

MEMORANDUM

TO :

THE DIRECTOR, FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

FROM :

SPECIAL AGENT IN CHARGE

RE :

INTERNAL SECURITY

REFERENCE IS MADE

TO THE REPORT OF THE SAC, [illegible], DATED [illegible]

AND THE REPORT OF THE SAC, [illegible], DATED [illegible]

W. J. [illegible]
[illegible]

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

(FASE I)

JICA LIBRARY



1098588(5)

23887

MARZO 1992

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

国際協力事業団

23883

PREFACIO

De acuerdo con la solicitud del gobierno de los Estados Unidos Mexicanos el gobierno del Japon decidió a realizar la exploración de mineral en el area 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 de investigación desde en 2 septiembre de 1991 hasta en 20 de diciembre de 1991. Las misiones hicieron intercambio de opinion es con los oficiales del gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y llevaron al cabo un estudio de reconocimiento en el área de Tejupilco.

El presente informe consiste en un resumen de los resultados de las investigaciones, efectuadas en el primero año y forma parte del informe final.

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

Quisiéramos expresar nuestro profundo agradecimiento a las autoridades concernientes de los Estados Unidos Mexicanos por sus estrechas cooperaciones prestadas a las misiones.

Después de retornar al Japon se ha realizado más estudio y se ha preparado el presente informe.

