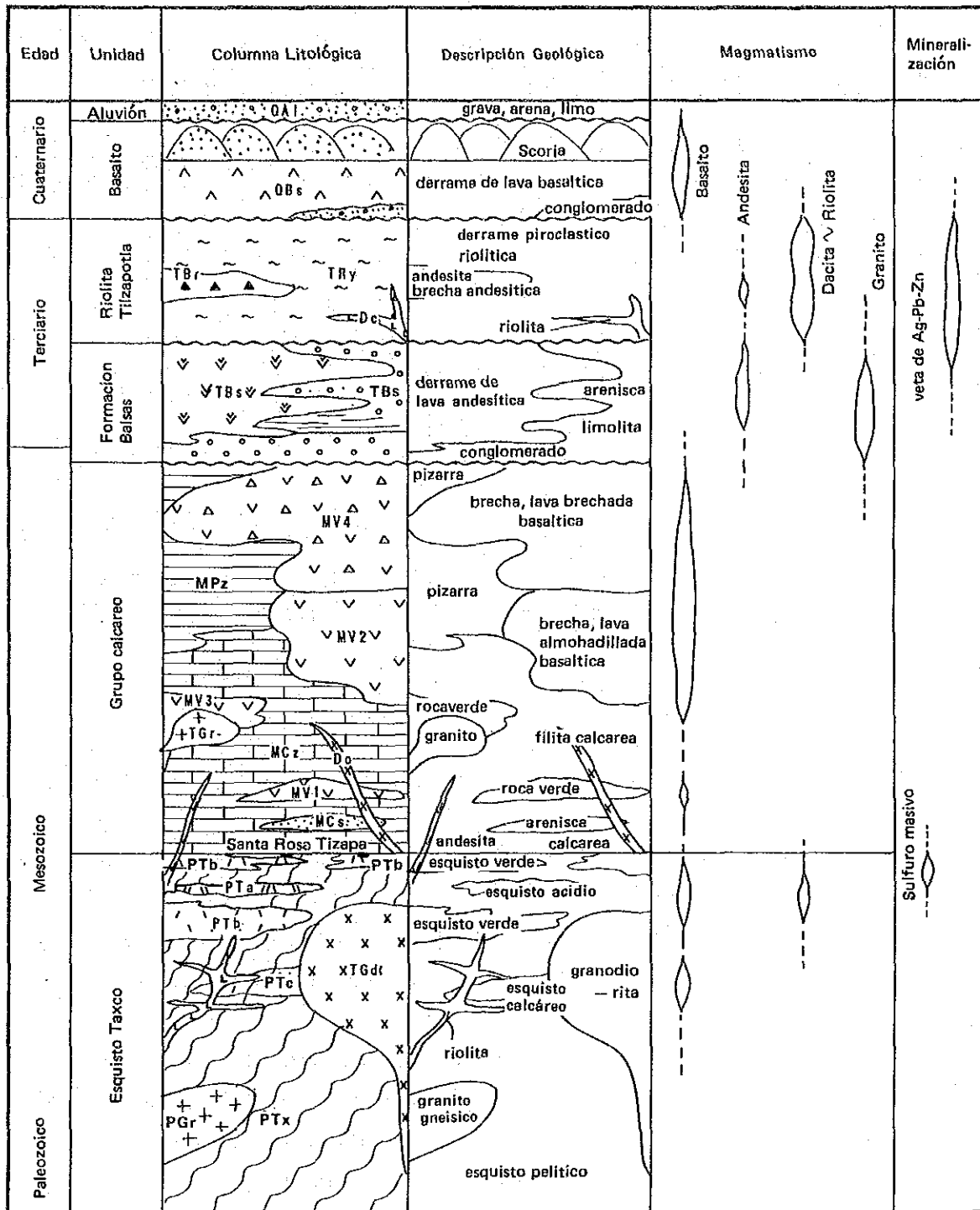


Fig.II-3-2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA



Tab. II-3-1 COMPARACION ESTRATIGRAFICA-GEOLÓGICA DEL AREA

EDAD	REGION TEJUPILCO	HOJA TEJUPILCO	HOJA TAXCO	
CUATERNARIO	ALUVION	ALUVION	ALUVION	BASALTO
	BASALTO	BASALTO		
TERCIARIO		ANDESITA BASALTICA	FORMACION ZINACANTEPETEL ANDESITA BASALTICA TORA Y LAHAR	FORMACION CHONTALCOATLAN ANDESITA BUENAVISTA FORMACION CUERNAUACA ANDESITA ZEMPOALA FORMACION TEPICILAN
	RIOLITA TILZAPOTLA	RIOLITA TILZAPOLTA	RIOLITA TILZAPOTLA	
	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION TETELCINGO
		FORMACION ARCELIA		FORMACION MEXCALA FORMACION COAHUILA
MESOZOICO	GRUPO COLCAREO	FORMACION XOCHIPALA	FORMACION AMATEPEC	FORMACION MORELOS ANHIDRITA HUITZUCO
		FORMACION ACUITLAPAN		FORMACION ACUITLAPAN
PALEOZOICO	ESQUISTO TAXCO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO	
		ESQUISTO TAXCO	ESQUISTO TAXCO	

±5 Ma. (Fries y otros, 1965), pero debido a que ha recibido la influencia de las intrusiones de granito se supone que sea más antiguo que dicha edad. Además Cuevas y Colegas(1981) reportan una edad de  $180 \pm 44$  Ma.(Rb/Sr).

Se distribuye en forma de franja desde las proximidades de Tizapa de la parte norte hacia el SSE con un ancho de más de 10 km.

El Esquisto Taxco se compone principalmente del esquisto verde, esquisto pelítico, esquisto calcáreo y el esquisto. Además de estos esquistos, se reconoce el estrato delgado del esquisto psamítico en escala de afloramiento, pero no es registrado en el mapa geológico.

① Esquisto ácido (PTa)

<Distribución>

Esta roca principal se distribuye con rumbo NW-SE en línea

recta desde La Fundadora, en la porción norte del área hasta San Lucas del Maíz pasando El Sauz y Cerro la Lobera. Además de este, las rocas se detectan en el norte de San Lucas del Maíz etc..

#### <Litología y petrografía>

La parte central de la masa de rocas presenta la forma de rocas intrusivas del color gris ~ blanco grisáceo y el desarrollo del plano de esquistocidad es débil y en algunos casos se reconocen plagioclasa cuarzo y la estructura fluidal. Además, en las proximidades de El Sauz la silicificación es muy notable, pero en los alrededores del afloramiento, en cambio, la foliación está muy desarrollada y se observa la estructura de pliegue así que es difícil a menudo distinguirlo del esquisto verde. Estas rocas que se distribuyen a lo largo de la carretera hacia Las Martínez son muy ricas en biotita. Bajo la observación en el microscopio se compone principalmente de relictos de plagioclasa idiomórfica, cuarzo reclistalizado de grano fino, muscovita y albita.

En relación con estas rocas existe una opinión de que tienen origen en toba ácida (Elias, 1989 y otros). Sin embargo, como no están acompañadas por fragmentos antiguas, no se observan las capas alternadas delgadas con pelita, se reconoce la parte que parece ser la estructura de flujo y la masa de rocas tiene la forma de distribución característica, hay gran posibilidad de que sean la masa intrusiva de laminar o capa en un sitio poco profundo.

#### ② Esquisto verde (PTb)

##### <Distribución>

Esta roca se distribuye en el norte de La Fundadora, en la región a lo largo del río Temascaltepec situado al norte de El Platanal Grande, en la región desde El Platanal Grande hasta Las Martínez, en la región desde el norte de El Mamey hasta San José de la Laguna pasando San Lucas del Maíz, en la región desde el oeste de El Sauz al norte del yacimiento Santa Rosa hasta el suroeste de Tejupilco del cabo suroeste de esta zona en la

dirección sureste en forma de franja (piso del yacimiento de Santa Rosa), etc.

#### <Litología y petrografía>

Esta roca situada al norte de La Fundadora se distribuye en capas alternadas con el esquisto pelítico y el esquisto verde, tiene varios metros de espesor. Esta roca presenta un color verde grisáceo y la estructura esquistosa está bien desarrollada.

Bajo la observación microscópica se indica la textura lepidoblástica y esta roca consiste principalmente en clorita talofítica, calcita lenticular y cuarzo. Además, se reconocen los restos de cristales de plagioclasa y feldespatos potásicos.

Esta roca a lo largo del río Temascaltepec situada al norte de El Platanal Grande se alterna con el esquisto pelítico y se reconocen la decoloración, la silicificación y el yacimiento de diseminación de sulfuro que se supone que sea el resultado de la alteración. La estructura de rocas originales es poco clara. Bajo la observación microscópica se compone principalmente de una gran cantidad de actinolita, clorita talofítica, muscovita, cuarzo y albita.

La roca que se distribuye desde El Platanal Grande hasta Los Martínez se compone del esquisto verde que se supone que se ha decolorado a causa de la alteración débil del estrato y es acompañado por un estrato delgado del esquisto pelítico. Como se reconocen conglomerados esenciales blancos grisáceos achatados (varios centímetros de diámetro) que se supone fue la estructura de rocas originales en la región media del arroyo Alamo del afluente del río Temascaltepec, se supone que el estrato tenga origen en las rocas volcánicas lanzadas sobre el fondo del mar. En la zona que colinda con el esquisto pelítico colocado en la parte más alta de este arroyo se reconoció la diseminación de pirita. Bajo la observación en el microscopio se indica la textura lepidoblástica y se compone principalmente de clorita, clinozoisita, cuarzo y albita.

La roca que se distribuye desde El Mamey hasta San José de la Laguna presenta un color verde grisáceo ~ verde, y se supone

que sea el esquistos que tiene origen en rocas volcánicas cuyo plano de esquistocidad está bien desarrollado. En las proximidades de San Lucas del Maíz se distribuye la parte que indica la fase lava acompañada por clorita moteada (desde 1 hasta 5 mm de diámetro) en la parte inferior, y en su parte superior se destacan rocas piroclásticas que contienen fragmentos esenciales achatados del color blanco grisáceo (se produce el cambio del tamaño de la partícula). Encima de esta parte los granos finos se detectan y apenas se observan fragmentos. Bajo la observación en el microscopio, la roca consiste principalmente en clinzoisita, clorita, muscovita, albita y cuarzo, y presenta la textura lepidoblástica.

En el piso del yacimiento Santa Rosa la roca se compone principalmente del esquistos que tiene origen en rocas volcánicas del color verde grisáceo. La roca de ambas partes superior e inferior alterna con el estrato delgado del esquistos pelítico mostrando una transición. En el nivel inferior de las capas alternadas de la parte superior se reconocen fragmentos del color blanco grisáceo quebrados o achatados (se produce el cambio del tamaño de la partícula desde varios centímetros hasta varias decenas de centímetros), pero apenas se acompañan fragmentos accidentales. Además, en la región media del arroyo al este de MJMT-5 se observa el esquistos verde con plagioclasa de grano grueso que se supone que tenga origen en rocas intrusivas.

Además, a pesar de que son débiles se reconocen intermitentemente la decoloración, silicificación, diseminación de sulfuro desde el norte del yacimiento Santa Rosa hasta el suroeste de El Cirián, y se supone que son formadas debido a la mineralización. Bajo la observación en el microscopio de estas rocas tomadas en las cercanías del yacimiento Santa Rosa son las rocas metamórficas que tienen origen en rocas volcánicas neutras - básicas que se componen principalmente de actinolita y epidota.

### ③ Esquisto calcáreo (PTc)

#### <Distribución>

Esta roca se distribuye por el norte de Santa Rosa y en las proximidades de Jumiltepec en forma de estrato delgado o lenticular. En las proximidades de Santa Rosa existen un estrato delgado de unos 50 m de espesor en el nivel inferior del horizonte de yacimiento y en apariencia una masa de rocas lenticular en el nivel aún más bajo de dicho nivel. El estrato delgado se reconoce continuamente desde el norte de Santa Rosa hasta las cercanías de El Sauz, y en la parte superior del Esquisto Taxco se supone que existan en parte los sedimentos calcáreos. Sin embargo, en el afloramiento no se observó la conexión directa entre la masa de rocas lenticular y el Esquisto Taxco periférico. Lo mismo ocurre en la masa de rocas lenticular de Jumiltepec. Es posible que una parte del Grupo Calcáreo en el nivel superior esté incorporada en forma lenticular a causa de la falla, etc., pero este informe trata esta roca como una parte del Esquisto Taxco porque en las cercanías de Santa Rosa existe el esquisto laminar.

#### <Litología y petrografía>

Desde el punto de vista litológico es difícil distinguir este esquisto calcáreo de filita calcárea del Grupo Calcáreo que se mencionará más abajo. Es decir, en general este estrato presenta un color gris oscuro - gris con capas alternadas de la parte pelítica y la parte calcárea, y los pliegues pequeños están bien desarrollados.

### ④ Esquisto pelítico (PTx)

#### <Distribución>

Se distribuye en forma de franja desde proximidades de Tizapa de la parte norte hacia el SSE con un ancho de más de 10 km.

#### <Litología y petrografía>

La roca en el nordeste del área consiste principalmente en el esquisto que tiene origen en roca pelítica en sustancias

grafito del color negro acompañado por el esquisto psamítico con un espesor desde varios centímetros hasta varias decenas de centímetros, un estrato delgado del esquisto verde, y cuarzo de segregación. Se forma la foliación con el plano de clivaje muy visible y frecuentemente se corta el plano de esquistocidad. Bajo la observación en el microscopio el grano es muy fino (menos de 0.2 mm) y la roca es rico en cuarzo y muscovita acompañado por albita, clorita y grafito.

La roca que se distribuye en la dirección suroeste desde El Sauz hasta el cabo sur del área de estudio es también negro y se compone principalmente del esquisto que tiene origen en pelita rica en sustancias grafito. En la parte este de El Cirián, está acompañado por el estrato delgado del esquisto verde y en la parte norte de Santa Rosa está acompañado por la filita calcárea. El estrato alterna con el estrato tobáceo - psamítico gris de varios milímetros de espesor, pero no se representa en el mapa geológico. Además, está acompañado con frecuencia por cuarzo de segregación de varios centímetros de espesor. El plano de esquistocidad y el plano de clivaje están bien desarrollados. Bajo la observación en el microscopio se compone principalmente de cuarzo, muscovita, grafito, etc..

## **(2) Grupo Calcáreo**

El Grupo Calcáreo corresponde al estrato de Rocaverde Taxco Viejo ~ estrato de Arcelia del mapa de Tejupilco (1:100,000), pero debido a que se considera como la serie que señala un ambiente sedimentario casi igual a lo que se detalla más adelante, se denomina provisoriamente como Grupo Calcáreo. A su vez, este estrato se subdivide en el estrato de filita calcárea (MC2), estrato de Roca verde Volcánica (MV1 ~ MV3, MV4), estrato de arenisca calcárea (MCs) y estrato de pizarra (MPz).

### **① Estrato de filita calcárea (MCz)**

Este estrato corresponde a una parte de la Formación Amatepec del mapa de Tejupilco(1:100,000). En el mapa de Tejupilco, según el fósil recristalizado que se reportó en este

estrato, se estima que corresponde al período Cretácico.

#### <Distribución>

Se distribuye en forma de franja rodeando el Esquisto Taxco. Es decir, en el noroeste de la zona se distribuye del noreste ~ sureste de Tizapa como si rodeara al yacimiento Tizapa, además pasa por el oeste de Santa Rosa ~ Epazote con dirección SSE continuando hasta que queda cubierto por las Riolita Tilzapotla al sur de la Ruta Nacional. Vuelve a aparecer más al sur en las proximidades de Monte de Dios, pasa por Amatepec y Tlatlaya en dirección sur para continuar fuera de la región. En el norte de la zona no aflora en la superficie por estar cubierto por el Cuaternario y Terciario, pero se distribuye al suroeste de Amatepec en el noreste de la región hasta Ocotepc y Sultepequito del este de la región.

#### <Litología y petrografía>

Se compone principalmente de filita calcárea y arenisca de grano fino ~ mediano de color negro ~ gris oscuro alternada con pizarra, pero en la parte inferior es prominente la parte calcárea. En general, la parte arenosa presenta el aspecto de tabla de varios centímetros ~ varias decenas de centímetros, en la parte de grano fino está desarrollado el plano de esquistosidad y plano de clivaje reconociéndose en muchos casos la estructura plegada. En las proximidades del Cerro del Campo en la parte suroeste de la zona, se reconocen estratos que incluyen numerosos fósiles recristalizados con aspecto coralino, pero al estar avanzada la recristalización no fue posible la identificación. Bajo la observación con el microscopio, se compone principalmente de gran cantidad de calcita, cuarzo, muscovita, substancias grafitos, piritita y albita.

#### ② Estrato de Arenisca Calcárea (MCs)

##### <Distribución>

Se distribuye al oeste de Santa Rosa en forma continua con rumbo NNW-SSE por aproximadamente 6 km.

### <Litología y petrografía>

Es bueno el grado de clasificación, se compone principalmente de arenisca blanca grisásea de escasa basicidad ~ conglomerado de grano fino que se alterna con estratos delgados de pizarra negra. Está desarrollado el plano de esquistosidad y plano de clivaje y bajo la observación con el microscopio está formada la mayor parte por calcita acompañada de escasa cantidad de cuarzo, muscovita, sustancias grafito y pirita.

### ③ Estrato de Rocaverde Volcánica (MV1)

#### <Distribución>

Se distribuye en forma continua aproximadamente 8 km con rumbo NNW-SSE al oeste de Santa Rosa. Existe la posibilidad de que esté correlacionado con el estrato Rocaverde Taxco Viejo junto con (MV3) que se explica más adelante.

#### <Litología y petrografía>

En la parte inferior se reconocen estructuras de roca volcánica en almohadilla, pero en la parte superior está muy desarrollada la foliación. En general, presenta un color verde ~ verde grisáceo y como mineral metamórfico a veces se reconoce ocularmente la epidota. Bajo la observación en el microscopio se reconocen minerales metamórficos como la clorita, calcita, albita, epidota, actinolita, cuarzo, etc., y restos de cristales de clinopiroxeno y plagioclasa.

### ④ Estrato de Rocaverde Volcánica (MV2)

#### <Distribución>

Se distribuye continuamente desde el extremo noroeste de la zona hasta el sur de Plaza de Gallos pasando por el este de Luvianos.

#### <Litología y petrografía>

Presenta aspecto masivo de color verde ~ verde grisáceo y en las proximidades de Paso de Vigas ~ Rincón de Vargas es notable la estructura de roca volcánica en almohadilla. En las demás partes señala una estructura brechada (lava autobrechada) y en la parte de los extremos yace también la toba en la cual se reconoce



la estructura estratificada alternada con la pizarra. Teniendo en consideración que llenando el espacio entre la lava almohadilla, existen inclusiones de filita calcárea ameboidea y se reconocen muchas vetillas de calcita en la parte brechada, se piensa que se haya formado en un lugar de ambiente sedimentario al igual que la filita calcárea. Al compararse con (MV1), su grado metamórfico es bajo y el desarrollo del plano de esquistosidad es débil o casi nulo. Bajo la observación con el microscopio, la lava almohadilla se juzga que sea olivino basáltico, como fenocristales se compone de olivino, como matriz se compone de plagioclasa y vidrio que señala una textura variolítica y existen aquellos en el cual se reconoce el clinopiroxeno y olivino.