marzo de 1992



Kensuke Yanagiya

Presidente

Japan International Cooperation Agency



Gen-ichi Fukuhara

Presidente

Metal Mining Agency of Japan

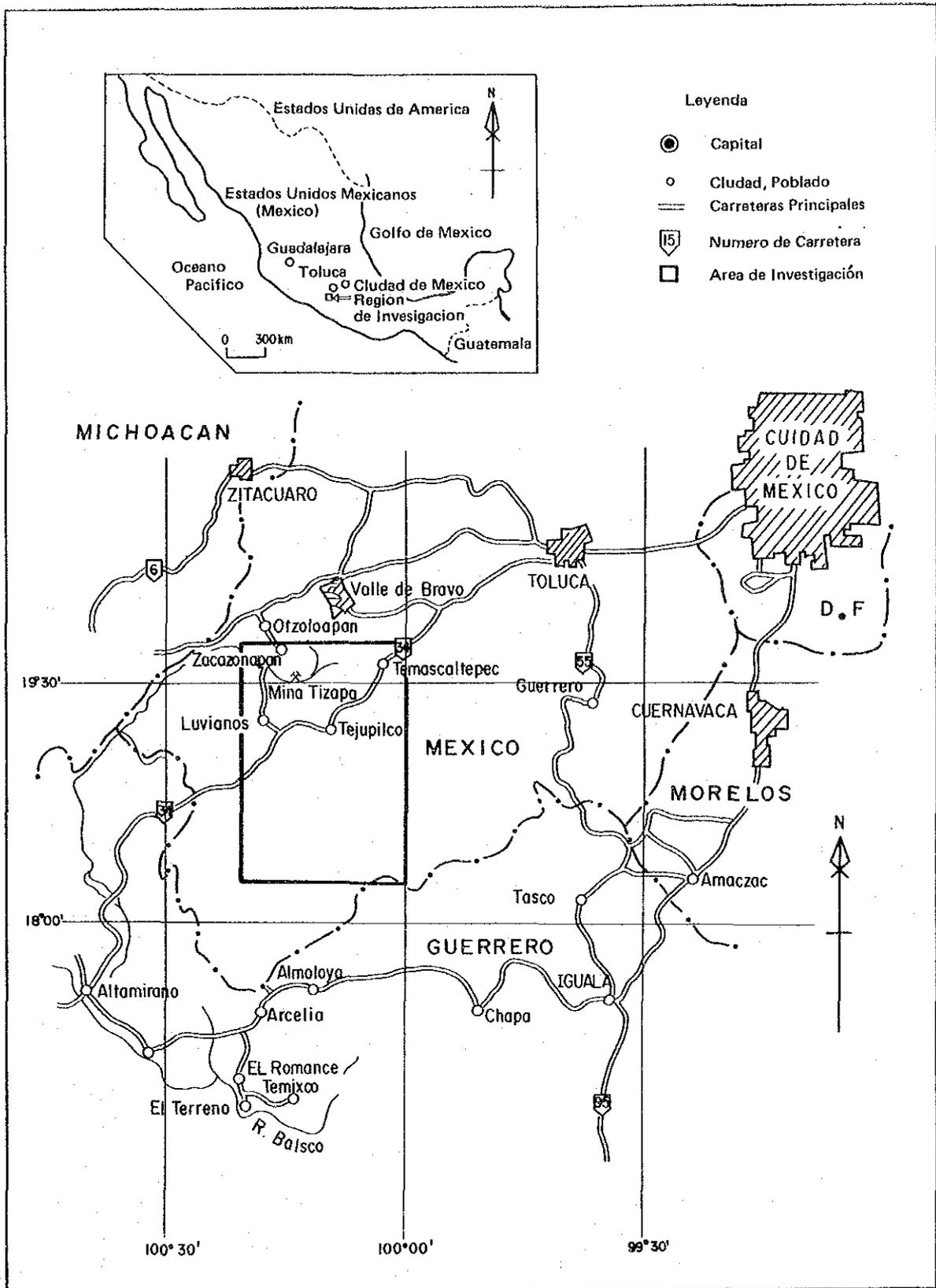


Fig.I-1-1 MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA TEJUPILCO

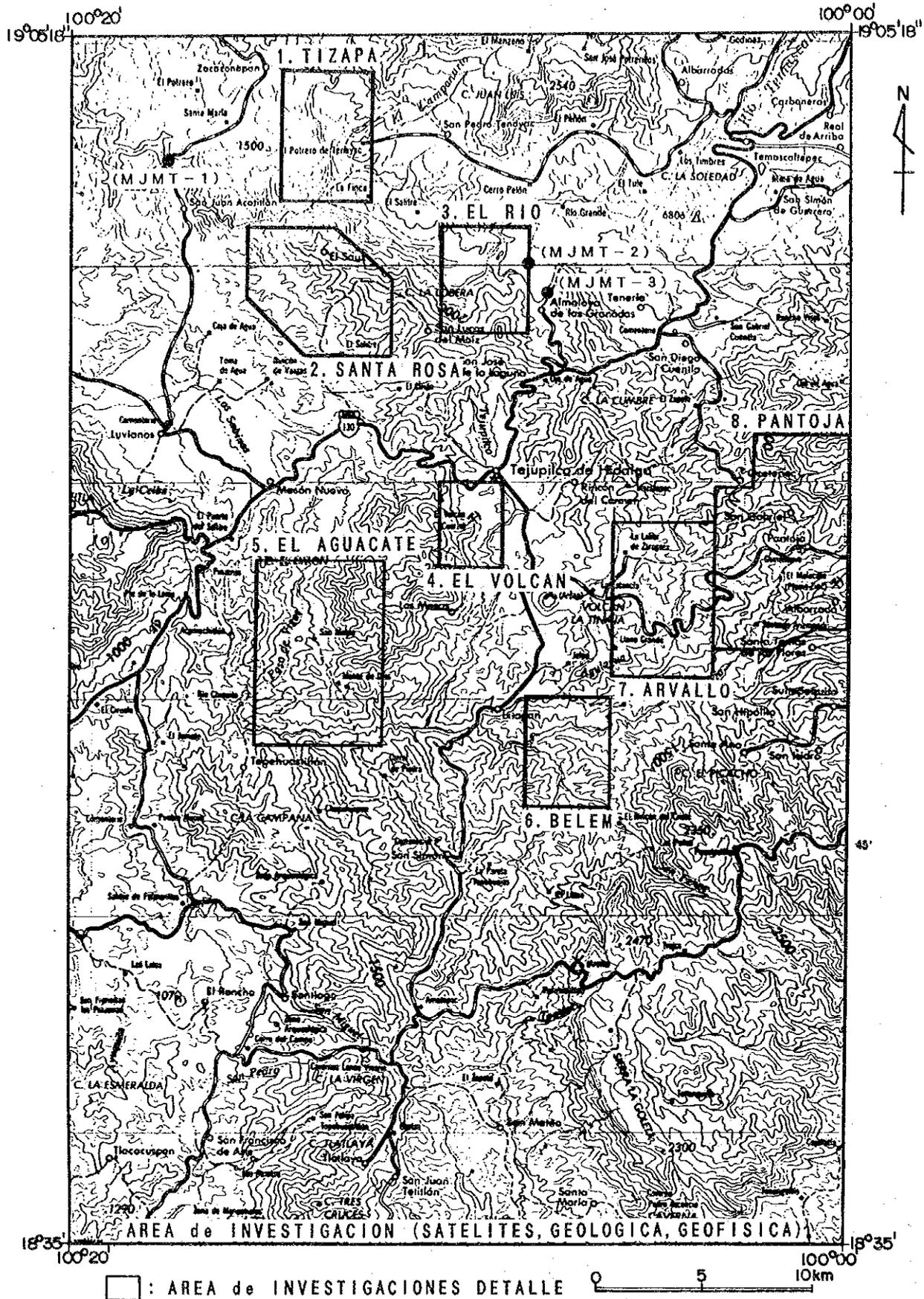


Fig.I-1-2 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ASTUDIO Y PUNTOS DE PERFORACIONES

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objeto de determinar las condiciones de distribución de yacimientos mediante la aclaración de las condiciones geológicas realizando el Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos en la Región de Tejupilco de los Estados Unidos Mexicanos.

Como estudios de la Fase I, se realizaron los estudios de análisis de imágenes de satélite, análisis de los datos existentes, estudios geológicos (incluyendo los estudios de áreas con indicios de mineralización), exploraciones geofísicas y estudios de perforación.

De los análisis de las imágenes de satélite, pudieron determinarse la estructura geológica regional y distribución de litofacies a través de las imágenes de falso color e imágenes de análisis de componentes principales. De los análisis de datos existentes, se determinaron las condiciones geológicas y mineralización de esta zona según los datos relacionados con la zona. Los estudios geológicos se llevaron a cabo comprobando en el terreno la estructura geológica aclarada por los análisis de imágenes y según esos resultados, pudieron aclararse que el Esquisto Taxco del grupo pérmico ~ cretácico se distribuyen de norte a sur de la parte central de la zona de estudio, que existe el eje de plegamiento anticlinal en su centro y que el eje anticlinal se sumerge suavemente hacia el noroeste en las proximidades de Tizapa. Los yacimientos de sulfuro masivo son los de Tizapa y Santa Rosa. Se supone que el horizonte es simple y el Esquisto Taxco del grupo pérmico ~ cretácico se encuentran en la parte superior. En las proximidades de los yacimientos se distribuyen las rocas metamórficas que provienen de las rocas clásticas de origen volcánico y pudo determinarse que entre los yacimientos y las rocas metamórficas existe una relación estrecha. La mayor parte de los yacimientos filonianos son vetas de cuarzo que contienen Ag-Pb-Zn y pudo saberse que el rumbo predominante de los filones es NO-SE. Dentro de las exploraciones geofísicas se determinó la estructura geológica de la zona por el método gravitacional. Además, en los estudios de sondaje se realizaron tres perforaciones que corresponden al MJMT-1, MJMT-2 y MJMT-3

con un total de 1002,45m de perforación. Por la perforación MJMT-1 se determinó la banda mineralizada formada por arsenopirita-marcasita-pirita y de las perforaciones MJMT-2 y MJMT-3 se determinaron la banda mineralizada formada principalmente por arsenopirita con contenido de escasas ~ trazas de calcopirita y esfalerita. Sin embargo, a juzgar por los resultados del estudio geológico, no se llegó a detectar el horizonte de los yacimientos de sulfuro masivo.

Teniendo en consideración los resultados de los estudios citados, se propone lo siguiente para los estudios de la Fase II.

- Con respecto a los yacimientos de sulfuro masivo puede determinarse como zona de alto potencial de distribución de mantos la zona con rumbo NO-SE, desde el yacimiento Tizapa ~ yacimiento Santa Rosa ~ Tejupilco y es necesario que se realicen estudios geológicos más detallados y exploraciones geoquímicas de las rocas y además, en el caso de suponerse la distribución de yacimientos con afloraciones o depósitos subterráneos de sulfuro masivo, deben confirmarse mediante estudios de sondaje.
- En relación a los yacimientos filonianos, puede fijarse el orden de prioridad de las actividades exploratorias en los alrededores del yacimiento Belém ~ Naranjo, alrededores del yacimiento Santa Rosaria 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.

Además, Al considerar el aspecto económico y escala del yacimiento, deberá darse prioridad a las exploraciones de los yacimientos de sulfuro masivo.

INDICE

PREFACIO

MAPA DE AREA DE INVESTIGACION

RESUMEN

PARTE I GENERALIDADES

CAPITULO 1	INTRODUCCION	1
1-1	Antecedentes y Objeto de los Estudios	1
1-2	Alcance, Objeto y Descripción General del Trabajo de la Fase I	1
1-3	Composición de la Misión	4
1-4	Período del Estudio en el Terreno	5
CAPITULO 2	GEOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO	6
2-1	Ubicación y Transporte	6
2-2	Topografía e Hidrografía	6
2-3	Clima y Vegetación	7
CAPITULO 3	INFORMACIONES GEOLOGICAS EXISTENTES DEL AREA DE ESTUDIO	9
3-1	Descripción General de los Estudios Existentes	9
3-2	Geología General (Alrededores del Area de Estudio)	9
3-3	Clasificación Geológica del Area de Estudio	11
3-4	Breve Historia de la Minería del Area de Estudio	14
CAPITULO 4	ANALISIS GENERAL DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO	16
4-1	Estructura Geológica, Características de la Mineralización y Restricciones de la Mineralización	16
4-2	Potencial de Distribución Estimada de los Yacimienotos	17
CAPITULO 5	CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES	19
5-1	Conclusiones	19
5-2	Proposiciones para los Estudios de la Fase II	23

PARTE II DESCRIPCION DETALLADA

CAPITULO 1	ANALISIS DE LAS IMAGENES POR VIA SATELITE	25
1-1	Método de Análisis	25
1-2	Resultado de Análisis	33
1-2-1	Hidrografía y Topografía	33
1-2-2	Imágenes TM en Colores Falsos	36
1-2-3	Imagen TM Analítica de Componentes Principales	43
1-2-4	Comparaciones con los Resultados de Investigación de la Zona	45
1-3	Consideraciones	49

CAPITULO 2	ANALISIS DE LOS DATOS EXISTENTES	52
2-1	Método de Análisis	52
2-2	Resultado de Análisis	52
2-2-1	Sinopsis de los Datos Geológicos	52
2-2-2	Datos de la Estructura Geológica	57
2-2-3	Edad Geológica	58
2-2-4	Datos del Yacimiento	59
CAPITULO 3	ESTUDIO GEOLOGICO	69
3-1	Método de Investigación	69
3-2	Resultados de Investigación	69
3-2-1	Descripción General de la Geología	69
3-2-2	Estratigrafía	72
3-2-3	Estructura Geológica	89
3-2-4	Estudios de Areas con Indicios de Mineralización	95
3-3	Consideraciones	155
CAPITULO 4	EXPLORACION GEOFISICA	160
4-1	Método de Investigación	160
4-1-1	Método de Medición	160
4-1-2	Método de Análisis	175
4-2	Resultados de Investigación y Análisis	177
4-2-1	Resultados de Investigación	177
4-2-2	Resultados de los Análisis	186
4-3	Consideraciones	207
CAPITULO 5	INVESTIGACIONES POR PERFORACION	214
5-1	Método de Investigación	214
5-1-1	Investigaciones Rializadas	214
5-1-2	Método de Trabajo y Equipos Utilizados	214
5-1-3	Trabajos de Perforación	217
5-1-4	Estado de Perforación	221
5-2	Resultados de Investigación	228
5-3	Consideraciones	244
PARTE III	CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES	
CAPITULO 1	CONCLUSIONES	251
CAPITULO 2	PROPOSICIONES PARA LOS EESTUDIOS DE LA FASE II	255
BIBLIOGRAFIA		257
APENDICE		