⑤ Estrato de Rocaverde Volcánica (MV3)

<Distribución>

Se distribuye entre Cerro del Campo ~ Tlatlaya en el extremo suroeste de la zona y es mala la continuidad con respecto a su rumbo.

<Litología y petrografía>

Se observan las rocas tobáceas (parte superior) que tienen puntos de clorita, y la lava almohadilla y estructura brechada (parte inferior) e indica un grado de metamorfismo similar al (MV1) descrito anteriormente. Por los efectos del metamorfismo termal del granito que se distribuye en el oeste de Tlatlaya, en los alrededores del granito de esta roca es notable la formación de hornfels y bajo la observación con el microscopio se reconoce la aparición de gran cantidad de biotita. De las observaciones microscópicas de muestras que se suponen no presentan los efectos de granito, los minerales principales son mica, calcita, clorita, albita y cuarzo, titanita escasos.

⑥ Estrato de Rocaverde Volcánica (MV4)

<Distribución>

Este cuerpo se distribuye en forma de franja en Luvianos ~ sur del mismo de la parte oeste de la región. Dentro de (MPz) se observa estratos lenticulares de (MV4).

### <Litología y petrografía>

Presenta aspecto masivo de color verde ~ verde grisáceo y se compone principalmente de roca piroclástica formada por roca volcánica de lava brechada (estructura autobrechada) y fragmentos rocosos accesorios ~ esenciales. Bajo la observación en el microscopio se observa los fragmentos espumados de basalto, andesita y plagioclasa, piroxeno y vidrio, señalando una textura amigdaloides.

#### ⑦ Estrato de pizarra (MPz)

##### <Distribución>

Se distribuye intercalado entre el (MV1) y (MV2) en el noroeste de la zona y se observa con frecuencia a lo largo de la carretera Zacazonapan ~ Luvianos. Además, en el oeste de la zona se distribuye en forma de franja sobre y debajo del (MV4).

##### <Litología y petrografía>

Se compone principalmente de pizarra negra y está acompañado por estratos delgados y lentes de filita calcárea ~ arenisca. Contiene varias capas de estratos de Rocaverde Volcánica de varias decenas de metro de espesor. Bajo la observación con el microscopio es rico en calcita y se compone de minerales metamórficos de grano fino como el cuarzo, clorita, albita, sustancias grafitos, etc., pero suelen quedar fragmentos de plagioclasa y cuarzo.

## 2. Terciario

El Terciario está constituido por la Formación Balsas y Riolita Tilzapotla.

### (1) Formación Balsas (TBS)

Esta formación pertenece al mismo estrato que al del mapa de Tejupilco (1:100,000).

##### <Distribución>

Se distribuyen en dos lugares, o sea al sur de Luvianos del centro oeste de la región y al sureste de San Gabriel Cuentla del oeste de la región.

### <Litología y petrografía>

Al sur de Luvianos contiene conglomerados formados por diversas clases de canto rodado (principalmente roca metamórfica) en la base, pero la mayor parte se compone de lava andesítica basáltica (con partes esponjosas) de color pardo rojizo. En el este se compone principalmente de estratos alternados de conglomerado pardo rojizo, limolita y siltita, acompañado de estratos delgados de lava andesítica. Bajo las observaciones de la lava con el microscopio, como fenocristales contiene el olivino y como matriz se reconoce la plagioclasa, clinopiroxeno, minerales de fierro, feldespato potásico, olivino y vidrio, suponiéndose que se tratan de rocas volcánicas del sistema alcalino (andesita traquítica o mugearita).

## (2) Riolita Tilzapotla

### <Distribución>

Se distribuyen concentradamente en 5 lugares de la región. Es decir, en el norte, centro oeste, suroeste de Tejupilco, este y sureste de la Sierra la Goleta y se distribuyen formando topografías características de flujo piroclástico.

### <Litología y petrografía>

Se compone principalmente de toba riolítica ~ toba compuesta acompañada de lava andesítica y roca piroclástica. La toba es rica en vidrio volcánico de color verde y va acompañado de fragmentos accidentales de pizarra, esquistos y roca volcánica. La toba compuesta tiene color rosado grisáceo y es rica en cristales de plagioclasa y cuarzo, contiene lentes esenciales (pumita) achatada y es muy compacta. Bajo la observación con el microscopio se compone de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, minerales ferrosos y vidrio que muestra una textura vitroclástica y en esta roca de la Sierra de la Goleta se reconoció además la biotita. La lava andesítica ~ roca piroclástica presenta un aspecto masivo de color gris oscuro. Al microscopio, se observan plagioclasa, augita, hornblendita y minerales de hieros.

### 3. Cuaternario

El Cuaternario está constituido por lava basáltica, conos cineríticos y aluvión.

#### (1) Lava basáltica y conos cineríticos (QBs)

##### <Distribución>

Se reconoce la distribución solamente en el norte del Río San Felipe (mitad norte de la región). Es decir, el límite sur de la distribución es en los alrededores del volcán Gordo y Tinaja al SSE de Tejupilco y la parte sur de Pantoja. Además, se reconocen ampliamente en la zona de Tizapa ~ Temascaltepec del norte de la región.

##### <Litología y petrografía>

En la base existe el caso que va acompañado por conglomerado y arenisca de deficiente solidificación, pero la masa principal se compone de lava olivino - basáltica de color gris ~ gris oscuro con escaso contenido de fenocristales formando mesetas. La unidad de flujo es de varios metros ~ varias decenas de metros y se reconocen muchos casos de desarrollo notable de diaclasa columnar. Los conos cineríticos están formados por estratos de scoria de color pardo grisáceo de un espesor de varios centímetros ~ varias decenas de centímetro y existen parte con pendientes de  $10^{\circ}$  ~  $30^{\circ}$ . Según las observaciones microscópicas de la lava, se reconoce en forma generalizada el olivino como fenocristal acompañado por augita. Al reconocerse como matriz la plagioclasa, clinopiroxeno, olivino, feldespatos potásico, minerales ferrosos y vidrio, se supone que esta roca sea basáltica alcalina.

#### (2) Aluvión(QA1)

Este estrato se distribuye en el valle de Luvianos y Tejupilco, a lo largo de los principales ríos y se compone de grava, arena y limo no solidificado. El espesor del estrato es de menos de varios metros.

#### 4. Rocas intrusivas

Las principales rocas intrusivas de esta región se componen de granito gneisico de Arroyo Frio, troncos granítico de Temascaltepec y Tlatlaya, diques ~ capas riolíticas ~ dacíticas.

##### (1) Granito gneisico(PGr)

El Augengneis Arroyo Frio que fue descrito por Paraz(1979) y que se la ha considerado como la roca más antigua del área, en este reporte, en baja a estudio petrográficos y análisis químicos de la determinado que la roca es gneisica con metamorfismo sin llegar a ser un augengneis.

##### <Distribución>

Esta roca se reconoce en el Arroyo Ahogado y Arroyo Frio del sureste de Tizapa y está en contacto con el esquisto psamítico de el Esquisto Taxco.

##### <Litología y petrografía>

Son gneis graníticos de grano mediano ~ grueso y se reconocen estructura augen e inclusiones dioríticas de color gris oscuro. Bajo la observación microscópica contiene principalmente cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, muscovita y biotita y va acompañado por epidota, clorita, esfeno, circón y mineral de fierro.

##### (2) Tronco de granodiorita de Temascaltepec (TGr)

##### <Distribución>

Se distribuye en el este de Cerro Peñón ~ Río Grande y al oeste del mismo en la parte noreste de la región y está cubierto por basaltos del Cuaternario y las riolitas del terciario. Además, en el Río Temascaltepec en las proximidades de las áreas con indicios de mineralización de El Salitrillo, atraviesan el esquisto pelítico del Esquisto Taxco que ha ejercido la metamorfosis termal en las rocas metamórficas de los alrededores del yacimiento El Río. De estos hechos, se estima que en el subsuelo, este tronco granítico se extiende hacia el sur.

##### <Litología y petrografía>

Se compone principalmente de granodiorita de color rosado

grisáceo de grano mediano ~ grueso, ocularmente se reconoce característicamente el feldespató potásico y además el cuarzo, plagioclasa y biotita. En la parte que hace contacto con el Esquisto Taxco descrito anteriormente contiene dique aplítico. A lo largo de la ruta al sur de Cerro Peñón se afloran cuerpos de grano grueso pero está meteorizado como masa. La observación con el microscopio muestra una textura equigranular gruesa y se compone principalmente de cuarzo, feldespató potásico, plagioclasa, biotita y mineral ferroso.

### **(3) Tronco de granito de Tlatlaya (TGd)**

#### **<Distribución>**

Se distribuye en las partes topográficamente abruptas como masas rocosas elípticas (5 km x 3 km) que se extiende de norte a sur, al este del pueblo de Tlatlaya en el extremo sur de la zona y compone los cuerpos montañosos del Cerro El Campanario y Cerro Tres Cruces. Además, hacia el este ~ sur de este tronco, ha ejercido una fuerte metamorfosis térmica en la filita calcárea y Rocaverde Volcánica que recibiera la intrusión y se supone de que este tronco se extiende en el subsuelo con rumbo hacia el sureste.

#### **<Litología y petrografía>**

Debido a que presenta un aspecto porfírico masivo ~ roca holocristalina de grano fino color gris verdoso, se supone de que la parte que se reconoce sobre la superficie de la tierra corresponde a la periferia de la masa rocosa. Bajo la observación con el microscopio, tiene textura porfírica, se compone de plagioclasa fenocristalina y plagioclasa, feldespató potásico, biotita de grano fino y mineral ferroso, y con frecuencia se reconoce el anfíbol. Asimismo, se observan los minerales alterados como la clorita y epidota y se supone que haya recibido alteración hidrotermal.

### **5. Diques y capas**

En las proximidades de los yacimientos Arvallo ~ Belém del centro este de la zona se reconocen muchas placas riolíticas de

varios metros de espesor que están estrechamente relacionadas con la mineralización. Tiene escasos fenocristales pero ocularmente pueden comprobarse los microfenocristales de cuarzo, feldespatos y biotita. Bajo la observación con el microscopio, se reconoce frecuentemente los fenocristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y raras veces va acompañado con hornblenda. La matriz se compone de cuarzo, minerales ferrosos y minerales de silicato muy fino. Según los resultados del análisis químico, contiene 75 ~ 76 % de  $\text{SiO}_2$  y según el diagrama  $\text{SiO}_2$  - álcali se clasifica como riolita.

En las proximidades de Pueblo Nuevo del extremo sureste de la región se distribuye una parte del grupo de diques radiales. El centro de radiación se encuentra hacia el oeste fuera de la región. Los afloramientos presentan brechados fracturados y no es claro el tipo de roca madre debido a la notable meteorización, aunque es enorme la posibilidad de que sea dacítica.

### 3-3 Estructura Geológica

Si bien desde el punto de vista de la estructura geológica regional, esta zona pertenece a el Eje Neovolcánico Transmexicano. Esta zona de distribución de rocas metamórficas continúa SSE hacia fuera de la región, se denomina como zona de levantamiento de roca basal, pero esta zona se considera Levantamiento de Tejupilco. Según los resultados de los estudios de esta oportunidad, se ha aclarado la existencia de la estructura anticlinal de Tejupilco que pasa por el centro de la región donde se distribuyen el Esquistos Taxco. Este plegamiento no llega hasta el sistema Terciario. Según el aspecto de la distribución del estrato en las proximidades, se supone que el eje anticlinal se sumerge suavemente hacia el noroeste. Además, en el centro de la región se piensa que está doblado por el eje del plegamiento del nuevo sistema E-W.

### 3-4 Mineralización

En el plano aparte se detallan lista de minas e indicios de mineralización y en la Tab.II-3-2 resaltados de análisis químico de

Tab.II-3-2 LISTA DE ANALISIS QUIMICOS DE LOS MINERALES (1)

NO.	TIPO DE MUESTRA	LOCALIZACION	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	Sulfuro masivo	Tizapa	3.58	420	0.16	11.03	23.16	23.20
2	Sulfuro masivo	Tizapa	2.76	371	0.78	1.90	17.95	26.00
3	Sulfuro masivo	Tizapa	0.10	< 1	0.01	0.01	0.02	14.09
4	Sulfuro masivo	Tizapa	3.13	174	0.38	2.89	17.47	21.57
5	Sulfuro masivo	Tizapa	6.80	1,032	0.84	0.31	3.02	38.31
6	Sulfuro masivo	Tizapa	3.33	946	0.22	12.97	18.73	14.05
7	Sulfuro masivo	Tizapa	2.19	740	0.09	4.46	13.68	27.19
8	Roca limonitico	Tizapa	0.24	27	0.18	1.71	0.16	36.39
9	Veta de calcira y cuarzo	El Mango	< 0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.08	0.98
10	Veta de cuarzo	El Mango	0.02	< 1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.62
11	Veta de cuarzo	El Mango	0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.01	1.30
12	Sulfuro masivo	Santa Rosa	1.71	351	0.13	4.29	9.16	22.81
13	Sulfuro masivo	Santa Rosa	2.38	393	0.20	6.66	11.88	16.05
14	Sulfuro masivo	Santa Rosa	0.75	171	0.07	0.77	0.19	22.95
15	Veta de cuarzo	El Mamey	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	1.10
16	Veta de cuarzo	El Mamey	0.01	< 1	0.02	< 0.01	< 0.01	0.25
17	Veta de cuarzo	El Mamey	0.02	< 1	< 0.01	0.01	0.01	2.39
18	Pirita diseminada	El Rio	0.11	46	0.28	0.09	0.11	19.07
19	Veta de Sulfuro	El Rio	0.01	140	0.72	0.23	2.11	40.38
20	Veta sulfuro	El Rio	0.08	221	0.59	0.27	1.23	32.93
21	Veta sulfuro	El Rio	0.04	120	0.70	0.14	0.47	12.69
22	Veta sulfuro	El Rio	0.03	112	0.71	0.03	0.15	7.24
23	Veta de cuarzo	El Rio	0.02	2	< 0.01	0.01	0.03	0.66
24	Veta de sulfuro, cuarzo y calcita	Salitrillo	0.02	14	0.01	0.61	0.01	1.24
25	Veta de sulfuro, cuarzo y calcita	Salitrillo	0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.01	2.15
26	Veta de cuarzo	El Volcan	0.03	2	< 0.01	0.02	< 0.01	0.70
27	Veta de cuarzo	El Volcan	0.03	< 1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.48
28	Pirita diseminada	Ocotepc	0.01	14	0.01	0.01	0.02	4.09
29	Veta sulfro	Ocotepc	0.49	200	0.02	0.09	0.89	5.47
30	Veta sulfro	Ocotepc	0.82	966	0.08	0.05	1.10	11.74
31	Veta de sulfuro y cuarzo	Ocotepc	1.25	189	0.02	0.09	0.03	7.18
32	Pirita diseminada	Ocotepc	0.05	7	0.01	0.09	0.03	1.27
33	Veta de cuarzo	El Gallo	0.01	6	< 0.01	0.01	0.01	0.52
34	Veta de sulfuro y cuarzo	El Tejamanil	0.01	6	0.03	0.35	0.64	2.42
35	Veta de sulfuro y cuarzo	El Tejamanil	0.20	107	0.09	3.96	0.37	7.35
36	Veta de cuarzo	El Tejamanil	0.03	10	< 0.01	0.02	0.01	2.38
37	Veta de sulfuro y cuarzo	San Lorenzo	0.01	3	< 0.01	0.01	0.01	5.79
38	Veta de cuarzo	San Lorenzo	0.26	12	< 0.01	0.01	< 0.01	0.40
39	Veta de sulfuro y cuarzo	San Lorenzo	1.66	255	0.13	0.37	1.60	12.39
40	Veta de sulfuro y cuarzo	San Lorenzo	0.47	66	0.01	0.01	0.02	4.05
41	Veta de sulfuro y cuarzo	San Lorenzo	0.08	251	0.06	0.02	0.04	3.10
42	Veta de cuarzo	San Lorenzo	0.02	3	0.01	0.04	0.02	2.26
43	Riolita mineralizada	San Lorenzo	0.01	< 1	< 0.01	0.02	< 0.01	0.50
44	Veta de sulfuro y cuarzo	Santa Rosalia	0.02	26	0.01	0.27	0.02	1.17
45	Veta de sulfuro y cuarzo	Santa Rosalia	0.04	20	< 0.01	0.03	0.08	1.96
46	Veta de sulfuro y cuarzo	Santa Rosalia	1.07	1,500	0.01	0.14	0.09	1.82
47	Veta de sulfuro y cuarzo	Santa Rosalia	5.12	7,824	0.02	0.37	0.34	2.40
48	Veta de sulfuro y cuarzo	Santa Rosalia	0.61	350	0.01	0.04	0.03	0.77
49	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	0.35
50	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	0.61
51	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.07	73	0.02	0.14	0.14	6.03
52	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate I	0.07	35	< 0.01	0.07	0.08	2.01



Tab.II-3-2 LISTA DE ANALISIS QUIMICOS DE LOS MINERALES (2)