LISTA DE FIGURAS

Fig.I-1-1	MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA TEJUPILCO	
Fig.I-1-2	MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE PERFORACIONES	
Fig.I-3-1	MAPA DE ZONA DE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA	10
Fig.I-3-2	MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DE LA REGION TEJUPILCO	12
Fig.II-1-1	MAPA INDICE DEL ANALISIS IMAGEN SATELITE	26
Fig.II-1-2	IMAGEN TM EN COLORES FALSOS (ESCENA COMPLETA)	27
Fig.II-1-3	IMAGEN TM EN COLORES FALSOS (ESCENA PERCIAL)	29
Fig.II-1-4	IMAGEN TM EN ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES(ESCENA PERCIAL)	31
Fig.II-1-5	PLANO DE RED HIDROGRAFICA EXTRAIDA DE LA CARTA TOPOGRAFICA	34
Fig.II-1-6	PLANO DE NIVELES MAS ALTOS	35
Fig.II-1-7	PLANO DE DISTRIBUSION DEL LINEAMIENTO	38
Fig.II-1-8	DIAGRAMA ROSA DEL LINEAMIENTO	39
Fig.II-1-9	PLANO DE DISTRIBUSION FRECUENCIAL DEL LONGITUD DE LINEAMENTO	39
Fig.II-1-10	RESULTADOS DE ANALISIS IMAGEN TM EN COLORES FALSOS	40
Fig.II-1-11	PLANO DE DISTRIBUSION DE TONALIDAD	44
Fig.II-1-12	GRAFICO DE RESULTADOS DE INVESTIGACION	50
Fig.II-2-1	MAPA DE CARACTERISTICAS GENERALES DE LA GEOLOGIA Y INDICIOS DE MINERALES	54
Fig.II-2-2	ESTRATIGRAFIA GEOLOGICA DEL AREA	55
Fig.II-2-3	MAPA DE CONCESION MINERA	60
Fig.II-2-4	PLANO DE DISTRIBUCION DE LAS MINAS Y DE LOS YACIMIENTOS	61
Fig.II-3-1	COLUMUNA ESTRATIGRAFICA ESQUIMATICA	70
Fig.II-3-2	EJEMPRO DE DEFORMACION (1)	90
Fig.II-3-3	EJEMPRO DE DEFORMACION (2)	92
Fig.II-3-4	EJEMPRO DE DEFORMACION (3)	93
Fig.II-3-5	FALLA CONJUGADA	93
Fig.II-3-6	DIAGRAMAS DE PROYECCIONES SETEREOGRAFICA Y ROSA DE FALLA Y DIQUE	94
Fig.II-3-7	COLUMUNA ESTRATIGRAFICA ESQUIMATICA DEL TIZAPA - PANTOJA	97
Fig.II-3-8	MAPA GEOLOGICO DEL AREA TIZAPA	99
Fig.II-3-9	CROQUIS DE AFLORAMIENTO MINERALIZADA EN ARROYO TIZAPA	101
Fig.II-3-10	MAPA GEOLOGICO DEL SANTA ROSA	111
Fig.II-3-11	PLANO GEOLOGICO DE MINA SANTA ROSA	113
Fig.II-3-12	MAPA GEOLOGICO DEL AREA EL RIO	115
Fig.II-3-13	CROQUIS GEOLOGICO DE EL RIO	118
Fig.II-3-14	CROQUIS GEOLOGICO DE EL SALITRILLO	120
Fig.II-3-15	MAPA GEOLOGICO DE AREA EL VOLCAN	123

Fig.II-3-16	MAPA GEOLOGICO DE AREA EL AGUACATE	125
Fig.II-3-17	CROQUIS GEOLOGICO DE MINA SAN LORENZO	128
Fig.II-3-18	PLANO GEOLOGICO DE SANTA ROSARIA(QUEBRADA)	131
Fig.II-3-19	MAPA GEOLOGICO DE AREA BELEM	135
Fig.II-3-20	MAPA GEOLOGICO DE AREA ARVALLO	139
Fig.II-3-21	AFLORAMIENTO DE VETA EN ARROYO PALOS DULCES	143
Fig.II-3-22	MAPA GEOLOGICO DE AREA PANTOJA	145
Fig.II-3-23	PLANO GEOLOGICO DE OCOTEPEC	147
Fig.II-3-24	AFLORAMIENTO DE VETA EN MINA EL MALACATE	151
Fig.II-3-25	DIAGRAMAS DE PROYECCIONES SETEREOGRAFICA Y ROSA DE VETA	157
Fig.II-4-1	PUNTOS DE RECONOCIMIENTO TOPOGRAFICO Y POSICIONES DE MUESTREO	162
Fig.II-4-2	PLANO GENERICA DE CORRECCION	169
Fig.II-4-3	PLANO CORRELATIVO DE G-H	180
Fig.II-4-4	PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.75 g/cm ³)	181
Fig.II-4-5	PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.67 g/cm ³)	182
Fig.II-4-6	PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.60 g/cm ³)	183
Fig.II-4-7	PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:1.79 g/cm ³)	184
Fig.II-4-8	PLANO DE TENDENCIA PRIMARIA	187
Fig.II-4-9	PLANO DE TENDENCIA SECUNDARIA	188
Fig.II-4-10	PLANO DE TENDENCIA TERCIARIA	189
Fig.II-4-11	PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE PRIMARIA	190
Fig.II-4-12	PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE SECUNDARIA	191
Fig.II-4-13	PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE TERCIARIA	192
Fig.II-4-14	PLANO DE ESPECTRAL	194
Fig.II-4-15	PLANO DE FILTROS (ONDAS CORTA)	195
Fig.II-4-16	PLANO DE FILTROS (ONDAS MEDIA)	196
Fig.II-4-17	PLANO DE FILTROS (ONDAS LARGA)	197
Fig.II-4-18	PERFIL ESTRUCTURAL DE DENSIDAD (A-A' PERFIL)	199
Fig.II-4-19	PERFIL ESTRUCTURAL DE DENSIDAD (B-B' PERFIL)	201
Fig.II-4-20	PERFIL ESTRUCTURAL DE DENSIDAD (C-C' PERFIL)	203
Fig.II-4-21	PERFIL ESTRUCTURAL DE DENSIDAD (D-D' PERFIL)	205
Fig.II-4-22	PLANO DE ANALISIS ANOMALIA DE GRAVEDAD	209
Fig.II-5-1	PLANO DE UBICACION DE PERFORACION (MJMT-1)	215
Fig.II-5-2	PLANO DE UBICACION DE PERFORACION (MJMT-2 Y MJMT-3)	216
Fig.II-5-3	COLUMUNA GEOLOGICA DE PERFORACION	APENDICE
Fig.II-5-4	PERFIL GEOLOGICO DE MJMT-1	245
Fig.II-5-5	PERFIL GEOLOGICO DE MJMT-2	246

Fig.II-5-6	PERFIL GEOLOGICO DE MJMT-3	247
Fig.II-5-7	PERFIL GEOLOGICO DE ESQUIMATICO QUE CONTIENE LOS BARRENOS	249

LISTA DE TABLAS

Tab.I-1-1	TABLA GENERAL DE ESTUDIOS	3
Tab.II-1-1	LISTA DE DESCIFRAMIENTO IMAGEN TM EN COLORES FALSOS	41
Tab.II-1-2	LISTA DE RESULTADOS ANALITICOS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN ESCENA PERCIAL (BANDAS 1-5,Y 7)	45
Tab.II-1-3	LISTA DE DIVISIONES DE TONALIDAD	46
Tab.II-2-1	LISTA DE MINAS Y AREAS CON INDICIOS DE MINERALIZACION	62
Tab.II-3-1	COMPARACION DE ESTRATIGRAFIA GEOLOGICA DEL AREA	73
Tab.II-3-2	RESULTADOS DE OBSERVACION MICROSCOPIA DE SECCION DELIGADAS	74
Tab.II-3-3	LISTA DE ANALISIS DE ROCAS	76
Tab.II-3-4	RESULTADOS DE OBSERVACION MICROSCOPIA DE SECCION PULIDA	102
Tab.II-3-5	LISTA DE ANALISIS DE LOS MINERALES	104
Tab.II-3-6	RESULTADOS DE MINAS Y AREAS CON INDICIOS DE MINERALIZACION	106
Tab.II-4-1	LISTA DE DENSIDAD MEDIDA DE ROCAS	APENDICE
Tab.II-4-2	LISTA DE DENSIDAD MEDIDA POR ESTRATO	179
Tab.II-5-1	LISTA DE LOS EQUIPOS DE PRINCIPALES	218
Tab.II-5-2	LISTA DE LOS MATERIALES CONSUMIBLES PRINCIPALES	219
Tab.II-5-3	LISRA DE ESTADO DEL USO DE RIMAS Y ZAPATAS DE DISMANTE	220
Tab.II-5-4	PROGRAMA DE LA OBRA DE PERFORACION	222
Tab.II-5-5	LISTA DE RESULTADOS DE PERFORACION (MJMT-1)	223
Tab.II-5-6	LISTA DE RESULTADOS DE PERFORACION (MJMT-2)	224
Tab.II-5-7	LISTA DE RESULTADOS DE PERFORACION (MJMT-3)	225
Tab.II-5-8	LISTA DE RESULTADOS DE PERFORACION (MJMT-1B)	226
Tab.II-5-9	RESULTADOS DE OBSERVACION MICROSCOPIA DE SECCION DELIGADAS (PERFORACION)	229
Tab.II-5-10	RESULTADOS DE OBSERVACION MICROSCOPIA DE SECCION PULIDA (PERFORACION)	230
Tab.II-5-11	LISTA DE ANALISIS DE LOS MINERALES (PRERFORACION)	231
Tab.II-5-12	RESALTADOS DE ANALISIS POR RAYOS-X	232

FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIAS MICROSCOPICAS	APENDICE
---------------------------	----------

LISTA DE PLANOS APARTADAS

- PL. II-3-1 PLANO GEOLOGICO DE AREA TEJUPILCO (1:50,000)
- PL. II-3-2 PERFIL GEOLOGICO (1:50,000)
- PL. II-3-3 MAPA DE UBICACION DE LAS MUESTRAS (1:50,000)
- PL. II-3-4 MAPA GEOLOGICO DEL AREA TIZAPA (1:10,000)
- PL. II-3-5 MAPA GEOLOGICO DEL SANTA ROSA (1:10,000)
- PL. II-3-6 MAPA GEOLOGICO DEL AREA EL RIO (1:10,000)
- PL. II-3-7 MAPA GEOLOGICO DE AREA EL VOLCAN (1:10,000)
- PL. II-3-8 MAPA GEOLOGICO DE AREA EL AGUACATE (1:10,000)
- PL. II-3-9 MAPA GEOLOGICO DE AREA BELEM (1:10,000)
- PL. II-3-10 MAPA GEOLOGICO DE AREA ARVALLO (1:10,000)
- PL. II-3-11 MAPA GEOLOGICO DE AREA PANTOJA (1:10,000)
- PL. II-3-12 MAPA DE RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO DE MENA (1:10,000)
- PL. II-4-1 PUNTOS DE RECONOCIMIENTO TOPOGRAFICO (1:50,000)
- PL. II-4-2 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.75 g/cm³) (1:50,000)
- PL. II-4-3 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.67 g/cm³) (1:50,000)
- PL. II-4-4 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.60 g/cm³) (1:50,000)
- PL. II-4-5 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:1.79 g/cm³) (1:50,000)
- PL. II-4-6 PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE PRIMARIA (1:50,000)
- PL. II-4-7 PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE SECUNDARIA (1:50,000)
- PL. II-4-8 PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE TERCIARIA (1:50,000)
- PL. II-4-9 PLANO DE FILTROS (ONDAS CORTA) (1:50,000)
- PL. II-4-10 PLANO DE FILTROS (ONDAS MEDIA) (1:50,000)
- PL. II-4-11 PLANO DE FILTROS (ONDAS LARGA) (1:50,000)

PARTE I

GENERALIDADES

PARTE I GENERALIDADES

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1-1 Antecedentes y Objeto de los Estudios

La Región Tejupilco se ubica casi en el centro de los Estados Unidos Mexicanos como se indica en el mapa de ubicación 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 Alcance, Objeto y Descripción General del Trabajo en la Fase I

La Región Tejupilco está dentro del área limitada por los siguientes 4 puntos.

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

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

Como estudio de la Fase I se realizaron los análisis de las imágenes de satélites, análisis de los datos existentes, estudio geológica, exploración geofísica y investigaciones por perforación. Estos estudios han tenido como objeto lo siguiente.

- (a) Determinación de la estructura geológica regional y distribución de litofacies mediante el análisis de imágenes de satélite.

- (b) Determinación de las condiciones geológicas de esta zona y las características de mineralización mediante la recopilación y análisis de informaciones existentes como geología, zonas con indicios de mineralización, exploraciones geofísicas y exploraciones, etc.
- (c) Confirmación en el terreno de los resultados de los análisis de las imágenes de satélite mediante estudios geológicos y aclaración de la estructura geológica de la zona. Asimismo, realizar los estudios de indicios de mineralización y evaluación de los indicios de mineralización y determinar el orden de prioridad de los estudios que deberán realizarse a partir de las siguientes fases .
- (d) Mediante la exploración geofísica (método de gravedad), determinar la estructura geológica de la zona y procurar que se aclaren las relaciones entre la mineralización.
- (e) Determinar la extensión de la zona mineralizada y la continuidad de la parte profunda del subsuelo mediante el estudio de sondaje y aclarar las condiciones de existencia de plomo, cinc, plata y oro.
Los detalles de los trabajos son los que se indican en la Tab.I-1-1.

Tab.1-1-1 TABLA GENERAL DE ESTUDIOS

INVESTIGACIÓN	CANTIDAD DE INVE- TIGACIONES, ETC.	ÍTEMS DE ANÁLISIS Y COMPONENTES	CANTIDAD
1. Análisis de las imágenes de satélite	Superficie de estudio 1,784km ² (Todo el área)	<ul style="list-style-type: none"> • Imágenes de falso color (todas las escenas) • Imágenes de falso color (área de estudio) • Análisis de componentes principales 	1 clase 1 clase 1 clase
2. Estudios geológicos	Superficie de estudio 1,784km ² Distancia de exploración 400km Estudios de indicios de mineralización 23 lugares (92km ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Sección Delgada • Sección pulida • Ensayos químicos Mineral (Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe) • Rocas (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO₂, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, LOI) 	105 hojas 56 hojas 104 ítems 27 ítems
3. Exploración geofísica	Superficie de estudio 1.784km ² Puntos de medición 892 puntos	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de densidad 	79 ítems
4. Perforacion	3 perforaciones total 1,000m	<ul style="list-style-type: none"> • Sección delgada • Sección pulida • Ensayos químicos Mineral (Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe) • Rayos-X 	23 hojas 22 hojas 33 ítems 19 hojas

PERFORACION

NOMBRE de PERFORACION	PLAN de PERFORACION		RESULTADOS de PERFORACION	
	PROFUNDIDAD	INCLINACION	PROFUNDIDAD	INCLINACION
MJMT-1	300 m	- 90°	300.10 m	- 90°
MJMT-2	350 m	- 90°	350.75 m	- 90°
MJMT-3	350 m	- 90°	351.60 m	- 90°

Además, en el punto separado 20m hacia el este de la perforación MJMT-1 existe una perforación cuya excavación fue suspendida debido a los intensos derrumbamientos, el cual se registró como perforación MJMT-1B.

1-3 Composición de la Misión

Los miembros de la misión que intervinieron en las negociaciones del plan de estudio para la realización del presente proyecto, celebración del acuerdo y estudios en el terreno fueron los siguientes.