NO.	TIPO DE MUESTRA	LOCALIZACION	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)
53	Veta de cuarzo	El Aguacate II	0.22	6	< 0.01	0.02	0.02	1.48
54	Veta de cuarzo	El Aguacate II	0.02	6	< 0.01	0.01	0.03	0.90
55	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate II	0.02	13	0.01	< 0.01	0.01	2.09
56	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate II	0.04	40	0.01	0.25	0.04	0.41
57	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.12	133	0.01	0.19	0.08	5.44
58	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	1.43	159	0.01	0.10	0.04	3.68
59	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.29	567	0.01	0.29	0.27	4.69
60	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	9.88	7,116	0.01	0.13	0.19	2.30
61	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.33	174	0.02	0.60	0.38	3.08
62	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.26	122	< 0.01	0.03	0.01	2.50
63	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.22	52	0.01	0.08	0.48	2.83
64	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.40	162	0.04	0.26	0.34	4.12
65	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	1.54	1,292	0.03	0.57	0.32	4.94
66	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.08	749	0.02	0.10	1.09	1.09
67	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.02	120	< 0.01	0.02	0.02	1.04
68	Riolita mineralizada	Las Golondrinas	0.02	7	< 0.01	0.05	0.13	0.69
69	Veta de cuarzo	Las Golondrinas	0.52	95	0.01	0.39	0.29	2.38
70	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.26	73	0.01	0.07	0.01	1.57
71	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.14	120	< 0.01	0.05	< 0.01	1.33
72	Veta de cuarzo	Abandonada	0.04	1	< 0.01	0.01	0.01	2.82
73	Pirita diseminada	Abandonada	0.02	2	0.02	0.01	0.01	9.39
74	Veta de cuarzo	Abandonada	0.44	3	0.01	0.17	0.01	2.16
75	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	0.24	77	0.08	2.87	3.38	18.79
76	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	0.95	20	0.01	0.06	0.04	11.83
77	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	1.88	36	0.01	0.08	< 0.01	9.88
78	Pirita diseminada	Salitre	0.16	15	0.01	0.02	0.01	10.54
79	Pirita diseminada	Salitre	0.02	14	0.05	0.01	0.01	22.50
80	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre	0.28	1	0.01	0.02	< 0.01	0.45
81	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre	0.72	1	0.02	0.04	0.09	24.89
82	Veta de cuarzo	Arvallo	0.21	< 1	0.01	0.01	< 0.01	1.50
83	Veta de sulfuro y cuarzo	Arvallo	0.01	< 1	< 0.01	0.05	0.06	1.98
84	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.16	1	0.02	0.14	0.01	3.79
85	Veta de cuarzo	Salitre II	0.05	< 1	0.01	0.05	0.02	2.74
86	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.04	100	0.02	1.05	0.04	1.65
87	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.12	189	0.24	9.51	3.03	30.57
88	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.17	5	0.01	0.06	0.09	6.10
89	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.33	55	0.11	0.66	5.44	7.66
90	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	3.36	363	0.58	9.76	7.98	20.30
91	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	1.42	280	0.30	4.97	12.30	23.40
92	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.78	59	1.56	0.17	6.08	17.89
93	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.07	62	0.02	0.03	0.03	18.80
94	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.14	9	0.03	0.40	1.29	9.07
95	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.31	272	0.20	12.57	0.11	18.01
96	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.36	174	0.54	3.92	2.05	23.85
97	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.55	949	3.56	15.58	5.59	13.51
98	Veta de sulfuro y cuarzo	Guitarra	0.05	108	0.06	0.23	7.83	2.04
99	Veta de sulfuro y cuarzo	Guitarra	2.58	802	0.10	0.19	0.21	2.10
100	Veta de cuarzo	Oeste de MJMJ-1	< 0.01	3	0.01	0.02	0.06	0.62
101	Sulfuro masivo	Oeste de MJMJ-1	0.42	4	< 0.01	0.01	0.01	4.65
102	Pirita diseminada	El Cirian	0.01	18	0.01	0.01	0.01	5.01
103	Veta de pirita y cuarzo ?	Santa Ana	0.15	272	0.01	0.03	0.03	1.46
104	Veta oxido	Este de Mamey	0.29	45	0.03	0.05	0.05	40.15

mina.

### **(1) Yacimiento Esmeralda**

Aunque se dijo que en la ribera izquierda del arroyo existente a aproximadamente 700 m al norte del yacimiento Tizapa existe el área con indicio de mineralización, actualmente está cubierto con tierra y arena y no fue posible visualizarlo. En los alrededores sólo se reconocen los estratos alternados de esquisto verde rico en muscovita que se supone indica la alteración por mineralización y los esquistos pelítico y silíceo. Las actividades de prospección con respecto a este yacimiento se realizó por CRM desde mayo de 1981 a julio de 1983 y la cantidad de sondajes realizados totalizan 39 perforaciones con una longitud total de 8,237 m. La profundidad de perforación de cada pozo fue alrededor de 350 m como máximo. De estos sondajes, 8 perforaciones se encontraron el mineral de sulfuro masivo, 6 perforaciones captaron el mineral diseminado y la reserva mineral fue estimado en aproximadamente 330,000 t. Las leyes medias fueron 224.10 g/t de Ag, 2.43 % de Pb y 1.32 % de Zn. No se analizaron con respecto al Au y Cu.

### **(2) Yacimiento Tizapa**

Este yacimiento se ubica debajo de la meseta de Tizapa a aproximadamente 5 km al sureste de Zacazonapan y el afloramiento mineralizado se encuentra en el arroyo de Tizapa. El yacimiento Tizapa se confirmó por los estudios realizados por CRM entre 1977 ~ 1982. Posteriormente, entre 1987 ~ 1991, por la Exploración Mineral Cooperativa (Región de Arcelia) se aclaró lo siguiente.

- El yacimiento de sulfuro masivo es del tipo limitado por el estrato y formado por 3 cuerpos minerales de la parte superior, media e inferior.
- El yacimiento se distribuye dentro del alcance de 500 m de este a oeste y 400 m de norte a sur y se estima que aún continúa con rumbo noroeste.
- La reserva mineral sumando el mineral masivo y mineral

diseminado es de aproximadamente 5,600,00 t con leyes de 1.65 g/t de Au, 246 g/t de Ag, 0.678 % de Cu, 1.24 % de Pb, 6.00 % de Zn y 30.76 % de Fe.

Sin embargo, se cree que no se han logrado conclusiones claras con respecto a la correlación de la estructura geológica regional del horizonte del yacimiento. Con los estudios de esta oportunidad, se aclaró que el horizonte del yacimiento se ubica en la parte del límite entre el Esquisto Taxco y Grupo Calcáreo. Es decir, la parte inferior del yacimiento se compone principalmente de esquisto verde y esquisto pelítico que contiene muscovita, se supone se haya formado por la mineralización y se observan estratos delgados de esquisto ácido.

Por otra parte, en el estrato superior se distribuyen ampliamente los estratos que se componen principalmente por filita calcárea y pizarra de color gris oscuro ~ negro en donde prácticamente no se observan alteraciones. Además, como se ha explicado anteriormente, en las proximidades del yacimiento Tizapa pasa el eje anticlinal de Tejupilco y se supone que se sumerge suavemente hacia el noroeste. Al juzgarse por el esquema de distribución de yacimientos señalado en la Exploración Mineral Cooperativa (Región de Arcelia), se supone que el macizo mineral continúa con rumbo del buzamiento del plegamiento, lo cual armoniza con el hecho de que el yacimiento continúa en dirección NW. Al norte de la falla de Tizapa, el horizonte del yacimiento pasa por Esmeralda y continúa alrededor de 1 km hacia el NE, luego cambia de rumbo hacia ENE y queda cubierto por el sistema Cuaternario en el punto ubicado a aproximadamente 1.5 km al norte de El Potrero de Tenayac. En este tramo, se encuentra en diversos puntos la muscovita y el esquisto verde silicificado. Al sur de la falla de Tizapa, el horizonte del yacimiento continúa en dirección SW hasta las proximidades de la cumbre del monte Pila desviándose varios centenares de metros hacia el oeste y luego se dirige a Santa Rosa con rumbo SSE.

De las observaciones de los alrededores del yacimiento y los sondeos existentes, en el estrato inferior del yacimiento se

extiende la zona silicificada con disseminaciones de pirita y dentro el mineral de la parte masiva está la parte que se compone principalmente de pirita y la que se compone principalmente en esfalerita y con frecuencia se desarrolla la estructura sedimentaria.

Según los resultados de las observaciones microscópicas, como componentes del mineral masivo se incluye principalmente la pirita (cristal cúbico) y esfalerita con trazas de calcopirita, tetraedrita y arsenopirita. La esfalerita, galena y calcopirita se observan relleno los espacios intergranulares de la pirita. La tetraedrita coexiste principalmente con la galena. Ahora, la Mina Tizapa está en la explotación y la producción empezará de mayo de 1994.

### **(3) El Mango**

Es un área con indicios de mineralización ubicado en el arroyo del SSW del pueblo El Limón y se compone principalmente de afloramientos de veta de cuarzo y calcita que se reconocen dentro de estratos alternados de pizarra y arenisca que pertenecen al grupo calcáreo. No existen antecedentes de explotación. El rumbo de la veta tiene sistema NW y sistema NE y se estima que rellena la falla. El ancho de la veta es de 10 ~ 20 cm como máximo y la continuidad es deficiente.

### **(4) Santa Rosa**

Se ubica a la altura de 1,420 m en medio de la ladera del cerro a aproximadamente 1 km hacia el SSE del pueblo El Mamey. Se dice que fue explotado por la empresa Peñoles y existe una galería de exploración con una longitud total de aproximadamente 70 m. La galería se excavó con rumbo casi N30°W y se captó el cuerpo de sulfuro masivo. En cuanto al nivel del estrato, se ubica en el límite entre el Esquisto Taxco y filita calcárea, pero el macizo mineral yace dentro del esquisto pelítico del nivel superior del Esquisto Taxco que corresponde al mismo horizonte del macizo mineral del centro del yacimiento Tizapa. Aparece el macizo mineral en el punto ubicado a 28 m de la

bocamina e indica rumbo  $N75^{\circ}E$  y buzamiento de  $20^{\circ}N$ . La parte de mayor espesor tiene aproximadamente 2 m pero se reduce bruscamente en el noreste. Como alteración, se reconoce una intensa argilización en las proximidades de 18 m de la bocamina y en los afloramientos del mismo nivel fuera de la galería se distribuyen los esquistos verdes de débil alteración a muscovita y silicificación. El mena presenta claramente la estructura sedimentaria y se compone de Koroko que contiene principalmente plomo y zinc y mena silíceo que contiene principalmente la pirita.

Asimismo, en las observaciones microscópicas de secciones pulidas, las muestras de tipo kuroko se componen de pirita, esfalerita y galena con trazas muy escasas de calcopirita y tetraedrita. La pirita presenta granulaciones idiomorfas de  $0.3 \sim 0.01$  mm, pero los demás minerales tienen formas indefinidas y se presentan como si llenaran los espacios intergranulares de la pirita.

Además se encontró un afloramiento mineralizado con diseminación de pirita, hacia 2 km norte de la mina Santa Rosa.

#### **(5) El Mamey**

Es un área con indicio de mineralización que se compone principalmente de vetas de cuarzo (2 lugares) que afloran en el arroyo al este del pueblo Los Melchores. La geología se compone del esquisto verde del Esquisto Taxco. La veta indica rumbo  $N2^{\circ}W \sim N8^{\circ}W$  con buzamientos bruscos. El ancho de la veta es de 20 cm y 10 cm respectivamente pero los sulfuros no se observan ocularmente. A lo largo del camino a aproximadamente 1.5 km al sur, existe una veta de cuarzo de un ancho de 30 cm (que armoniza con la estructura de la roca encajonante).

#### **(6) El Río**

La bocamina (altura 1,350 m) se encuentra en el talud de la ribera izquierda del Río Temascaltepec a aproximadamente 100 m hacia el sur de la confluencia del Río Temascaltepec y Río La Mina y en el cerro del sureste quedan los restos del campamento

(vaciadero?). El cuerpo de sulfuro se observa en la pared de la antigua galería. La capa superior se compone de estratos alternados de esquisto pelítico - esquisto silíceo blanco sericitizado y la capa inferior se compone de esquisto pelítico negro. El mineral es en general duro y la parte superior es mineral silíceo y la parte inferior es masivo rico en pirrotita. El rumbo del yacimiento armoniza con la roca encajonante indicando  $N25^{\circ}E \sim N40^{\circ}E$  con buzamiento de  $30^{\circ} \sim 36^{\circ}E$ . El espesor aparente es de algo más de 1m incluyendo la parte silícea. Según las observaciones microscópicas de la sección pulida, la parte silícea se compone principalmente de pirita, pero la parte masiva es rica en marcasita y algunos de los minerales como pirrotita, pirita o calcopirita con escasa cantidad de esfalerita y galena. En la marcasita se reconocen texturas moteadas (bird-eye texture).

#### **(7) El Salitrillo**

Se ubica a aproximadamente 1 km al norte del yacimiento El Río. Corresponde a la parte del contacto del Esquisto Taxco y el macizo granítico de Temascaltepec, se trata del área con indicios de mineralización compuesto principalmente de vetas de cuarzo - calcita que se distribuyen junto con dique de aplita. El rumbo de la veta indica  $N65^{\circ} \sim 50^{\circ}W$ , tiene un buzamiento brusco y el ancho máximo es de 5 ~ 10 cm. Ocularmente se reconocen la pirita, calcopirita, tetraedrita y galena.

Según las observaciones microscópicas de la sección pulida, se reconocen la pirita, galena y escasas cantidades de calcopirita, esfalerita, tetraedrita y pirrotita.

Además de los anteriores, en el Río Temascaltepec a aproximadamente 500 m al sur de El Río se distribuye la roca intrusiva riolítica que contiene vetilla de cuarzo. Según la observación microscópica, se reconocen trazas de esfalerita.

#### **(8) El Volcán**

Es el área con indicios de mineralización ubicada a aproximadamente 2 km al SSW de la ciudad de Tejupilco y se dice

que fue explotada para extraer el cuarzo. En las vetas de cuarzo se observan rastros de la excavación a cielo abierto, la cual yacen dentro del esquisto pelítico del Esquisto Taxco, tiene rumbo  $N7^{\circ} \sim 15^{\circ}E$  con buzamiento de  $24^{\circ} \sim 25^{\circ}W$  y ancho de  $1 \sim 5$  m. Ocularmente no se reconocen zonas alteradas ni sulfuros. Según las observaciones microscópicas no se reconocen otros minerales aparte del cuarzo.

#### (9) Ocotepc

Se ubica en las proximidades de 1,400 m de altura del Arroyo San Gabriel al suroeste del pueblo Zapote. Se reconocen las bocaminas en un tramo de 150 m a lo largo del arroyo, pero la mayoría son restos de galerías de exploración (menos de  $2 \sim 3$  m de profundidad) de escala pequeña. Todas las galerías fueron perforadas dentro de la riolita y se estima que aguas abajo en las proximidades del contacto con las rocas metamórficas existen yacimientos prominentes, pero es imposible el acceso a la galería debido a que está sumergido en el agua. Al juzgar por las partes que actualmente pueden observarse, el rumbo del yacimiento es de alrededor de  $N60^{\circ}W$  y  $N25^{\circ}W$  y dentro de la zona fracturada de  $50 \sim 70$  cm de ancho existen vetas de galena, esfalerita y pirita y la parte de la bonanza tiene un espesor de  $1 \sim 20$  cm. En la riolita que es la roca encajonante, se reconoce una débil silicificación y la diseminación de pirita. Además, en el punto ubicado a aproximadamente 1 km al sudoeste, existe un área con indicios de mineralización que se supone es la prolongación de esta manifestación de mineralización, donde se observan restos de galerías antiguas. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de muestras en las galerías y los escombros, se reconocieron la estibinita, pirita, arsenopirita, esfalerita y goethita coloforme.

#### (10) El Gallo

Se considera que estaba ubicado en la parte montañosa a aproximadamente 2,000 m de altura al este del poblado Ocotepc pero en los estudios de esta oportunidad se comprobaron solamente

las vetas de cuarzo en 2 lugares. En toda la zona próxima, se distribuyen ampliamente la toba compuesta de Riolita Tilzapotla formando una topografía abrupta de flujo piroclástico. Las vetas de cuarzo tienen rumbo N10°W con buzamientos bruscos y el ancho es de varios mm ~ 3 cm. No se reconocen alteraciones notables y al borde de las vetas sólo se reconocen partes con una débil argilización y oxidación. Sólo se extrajo 1 muestra y según las observaciones microscópicas de la sección pulida se comprobaron trazas muy escasas de pirita y calcopirita.

#### **(11) Mina Guitarra**

Esta mina se ubica a aproximadamente 4 km al WNW de Temascaltepec. Según A. A. Contreras (1981), se afirma que el descubrimiento de esta mina data de 1539. Sin embargo, con posterioridad se vino desarrollando desde el este hacia el oeste los yacimientos San Francisco, La Cruz, El Garambullo, Ángeles, etc., se vino repitiendo la clausura y explotación y se estima que hasta ahora se han extraído aproximadamente 500,000 t de mineral. Desde agosto de 1991 se reiniciaron las actividades y actualmente se está operando con aproximadamente 30 operarios mineros.

La geología de las proximidades se compone del granodiorita de Temascaltepec, Riolita Tilzapotla, pero en la roca encajonante de este yacimiento se incluye además la pizarra. El yacimiento tiene un ancho de 6 ~ 20 m (promedio de 10 m) y continúa más de 2 km con rumbo NW-SE sufriendo ensanchamientos y adelgazamientos. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas, se observan la pirita, calcopirita, esfalerita, galena y traza de electrum, estefanita, polivasita.

#### **(12) El Tejamanil**

El área con indicios de mineralización se compone principalmente de vetas de cuarzo - calcita - pirita - galena de la Riolita Tilzapotla que se reconocen en los arroyos del sur del Cerro El Pilón. No existen antecedentes de explotación real y sólo se reconocen restos de perforación de galerías de pequeña



escala. Los afloramientos del yacimiento se observan en 3 lugares entre alturas de 1,200 ~ 1,250 m. Hay uno que tiene rumbo aproximado de N70°W con buzamiento pronunciado y otro que tiene rumbo aproximado de N30°W que presenta buzamiento pronunciado al este. Estas mineralizaciones se presentan llenando la franja fracturada (ancho 20 ~ 50 cm) que se produjeron dentro de la roca piroclástica. Se reconocen débiles silicificaciones de la roca encajonante de los alrededores de la veta y la disseminación de pirita.

### (13) San Lorenzo

En la ladera del arroyo a aproximadamente 1 km al suroeste del pueblo Plaza de Gallos quedan restos de galería e instalaciones de la mina. Además, existe el resto del camino minero desde la ruta nacional hasta la bocamina (altura 1,010 m) lo que hace suponer que hasta una fecha relativamente reciente se estuvo explotando. Geológicamente se ubica en la parte del límite de la roca verde volcánica y los estratos de filita calcárea, dentro de la galería se distribuyen principalmente el dique de dacita. El yacimiento se compone de vetas de cuarzo - calcita - sulfuros que llenan las fracturas (rumbo N56°W, buzamiento N46°E) de dacita y las bonanzas contienen principalmente galena, esfalerita y pirita. La franja de fracturación tiene un ancho de 50 ~ 70 cm, las bonanzas tienen un máximo de 20 cm pero con abundantes variaciones. La dacita de la roca encajonante está argilizada en general y se reconocen las disseminaciones de pirita y malaquita verde. Aguas arriba del arroyo donde está la galería, se reconocen numerosas rocas desprendidas de la veta de cuarzo (estéril). Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de la bonanza, se reconocen la arsenopirita, esfalerita y pirita con trazas de galena, calcopirita y tetraedrita. En la roca intrusiva de roca madre alterada se comprobaron la pirita y trazas de calcopirita y esfalerita.

Además de los anteriores, se ha aclarado que a lo largo de la

ruta nacional al sur del pueblo Plaza de Gallos existe dentro de la roca verde volcánica la veta de calcita - cuarzo con pirita y malaquita. El rumbo de la veta es N42°W, el buzamiento de 45°W y tiene un ancho de 20 ~ 10 cm. Además, se observan dacita alterada (a lo largo de la ruta nacional al SSE de la mina), y veta de cuarzo oxidado de color pardo en la ribera izquierda del Río Chiquito en las proximidades del pueblo El Salitre.