Plan de estudio y negociaciones

Parte Japones

KATSUMI YOKOKAWA	Metal Mining Agency of Japan
ASAYUKI AOYAMA,	Subsecretaría de Recursos y Energía del Ministerio de Comercio Exterior e Industrias
HAJIME IKEDA	Japan International Cooperation Agency
HIROSI SIMOTORI	Metal Mining Agency of Japan
KATSUTAKA NAKAMURA	Investigador de Metal Mining Agency of Japan en México

Parte Mexicanos

FERNEL ARVIZU LARA	Consejo de Recursos Minerales
CARLOS G. RIVERA Y VILLASANA	Consejo de Recursos Minerales
RAYMUNDO BARCENA Y LOPEZ	Consejo de Recursos Minerales
JOSE CARDENAS VARGAS	Consejo de Recursos Minerales
JOSE LUIS EDGAR RODRIGUEZ MEDINA	Consejo de Recursos Minerales
ROBERTO MONTOYA HERNANDEZ	Consejo de Recursos Minerales
RAUL MALDONADO RAMIREZ	Consejo de Recursos Minerales
ROBERTO CEDILLO CALVILLO	Consejo de Recursos Minerales

Estudio en el sitio

Parte Japones

KAZUYOSHI MASUBUCHI	Coordinación General y Responsable Técnico	Dowa Engineering CO., LTD.
SHIGEHISA FUJIWARA	Geología,	Dowa Engineering CO., LTD.
KAZUYUKI UEDA	Geología,	Dowa Engineering CO., LTD.
HIROHIDE KONNO	Geología,	Dowa Engineering CO., LTD.
MICHIO TANAHASHI	Geofísica,	Dowa Engineering CO., LTD.
KURAEI IWAKI	Geofísica,	Dowa Engineering CO., LTD.
TOSHIHISA ISHIBASHI	Geofísica,	Dowa Engineering CO., LTD.

Parte Mexicanos

JOSE ANTONIO HERRERA MAGUEY	Coordinación General, Consejo de Recursos Minerales
ROBERTO CEDILLO CALVILLO	Geologia, Consejo de Recursos Minerales
PASCUAL EZEQUIEL GONZALEZ M.	Geologia, Consejo de Recursos Minerales
RAUCEL PASCACIO TOLEDO	Geofisica, Consejo de Recursos Minerales
AMANCIO REYES SALAZAR	Geofisica, Consejo de Recursos Minerales

Dirección en el Sitio

TETSUO SUZUKI	Metal Mining Agency of Japan
HARUKI MOROZUMI	Metal Mining Agency of Japan
MITHUNARI HIROKAWA	Metal Mining Agency of Japan
KAZUHIRO KOJIMA	Investigador de Metal Mining Agency of Japan en México
KOJI FUKUDA	Japan Mining Engeering Center for International Cooperation

1-4 Período del Estudio en el Terreno

Los estudios en el terreno se realizaron según el siguiente programa.

Estudio en el Sitio : 2 de septiembre ~ 20 de diciembre de 1991

Análisis de los datos existentes : 2 de septiembre ~ 11 de septiembre
de 1991

Estudio de geologica : 12 de septiembre ~ 10 de diciembre de 1991

Exploracion de geofisica : 16 de septiembre ~ 10 de diciembre de 1991

Estudios de perforacion : 18 de octubre ~ 20 de diciembre de 1991

CAPITULO 2 GEOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO

2-1 Ubicación y Transporte

La zona de estudio está ubicada al sudoeste 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 100km en línea recta al sudoeste de la ciudad capital de México y abarca una extensión de 35km de este a oeste y 55km de norte a sur (Fig. I-1-1 Y Fig.I-1-2).

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

Ciudad de México	65km	Toluca	99km	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.

2-2 Topografía e Hidrografía

La zona de estudio se ubica en la parte montañosa con alturas aproximadas entre 700 ~ 2,600m perteneciente a la banda volcánica transmexicana que tiene el rumbo este-oeste 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 2,000m 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 sudeste se distribuyen las riolitas del grupo terciario formando una topografía montañosa abrupta. Hacia el sudeste se distribuyen los granitos que forma el terreno bajo relativamente plano de esta zona con alturas del orden de 700m.

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 sudoeste 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 Aguiagua, 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.

2-3 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 1,000mm 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 240mm ~ 250mm y en el mes de junio se registra la mayor precipitación con 260 ~ 270mm. 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 ~ 1,200mm 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 2,500m existen pinos y ocote, en los alrededores de 2,500 ~ 1,600m vegetan pinon , nogal, palo dulce, sauzo, moradilla, etc. Asimismo, en las zonas de menos de 1,600m crecen además de la palma, herrero naranjo, aguacate, papaya, las plantas como caña de azúcar, plátano, estropajo, zarzamora, árbol, nopal, etc. Como hiebas 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 3 INFORMACIONES GEOLOGICAS EXISTENTES DEL AREA DE ESTUDIO

3-1 Descripción General de los Estudios Existentes

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 6km al sur del yacimiento Tizapa se encuentra la zona mineralizada de Santa Rosa donde se están excavando las galerías por la compañía Piñores y se determinó que la zona de Tizapa y las zonas linderas son zonas de exploración prominente. 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 ~ 290m debajo de la superficie, el espesor máximo del yacimiento tiene 20m, tiene una extensión de 420m y la reserva de mineral es de 5,600,000t (con leyes medias de 1.6g/t de Au, 246g/t de Ag, 0.68% de Cu, 1.24% de Pb, 6.00% de Zn, 30.76% de Fe).

3-2 Geología General (Alrededores de Area de Estudio)

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. Este Eje Neovolcánico Transmexicano atraviesa la parte central de México con rumbo ONO-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.

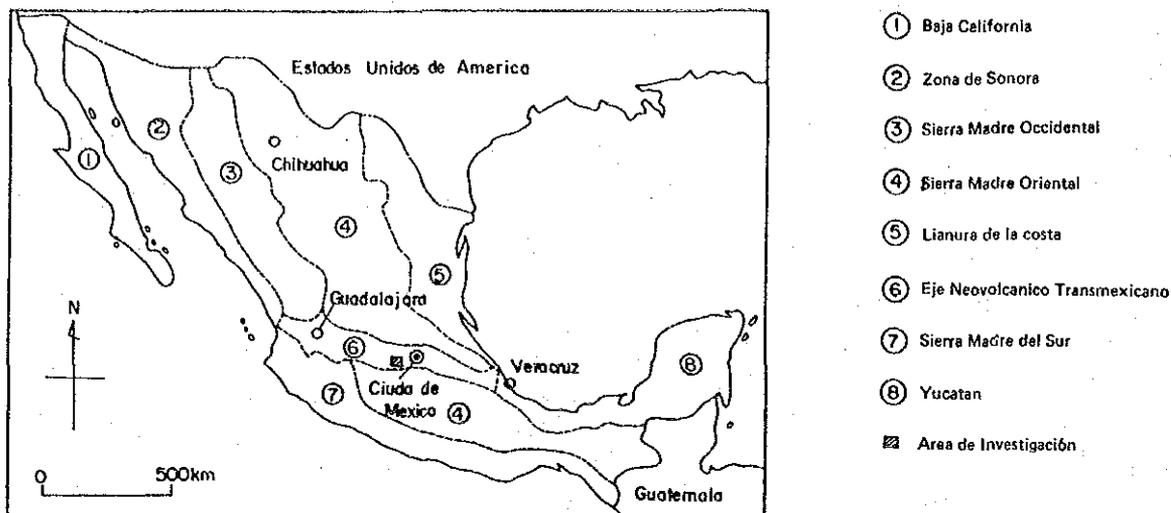


Fig.I-3-1 MAPA DE ZONA DE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA

Las rocas metamórficas se clasifican en Augengneis Arroyo Frío, Esquisto Taxco y Grupo Calcáreo. El Augengneis Arroyo Frío se distribuye solamente en los pantanos al sudeste de Tizapa y tiene origen en las rocas graníticas. 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 ± 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 ± 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 el Formación Balsas y Riolita Tilzapotla. El Formación Balsas está formado 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.