#### (14) Santa Rosalia

Es el área con indicios de mineralización que se compone de 7 bocaminas y 1 afloramiento desde el arroyo del este de la escuela primaria San Mateo hacia el cerro. Se dice que varias decenas de años fue explotada por los americanos. Se supone que el centro de desarrollo estuvo entre las alturas de 1,250 ~ 1,280 m y quedan 3 galerías que pueden accederse. La geología se compone de toba lapilli ~ brechada dacítica ~ andesítica. El yacimiento se compone principalmente de vetas de cuarzo - calcita - sulfuro que llenan estas fracturas desarrolladas. Como rumbo de vetas existen 2 sistemas que son el WNW ~ EW y NW. En las bonanzas se reconocen el cuarzo de color gris oscuro (rico en Ag), galena, esfalerita y pirita. El ancho es de varios centímetros a 30 cm. En las rocas piroclásticas que es la roca encajonante de los alrededores del yacimiento, se reconoce la silicificación y la argilización. Según las observaciones microscópicas de las secciones pulidas, se observan pirita, esfalerita, calcopirita, galena y argentita.

#### (15) El Aguacate I

El área con indicios de mineralización está formado por 8 galerías antiguas existentes en el tramo de aproximadamente 1.5 km a lo largo del arroyo al este de Monte de Dios y varios afloramientos de veta de cuarzo. La geología se compone principalmente de filita calcárea, estratos alternados de arenisca calcárea · pizarra y diques de roca dacítica ~ riolítica que lo atraviesan. La comprobación de vetas de cuarzo con sulfuros tuvieron lugar en las orillas del dique riolítico

que aflora en el arroyo del este del Cerro El Aguacate. El rumbo del yacimiento es de alrededor de  $N60^{\circ}W$ , el ancho máximo es de 20 cm y en las bonanzas se reconocen ocularmente la galena y pirita. Según las observaciones microscópicas de la sección pulida, se reconocieron la pirita, arsenopirita, esfalerita y galena aunque sólo como trazas. En la pizarra que recibiera la intrusión, se reconoce la silicificación y la diseminación de pirita. Además, por la distribución de las galerías antiguas, la veta principal señala rumbo NW, se estima que en una extensión de casi 1 km continúa intermitentemente o en forma escalonada.

#### (16) El Aguacate II

Se ubica a la altura de 1,125 m en el arroyo del suroeste de Monte de Dios y se observan la galería antigua perforada con rumbo  $N10^{\circ}W$  y vetas de cuarzo. La geología de las proximidades se compone principalmente de arenisca calcárea. La galería antigua no es accesible, pero dentro de los escombros se observan el cuarzo y la calcita y en algunos se comprueba ocularmente la pirita y galena. Según las observaciones microscópicas de las secciones pulidas, pueden comprobarse escasas cantidades de galena y trazas de esfalerita, pirita y tetraedrita. En la esfalerita se observa la textura de emulsión. Las vetas de cuarzo estériles que se distribuyen a aproximadamente 50 m al suroeste de la bocamina, tienen un ancho de 1.5 m, rumbo  $N46^{\circ}W$ , buzamiento de  $73^{\circ}SW$  y existen numerosas vetillas de cuarzo que tienen el mismo rumbo.

Además, a lo largo del camino del norte del pueblo Monte de Dios, existe la veta de cuarzo-calcita que contiene partes oxidadas (alrededor de  $N60^{\circ}W$ , ancho varios centímetros) en las proximidades de la roca intrusiva riolítica y entre el área con indicios de mineralización de El Aguacate II al este del pueblo existe el afloramiento de casi 700 ~ 800 m de veta de cuarzo estéril con rumbo  $N50^{\circ}W$  con ancho de 3 m y 7 m (con gran cantidad de cristales idiomórficos). En el punto ubicado a aproximadamente 1 km aguas abajo del arroyo que se distribuye en

el área con indicios de mineralización de El Aguacate II, se reconoce también la veta reticulada de cuarzo (ancho 20 cm) acompañado de escasas cantidades de pirita y muy pequeñas trazas de calcopirita.

#### (17) Belém

Se trata de indicios de mineralización que continúa aproximadamente 1km con rumbo NW-SE desde el Río El Cristo y sus afluentes. La geología de las proximidades se compone de esquisto pelítico del Esquisto Taxco muy plegados, franja alternada de esquisto pelítico y esquisto verde y roca intrusiva riolítica. El yacimiento se compone principalmente de cuarzo ~ veta de sulfuro ~ veta reticulada que llena la franja fracturada producida en las proximidades del contacto entre las rocas metamórficas y rocas intrusivas riolíticas. Las vetas que pueden observarse en los afloramientos y dentro de las galerías, en muchos casos indica rumbo  $N30^{\circ} \sim 40^{\circ}W$  y dentro de la distribución de galerías antiguas se observa la misma tendencia. Las bonanzas tienen un máximo de alrededor de 20 cm, se compone principalmente de cuarzo de color gris oscuro acompañado por pirita, galena y esfalerita. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas, además de la pirita, argentita, esfalerita y galena, se reconoce frecuentemente la arsenopirita y contiene muy escasas trazas de tetraedrita.

#### (18) Las Golondrinas

Es el área con indicios de mineralización que se ubica a lo largo del cerro que está entre el Río Cristo y Río Los Aguacates en donde se observa continuamente en el tramo de casi 500 m numerosos pozos alineados con dirección NW-SE y restos de laboreo de galerías menores. Además, en el Río Cristo y sus afluentes se distribuyen los afloramientos de veta de cuarzo y restos de galerías antiguas. Al igual que el yacimiento Belém, el yacimiento se compone principalmente de vetas de cuarzo que rellena la fractura que se produjo en las proximidades del contacto entre las rocas metamórficas y rocas intrusivas

riolíticas. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas elaboradas de los escombros, además de la pirita, esfalerita, galena y arsenopirita, se comprobaron trazas muy escasas de calcopirita y tetraedrita.

#### (19) Abandonada

Se reconocen las galerías antiguas en 3 lugares del Arroyo Ceibas Altas al este del Volcán La Tinaja. La bocamina se encuentra en el límite de la roca intrusiva y esquisto pelítico pero se desconocen los detalles debido a que no es posible el acceso. En los escombros que se ven en las proximidades de la bocamina se aprecian muchos minerales donde el cuarzo y la pirita llenan los espacios entre los fragmentos de riolita fracturada. El rumbo de la bocamina es del sistema N-S pero el rumbo de la veta se estima que es del sistema NW-SE al relacionarse con el área con indicios de mineralización que se explica más adelante. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas del escombros, se reconocen la pirita idiomorfa y pirrotita con trazas muy escasas de esfalerita.

Asimismo, en el Arroyo Ceibas Altas a aproximadamente 1 km al sur, se observan partes que parecen 2 pozos y rampa que quedaron sepultados y en los alrededores existen escombros de minerales que aparentan ser cuarzo, pirita y galena. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas se comprobaron la pirita, galena, esfalerita y arsenopirita con trazas muy escasas de calcopirita.

#### (20) Arvallo

Se trata del área con indicios de mineralización que se ubica al lado del pequeño arroyo a aproximadamente 1.5 km al WSW del pueblo Arvallo, en donde se realizaron exploraciones (2 bocaminas) de las vetas de cuarzo desarrolladas en las proximidades del límite entre la roca intrusiva riolítica y esquistos pelíticos. El rumbo de la veta de cuarzo tiene el sistema NW que incluye sistemas NE cuyo ancho es de varios centímetros. Además del cuarzo, en la veta se reconoce la

adularia y trazas de pirita. Según las observaciones microscópicas, junto con la pirita y arsenopirita se observan trazas de esfalerita, galena y calcopirita y muy raramente se ven las inclusiones de bornita dentro de la arsenopirita.

#### (21) Salitre

El área con indicio de mineralización se ubica aguas abajo del Arroyo Palos Dulces y se compone de rocas intrusivas riolíticas y vetas de cuarzo desarrolladas en sus proximidades. La bocamina está debajo del salto del arroyo donde se distribuyen las riolitas a 1,200 m de altura. Se supone de que se ha explorado la zona (2 m) de la veta de cuarzo (casi no se reconocen sulfuros) de varios centímetros de ancho desarrollado dentro de la riolita, pero no existen rastros de explotación por no observarse los escombros. A aproximadamente 400 m aguas abajo de ese lugar, se reconocen vetas de cuarzo y de pirita de 3 cm de ancho (rumbo N50 °W). Según las observaciones microscópicas de la sección pulida de esta muestra, además de la arsenopirita y pirita se reconocieron trazas muy escasas de esfalerita, calcopirita (incluidos dentro de la arsenopirita).

Asimismo, se aclaró que en el lecho del Arroyo Palos Dulces a aproximadamente 800 m aguas arriba de la bocamina, existe los lentes de sulfuros a lo largo del plano de estratificación del Esquisto Taxco. Los sulfuros se reconocen en varias capas en la parte del límite de los estratos de esquisto pelítico y esquisto verde. El espesor es de varios mm ~ 2 cm y continúa varias decenas de centímetros en forma lenticular. Los esquistos verdes sufrieron la decoloración y está sericitizado. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas se compone principalmente de compuestos de pirita y marcasita acompañado por calcopirita, esfalerita, óxidos férricos y arsenopirita. La arsenopirita está cambiando a pirita y compuestos de marcasita.