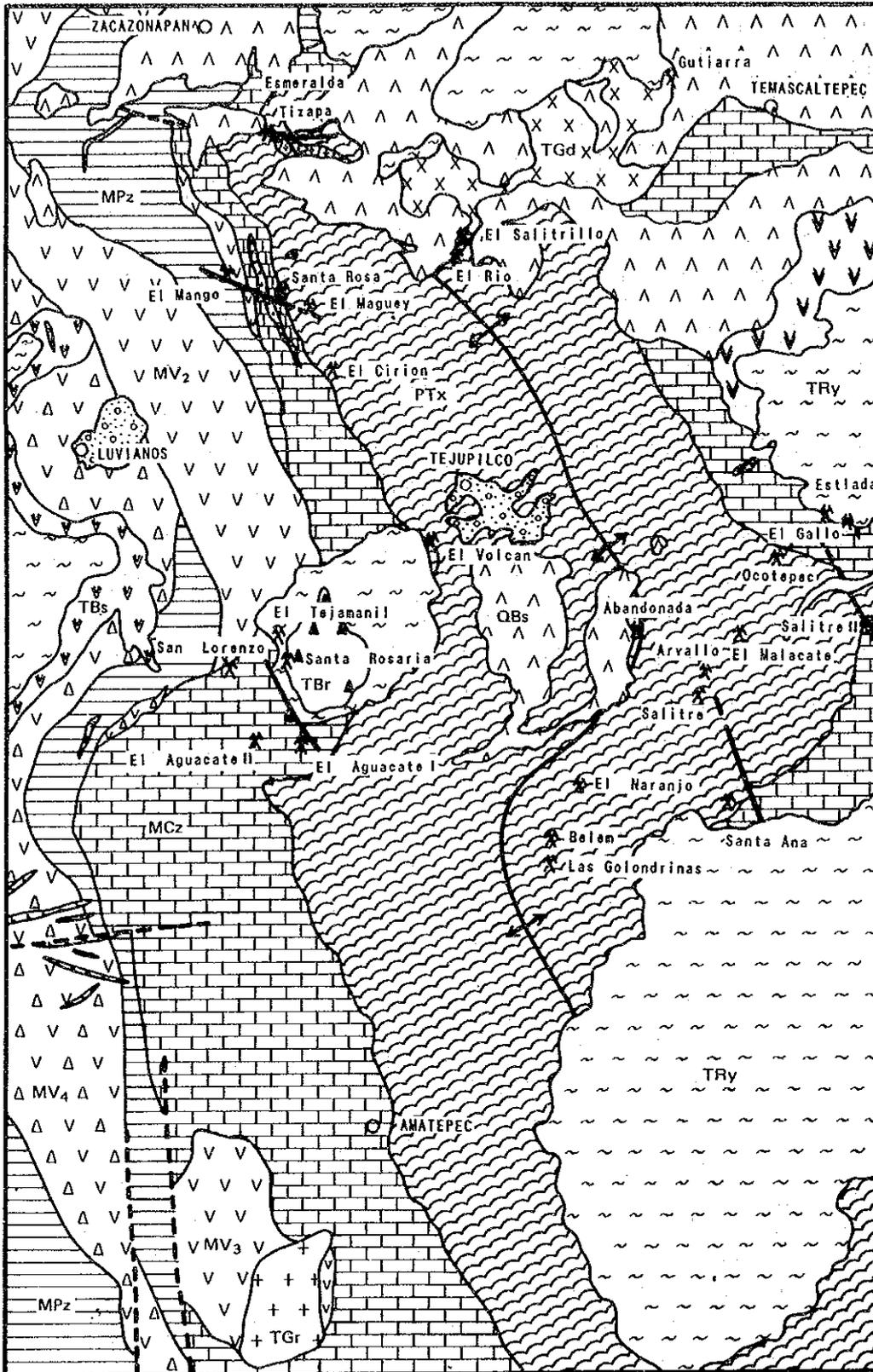
El Grupo Cuaternario está formado por lava basáltica, cono de ceniza volcánica y estrato aluvial. La lava basáltica forma topografías y mesetas de flujo de lava que son topográficamente evidentes y es frecuente que vaya acompañado por conos de ceniza volcánica. El estrato aluvial se distribuye entre 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.

3-3 Clasificación Geológica del Area de Estudio

En la Fig.I-3-2 se describe el croquis de la geología de la región Tejupilco.

En esta zona se distribuyen en la parte del eje central de la zona las rocas metamórficas del grupo Pérmico ~ Cretácico (Augengneis Arroyo Frío, Esquisto Taxco) y como si rodearan a éstas se distribuyen las rocas sedimentarias de Grupo Calcáreo, rocas sedimentarias del Grupo Terciario y rocas volcánicas (Formación Balsas, Riolita Tilsapotla), rocas intrusivas (granitos, diques y capas de roca). Cubriendo estas rocas se distribuyen las rocas volcánicas del Grupo Cuaternario del Eje Neovolcánico Transmexicano.



LEYENDA

CUATERNARIO

QAI : geava-arena, limo

QBs : lava de basalto, scoria

RIOLITA TILZAPOTLA

TBr : lava de andesita, piroclastico

TRy : andesita, piroclastica y toba riolitica

FORMACION BALSAS

TBs : lava de andesita, conglomerado

GRUPO CALCAREO

MV₄ : andesita, basalto, piroclastico

MPz : pizarra, pizarra calcarea

MV₁₋₃ : lava de pilow, basalto

MCs : arenisca calcarea, tobaslea

MCz : filita calcarea, arenisca calcarea

ESQUISTO TAXCO

PTx : esquistos pelitico y verde

AUGENGNEIS ARROY FRIO

PGr : gneis

ROCAS INTRUSIVAS

TGd : granodiolita

TGr : granito

DKr : dique acidico

Falla

eje de anticlinal

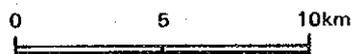


Fig. I-3-2 MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DE LA REGION TEJUPILCO

Las rocas de Augenneis Arroyo Frío se tiene origen en la graníticas. El Esquisto Taxco se componen de esquistos pelíticos, esquistos psamíticos y esquistos de mica y esquistos de clorita de origen sedimentario ~ volcánico y están cubiertos concordantes con las rocas sedimentarias del Grupo Calcáreo. Al observarse microscópicamente una parte de mineral primario, indica un grado de metamorfosis mediano a bajo.

Las rocas sedimentarias del Grupo Calcáreo se componen principalmente de pizarra calcárea, arenisca y va acompañado por conglomerado, siltita y toba. El grado de metamorfosis es bajo y existen aquellos que no han sufrido la metamorfosis.

Las rocas sedimentarias del Grupo Terciario (Formación Balsas, Riolita Tilzapotla) están formadas por conglomerados, areniscas y siltita de formación continental y las rocas volcánicas se componen de riolita, basalto andesítico etc.

El Grupo Cuaternario se compone de lava andesítica ~ basáltico, cono de ceniza volcánica y estrato aluvial.

Las rocas intrusivas se componen de granitos, dacita y basalto.

Como estructura geológica, las rocas metamórficas del Grupo Pérmico ~ Cretácico, tienen rumbo NNO ~ SSE, el buzamiento es O o E y tiene foliaciones del mismo rumbo. Este rumbo indica el rumbo estructural básico de esta zona y el metamorfismo se produjo por el movimiento orogénico de la cordillera. El Grupo Cretácico produjo plegamientos asimétricos causado por el movimiento de estructura gravitacional del período posterior al período Cognac, y al mismo tiempo se elevó simétricamente la parte del eje central de esta zona. El eje del plegamiento tiene rumbo N-S. Luego, en el mioceno del período terciario se desarrollaron numerosas fallas por el hundimiento de la zona oeste. El rumbo de las principales fallas es NO-SE, N-S y E-O, y atravesando esta línea débil se produjeron las erupciones e intrusiones de rocas volcánicas y rocas intrusivas en el Terciario.

El rumbo del Esquisto Taxco del Grupo Pérmico ~ Cretácico es NNO~SSE e indica buzamiento O o E. El ancho máximo es de 20km y se distribuye continuamente más de 100km hacia el sur en el cual se

encuentra el yacimiento de sulfuro masivo como el yacimiento Tizapa. Aún no están suficientemente aclaradas en cuáles partes de las rocas metamórficas se distribuyen los niveles de estratos geológicos similares al yacimiento Tizapa. Sin embargo, a juzgar por la existencia en esta zona de yacimientos de sulfuro masivo como Santa Rosa, se supone que esta zona tiene un alto potencial como lugar donde pueden existir yacimientos de este tipo.

Asimismo, dentro de la dacita ~ riolita del Grupo Terciario se distribuyen numerosos yacimientos del tipo vetas, pero aún no están suficientemente aclaradas las características de mineralización y las restricciones de mineralización. Sin embargo, teniendo en consideración la distribución de numerosos yacimientos como la mina El Malacate donde se estuvo realizando excavaciones hasta tiempos recientes, se supone de que esta zona se trata de un área de alto potencial como lugar de existencia de yacimientos vetas.

3-4 Breve Historia de la Minería del Área de Estudio

La única mina que actualmente está en operación dentro de la zona de Tejupilco es la mina Guitarra que inició las excavaciones desde agosto de 1991. Esta mina es un yacimiento veta que tiene como objeto la explotación del oro y plata. Actualmente se opera bajo una escala reducida de alrededor de 30 personas. Como minas que fueron explotadas anteriormente, se mencionan la mina Santa Rosa de yacimiento del tipo sulfuro masivo, Las Golondrinas, El Tejamanil, Abandonada, Alvallo, El Volcán, El Malacate de yacimientos vetas. Salvo el yacimiento El Volcán que tenía como objeto la explotación del cuarzo, los yacimientos vetas tuvieron como objeto la explotación del oro y plata. En cuanto a la mina El Río que se considera del tipo sulfuro masivo, existen posibilidades sólo para la exploración minera. En todas las minas, no existen bibliografías sobre los antecedentes de operación.

La mina Santa Rosa formada por yacimientos de sulfuro masivo, está ubicada a 10km al noroeste de Tejupilco. Además de aproximadamente 45m de galerías horizontales existen varias decenas de

metros de rampas y es posible la entrada. Actualmente, existen dos bocaminas a diferentes niveles, las cuales están comunicadas dentro de la galería. Se han realizado más de 10 barrenos de exploración y se reconocen la base de barreno y el camino de introducción.

La mina El Malacate es un yacimiento del tipo veta donde se realizaron explotaciones hasta 1990. La mayor parte se excavó a cielo abierto y en una parte existen indicios de haberse realizado la excavación de galerías. Actualmente quedan instalaciones mineras para generación eléctrica, las condiciones de las rutas de los alrededores de la mina es buena y es posible el tránsito.

CAPITULO 4 ANALISIS GENERAL DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

4-1 Estructura Geológica, Características de la Mineralización y Restricciones de la Mineralización

Desde el aspecto de la estructura geológica regional, esta zona pertenece a el Eje Neovolcánico Transmexicano, pero hacia el sudeste de esta zona el Esquisto Taxco del Grupo Pérmico ~ Cretácico se distribuyen ampliamente cubiertas 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 ~ 20km y se distribuyen ampliamente con dirección casi norte-sur 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 NO. Además, en la parte central de la zona de estudio está doblado por otro nuevo eje de plegamiento del sistema E-O. Estos plegamientos no llegan al Formación Balsas o la Riolita Tilsapotla 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 doblado.

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 10km con rumbo casi norte-sur. 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 y 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 de que pertenece al yacimiento 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 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 Alvallo 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 vetas de gran escala se encuentren con mayor frecuencia dentro del Esquisto Taxco y Grupo Calcáreo en lugar de la Riolita Tilsapotla 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 NO-SE, indicando que se han formado casi en la misma época. Existen también vetas del sistema N-S y E-O pero son pobres y sus leyes son bajas.

4-2 Potencial de Distribución Estimada de los Yacimientos

Los principales yacimientos que se distribuyen en la zona del presente estudio son yacimientos de sulfuros masivos y yacimientos vetas. Entre los yacimientos de sulfuros masivos está el yacimiento Tizapa y yacimiento Santa Rosa, los cuales se ubican en la parte superior del Esquisto Taxco del Grupo Pérmico ~ Cretácico. En las proximidades de estos yacimientos se distribuyen las rocas metamórficas que se originan en la roca clástica de origen volcánico y se determinó que entre los yacimientos y estas rocas metamórficas existe una estrecha relación. Estos estratos se distribuyen ampliamente dentro de la zona de estudio y se juzga que es una zona

de alto potencial de distribución de yacimientos.

La mayoría de los yacimientos vetas son vetas de cuarzo que contienen Ag-Pb-Zn, y según los resultados de los estudios geológicos pudo aclararse que el rumbo predominante de las vetas es NO-SE. En esta zona, además de existir la veta de gran magnitud del yacimiento El Malacate que llega a 10 ~ 20m x 1km, una parte del yacimiento está cubierto por el estrato superior del Grupo Cuaternario. Asimismo, en el yacimiento Santa Rosario, además de existir minerales de altas leyes con 5.12g/t de Au y 7,824g/t de Ag, en el yacimiento de Belém se descubrieron afloraciones de altas leyes con 9.88g/t de Au y 7,118g/t de Ag. En consecuencia, como zonas de alto potencial de distribución de yacimientos vetas, pueden citarse los alrededores del yacimiento El Malacate, yacimiento Santa Rosario y yacimiento Belém.

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES

5-1 Conclusiones

Durante esta fase se realizaron los análisis de imágenes de satélite, análisis de datos existentes, estudios geológicos, exploraciones geofísicas y estudios de perforación.

- ① Según los resultados de los análisis de imágenes de satélite, de las imágenes de falso color se tomaron lectura de los límites del Esquisto Taxco, Grupo Calcáreo, Formación Balsas, Riolita Tilsapotla, topografías volcánicas del Grupo Cuaternario, etc. De los planos de lectura de lineamientos, en la parte central y sudoeste de la zona de estudio se detectaron lineamientos que reflejan la estructura geológica que contiene estructuras de plegamientos y en la parte central ~ sudeste los lineamientos de rumbo NO-SE, los cuales indican los rumbos de yacimientos filonianos que se distribuyen en esta zona. Además, en las imágenes de los análisis de componentes principales, el coeficiente de contribución del primer componente principal fue de 93.8% y está enormemente influenciado por la variación del brillo del espectro de las respectivas bandas debido a las irregularidades topográficas. El coeficiente de contribución del segundo ~ cuarto componente principal fueron respectivamente de 2.9%, 2.5% y 0.4% y el total de los coeficientes de contribución desde el primero al cuarto componente fue de 99.6% que resume las informaciones de la mayor parte de los datos. Esta zona pertenece al clima mesotermal subhúmedo, en cuanto a la topografía existe una diferencia de altura de 2,000m y además de crecer numerosas variedades de vegetación, se distribuyen ampliamente e irregularmente los campos de cultivo y pastizales. Por comparación de los resultados de los análisis de componentes principales y los resultados de los estudios en el terreno, pudo determinarse que el primer componente principal refleja las irregularidades topográficas y el segundo y tercer componente principal las diferencias de vegetación. En cuanto al cuarto componente principal que corresponde a las zonas de distribución no vegetal como rocas, suelo, caminos, viviendas, etc., la gama de

variación de las informaciones geológicas quedan tapadas por las diferencias de variación de vegetación debido a que son muchas las informaciones que no son geológicas y es endeble la correspondencia con la clasificación de litofacie.