#### (22) Salitre II

El área con indicios de mineralización se ubica entre las montañas de las proximidades de 1,400 m de altura a

aproximadamente 1.5 km al noroeste del pueblo Santiago Arizmendi. La geología se compone de esquisto pelítico del Esquisto Taxco y rocas intrusivas riolíticas, pero el yacimiento consiste en la veta de cuarzo - sulfuro formado en la zona de fractura producida en la parte del límite de ambos. Se estima que la veta principal continúa más de 500 m con rumbo N75°W y más adelante de la prolongación se reconocen las vetas de cuarzo en distintos lugares. El ancho de la zona de fractura es de varias decenas de cm ~ máximo 2 m, pero el macizo mineral se encuentra reticulado dentro de la zona de fractura y además del cuarzo, se reconocen ocularmente la pirita, galena, esfalerita y arsenopirita. Dentro de la zona de fractura, se observa la silicificación y la grafitización notable de la parte del esquisto pelítico. Según las observaciones microscópicas, además de los minerales citados, en algunos casos se reconoce la marcasita, calcopirita y trazas muy escasas de covelita.

### (23) El Malacate

Las áreas con indicios de mineralización se observan con una extensión de aproximadamente 2.5 km en torno a la mina El Malacate. La mina El Malacate estuvo explotándose por el grupo de la Compañía Peñoles hasta dos años atrás, pero actualmente está clausurada. Las instalaciones de la mina se dejaron como está y el camino de la mina que comunica con el pueblo se está utilizando como parte del camino esencial. La geología se compone de esquisto pelítico y esquisto verde del Esquisto Taxco y la filita calcárea cubriendo los anteriores. Se piensa que se trata de una falla normal del sistema NW-SE. Se supone que el yacimiento principal se ha formado a lo largo de esta falla y la explotación principalmente a cielo abierto con rumbo N20° ~ 30°W se ha realizado con una extensión de casi 1 km. Las afloramientos del yacimiento se observan en el cerro del sur de las instalaciones mineras, se compone del cuarzo desarrollado dentro de la pizarra negra y vetas reticuladas de sulfuro y en el estrato inferior se reconoce la sericitización notable. Dentro

del mineral se observa la pirita, esfalerita, galena y calcopirita. Según las observaciones microscópicas, además de los minerales citados se reconoció una escasa cantidad de covelita que reemplazó a la esfalerita.

Paralelamente a este yacimiento principal, a aproximadamente 800 m al suroeste se distribuyen continuamente las áreas con indicios de mineralización del sistema NW-SE. Como principales partes, existen 3 lugares que corresponden al oeste de las instalaciones de la mina, al noroeste y sur del pueblo Albarrada. Especialmente en el arroyo del noroeste del pueblo Albarrada se reconocen vetas de cuarzo de buzamiento brusco que contiene pirita, calcopirita y galena. Se observan restos de bocaminas pero muchos están sepultados. Los minerales que se reconocen dentro de los escombros permanentes son similares a los del yacimiento principal. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas, además de los minerales reconocidos en el yacimiento principal se comprobó la existencia de trazas muy escasas de tetraedrita.

#### **(24) El Naranjo (denominación provisional)**

Se ubica en torno a la ribera derecha del Río El Naranjo a aproximadamente 1 km al norte del pueblo Momustle. Se distribuyen a lo largo del río, las riolitas de intrusión en el Esquisto Taxco y dentro de la riolita se reconoce la veta de cuarzo blanco de varios centímetros de ancho formando zonas con rumbo de alrededor de  $N60^{\circ}W$ , pero se supone que la bonanza estuvo en la parte de contacto con las rocas metamórficas del norte, donde se observan reunidas las galerías antiguas. No es posible el acceso a las galerías, pero en los escombros de los alrededores de la bocamina se observan minerales brechados (principalmente de cuarzo y escasas cantidades de pirita y esfalerita). Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de muestras de los escombros, se reconocieron la pirita, arsenopirita y esfalerita.



**(25) El Cirián**

Se compone de 2 afloramientos que se observan a lo largo del camino. Debido a que ambos se suponen de que son productos de la silicificación general de los esquistos verdes que se ubican en la parte superior del Esquisto Taxco, tiene la diseminación de pirita. Sobre el nivel superior del mismo se distribuyen las filitas calcáreas del Grupo Calcáreo. El nivel del estrato es el mismo que del yacimiento Santa Rosa y por ser diferente de la alteración del tipo veta, es posible que corresponda a la zona de silicificación del estrato inferior del yacimiento de sulfuro masivo. Según la observación microscópica, se reconoce la pirita indiomorfica y traza de esfalerita.

**(26) Santa Ana**

Se compone del grupo de vetas de cuarzo (alrededor de 10 cm de ancho) desarrollado dentro de la filita calcárea del Grupo Calcáreo y morfológicamente se asemeja a las manifestaciones de mineralización que se observó en el punto del sondaje MJMT-1. El rumbo de la veta es N70°W y el buzamiento de 58°N. El yacimiento se compone la mayor parte de cuarzo, pero según la observación microscópica además de la pirita se reconocen trazas de esfalerita.

**(27) Oeste de barreno MJMT-1**

Es el área con indicios de mineralización compuesto de afloramiento de vetas de cuarzo y sulfuro que se observa a lo largo del camino del este del punto de sondaje. En las proximidades se distribuyen las pizarras que pertenecen al Grupo Calcáreo y capas finas de roca verde volcánica y rocas intrusivas riolíticas. Las manifestaciones de mineralización se componen del grupo de vetas de cuarzo (que contiene trazas de pirita) y la parte compuesta principalmente de pirita silícea que se observa en su extremo, los cuales se distribuyen extendiéndose más de 30 m dentro de la pizarra. Muchas de las vetas de cuarzo señalan el rumbo del sistema ENE. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de la segunda, sólo se reconoció la pirita.

### **3-5 Exploración Geoquímica**

#### **3-5-1 Investigaciones Realizadas**

Si el yacimiento de sulfuro masivo de tipo Tizapa existe en las partes relativamente poco profundas, se supone que se encuentra una faja con indicios de mineralización y al mismo tiempo acompaña la anomalía geoquímica típica al yacimiento de sulfuro masivo. Se reconoció la faja con indicios de mineralización (la faja de alteración) extensa en tres barrios mediante la investigación geológica, y es importante estudiar la propiedad geoquímica. Según los resultados de la exploración geoquímica realizada preliminarmente en las proximidades del yacimiento Tizapa, S, Cu, Pb, Zn, Mn y Ba son deseables como elemento indicador (MMAJ, 1992). La frecuencia de aparición de valores anormales es baja en S, Cu, Pb y Zn y alta en Mn y Ba. Se ve la tendencia similar en la cercanía del yacimiento Santa Rosa.

En zona de Santa Rosa, se realizaron exploración geoquímica. Se han realizado los siguientes.

La muestra tomada asciende a un total de 1,315. Entre ellas el número de esquisto verde es 635, el de esquisto pelítico 416, el de esquisto ácido 95, el de filita calcárea 134, y el de otros 35.

#### **3-5-2 Resultados de Investigación**

En esta área se distribuye las rocas metamórficas. Como se supone que el fondo geoquímico es diferente según la litofacie, se realizó el estudio para cada litofacie.

Entre los elementos analizados, se reconoció la diferencia en 8 elementos excepto S y Ag según la litofacie. Sobre todo, K, Na, Ba y Mn son notables y el esquisto pelítico tiende a ser rico en K y Ba y pobre en Na y Mn. El esquisto verde es lo contrario. Según el histograma y la curva de frecuencia acumulativa construidos para cada litofacie, se supone que un grupo de valores altos anomalías que refleja la mineralización existe en Pb, Zn, S, As, etc.. Además, en Mn un grupo de valores bajos anomalías existe excepto el esquisto pelítico y es posible que indique la fusión debido a la alteración.

Como elementos indicadores para la mineralización están el S y Mn y los resultados de su interpretación geoquímica son mostrados en un plano aparte.

Entre los elementos de Ag, Cu, Pb, Zn, As y S que se supone indican directamente la mineralización. Existe un grupo de valores anormales altos, notables en S y Zn. La zona de los valores anormales altos de S corresponden bien a las áreas de alteración y con indicios de mineralización verificadas en el estudio de la superficie terrestre. Zn tiende a esparcirse en todas las áreas y es difícil de especificar el área prometedora sólo por Zn. Entre los elementos de K, Ba, Mn y Na el esquisto pelítico generalmente tiende a ser rico en K y Ba y pobre en Mn. El esquisto verde tiende a ser rico en Na y Mn y pobre en K. En esta zona el grupo de valores bajos anormales de Mn es notable en el esquisto verde y el Grupo Calcáreo. Mn se funde debido a la creación del yacimiento y es un elemento que puede indicar una parte de halo de la mineralización. Los valores bajos anormales de Mn se agrupan en las proximidades del yacimiento Santa Rosa. La zona de los valores bajos anormales de Mn se distribuye tanto en las proximidades del yacimiento Santa Rosa como en la parte norte del anterior y por la extensión desde MJMT-5 hasta El Cirián. Además, se distribuye también en la parte oeste de Tejupilco situado al sur del área de estudio. Sin embargo, a juzgar por los resultados del estudio geológico, se supone que la zona de los valores bajos anormales al oeste de Tejupilco tiene poca relación con la mineralización. Según los resultados de análisis de los componentes principales realizados usando 7 elementos de S, Cu, Pb, Zn, Mn, Ba y Ag, se verificó la zona de anomalía por el yacimiento de Santa Rosa, al sur de MJMT-5, al este de El Cirián, en San Lucas del Maíz, en El Platanal Grande, etc.. Entre estos lugares se concluye que la zona de anomalía en El Platanal Grande y al este de El Cirián tiene poco potencial de la existencia del yacimiento debido a que Mn no se funde, pero otras áreas tienen alto potencial de la existencia del yacimiento sintetizando la fusión de Mn y los resultados del estudio geológico en la superficie terrestre.