② Según los resultados de los análisis de datos existentes, muchas de las informaciones relacionadas con la zona de estudio son informes del proyecto de estudio de yacimientos realizados por CRM, pero aparte de éstos existen los mapas geológicos y tesis de la Universidad Nacional Autónoma de México. Como estratigrafía geológica, existen descripciones detalladas en la "CARTA GEOLOGICA DE MEXICO-HOJA TEJUPILCO-" (Cserna, 1982). Con respecto a los yacimientos, la mayoría son estudios realizados por CRM y los yacimientos que se distribuyen en esta zona son yacimientos de sulfuro masivo, yacimientos vetas y yacimientos irregulares de mercurio. Dentro de las informaciones, las descripciones que aparecen como mineral negro (tipo de Kuroko) o yacimientos masivos, en la mayoría son yacimientos de diseminación según los resultados de los estudios en el terreno y los yacimientos que corresponden a sulfuro masivo fueron solamente 2 ~ 3 yacimientos. La mayoría de los yacimientos filonianos son principalmente de Ag, Pb y Zn que se distribuyen principalmente en la parte central de la zona de estudio, pero la mina Guitarra del noreste de la zona de estudio que iniciara las operaciones desde agosto de 1991 es la única que está operando para la explotación de las vetas de cuarzo para extraer plata. Asimismo, los yacimientos irregulares de mercurio se distribuyen en la parte sur de la zona de estudio, pero en todos los casos son de pequeña magnitud. Por otra parte, aunque fueron escasas las informaciones relacionadas con las exploraciones geofísicas, exploraciones geoquímicas y sondajes, los materiales que pudieron recopilarse se utilizaron para los estudios en el terreno y para los análisis.

③ Según los resultados de los estudios geológicos, 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.

Además, la mayoría de los yacimientos vetas (Ag-Pb-Zn) indican rumbo del sistema NO-SE. Entre las vetas con este rumbo, se reconocieron las afloraciones del yacimiento Belém y el yacimiento Santa Rosario que indican altas leyes con más de 7,000g/t de Ag. Asimismo, los filones que señalan otros rumbos, son pobres tanto en cuanto desarrollo como las leyes.

④ Según los resultados del estudio geofísico por el método gravimetría, se encontraron las zonas de baja gravedad en tres lugares que se duplica a la estructura anticlinal. Estos coresponden a las granodioritas o los cuerpos de rocas intusivas, y los yacimientos de tipo veta entran casi todo en las psrtes de anomsría negativa mostrada en el mapa de anomaría de diferencia restante terciaria. Por lo tanto se considera que están relacionadas las estructuras formadas en terciario, depresiones de basamento y mineralizaciones.

⑤ Según los resultados de los estudios de perforación, en la perforación MJMT-1 realizada en la parte noroeste de la zona de estudio, dentro de la brecha tobácea argilizada blanca entre 39.30 ~ 51.50m se determinaron bandas mineralizadas formadas por pirita, marcasita, arsenopirita, etc. y entre 252.00 ~ 252.20m las bandas mineralizadas formadas por estibina y cuarzo. La mayoría son minerales que presentan aspecto filoniano pero en parte se observaron los que forman gravas. Sin embargo, las partes que forman gravas y el mineral de la parte filoniana presentan combinaciones de minerales y composiciones químicas similares con

leyes de menos de 0.01g/t de Au y menos de 1g/t de Ag, alrededor de 0.01% de Cu, Pb y Zn, siendo altas las posibilidades de la parte de gravas como parte de la veta. Además, en la parte más profunda a 300.10m de esta perforación se distribuyen las pizarras pelíticas y se juzga que el nivel de existencia de yacimientos de sulfuro masivo de Tizapa se encuentran a mayores profundidades. Igualmente, la perforación MJMT-1B realizada a 20m más hacia el este de este sondaje, presenta una geología similar a la perforación MJMT-1 y al mismo tiempo en 38.90 ~ 50.15m y 166.50 ~ 171.10m pudieron determinarse bandas mineralizadas formadas por arsenopirita, pirita y marcasita y entre 102.60 ~ 105.45m la banda mineralizada formada por estibina y cuarzo. Según estos resultados, las proximidades del sondaje es una zona de alto potencial como lugar de existencia de yacimientos filonianos, pero se juzga que es una zona de bajo potencial como lugar de existencia de yacimientos de sulfuro masivo.

Además, en la perforación MJMT-2 realizada a aproximadamente 2km hacia el este del yacimiento El Río de la parte norte del centro de la zona de estudio, en las proximidades de 220.00m, 241.90m, 318.00m y 334.30m se determinaron bandas diseminadas que contienen principalmente pirrotita y desde escasas cantidades a trazas de calcopirita y blenda y bandas de varios centímetros. Por otra parte, en la perforación MJMT-3 que se realizó a aproximadamente 1,5km al sudeste del perforación MJMT-2, además de reconocerse a 240.70 ~ 241.00m, 250.10 ~ 250.35m las bandas de pirrotita y diseminaciones, entre 276.60 ~ 277.00m se determinaron vetas de cuarzo que incluyen la blenda, galena y pirita. El Esquisto Taxco de la parte inferior de las perforaciones MJMT-2 y MJMT-3 presentan la formación de hornfels y en la parte somera de un nivel más bajo se supone la existencia de granito. Según los estudios geológicos de las proximidades e identificación de los núcleos, en las cercanías de la perforación MJMT-2 y MJMT-3 existe una estructura sinclinal y el nivel está más bajo que el nivel del yacimiento Tizapa. Según los estudios geológicos se pudo aclarar que el yacimiento Tizapa y Santa Rosa se encuentran al mismo nivel

y fuera de este nivel se estima que es bajo el potencial de existencia de yacimientos de sulfuro masivo. Además, el grado de metamorfismo de las rocas que se observan por los sondajes, a simple vista es superior que en las proximidades del yacimiento Tizapa y constituyen claramente los esquistos. Asimismo, el yacimiento El Río, por la forma de presentación y los resultados de las pruebas de laboratorio, es alta la posibilidad de que sea un yacimiento filoniano y se juzga que esta zona tiene bajo potencial de existencia de yacimientos de sulfuro masivo.

5-2 Proposiciones para los Estudios de la Fase II

Según los resultados geológicos de esta fase, en esta zona se distribuyen los yacimientos de sulfuros masivos y yacimientos vetas.

- ① El nivel de existencia de los yacimientos de sulfuros masivos se observa en la parte superior del Esquisto Taxco del Grupo Pérmico ~ Cretácico y los propios estratos están ampliamente distribuidos. Además, en las proximidades del yacimiento se distribuyen las rocas metamórficas que se originan en la roca clástica de origen volcánico. 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 NO-SE del yacimiento Tizapa ~ yacimiento Santa Rosa ~ Tejupilco puede determinarse como zona de alto potencial de existencia de yacimientos. Sin embargo, para el seguimiento de los estratos es necesario que se realicen estudios geológicos detallados y al mismo tiempo las exploraciones geoquímicas de suelos rocosos y en ese sentido, por ejemplo, sería útil la investigación del comportamiento del elemento alcalino que en las exploraciones de yacimientos de minerales negros en Japón resultó eficaz. Más aún, si se lograra estimar la existencia de afloramientos o depósitos subterráneos, será necesario que se confirme con estudios de perforación.

② La mayoría de los yacimientos vetas 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 NO-SE. En esta zona, además de existir el filón de gran magnitud que llega a 10 ~ 20m x 1km del yacimiento El Malacate, parte de las vetas están cubiertos por estratos superiores del Grupo Cuaternario. Además, dentro de la galería del yacimiento Santa Rosario existen minerales de altas leyes con 5.12g/t de Au y 7,824g/t de Ag y en el yacimiento Belém se descubrió el afloramiento de altas leyes con 9.88g/t de Au y 7,118g/t de Ag. En el caso de realizar más estudios, es necesario que se realicen exploraciones geoquímicas sobre estos yacimientos vetas. Como método de exploración geoquímica deberán realizarse muestreos del suelo y roca con una separación de 10m en dirección transversal 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 100m. 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 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.

Asimismo, teniendo en consideración la economía y escala del yacimiento, deberá darse prioridad a las exploraciones de los yacimientos de sulfuro masivo.

PARTE II

DESCRIPCION DETALLADA

PARTE II DESCRIPCION DETALLADA

CAPITULO I ANALISIS DE IMAGENES POR VIA SATELITE

1-1 Método de Análisis

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

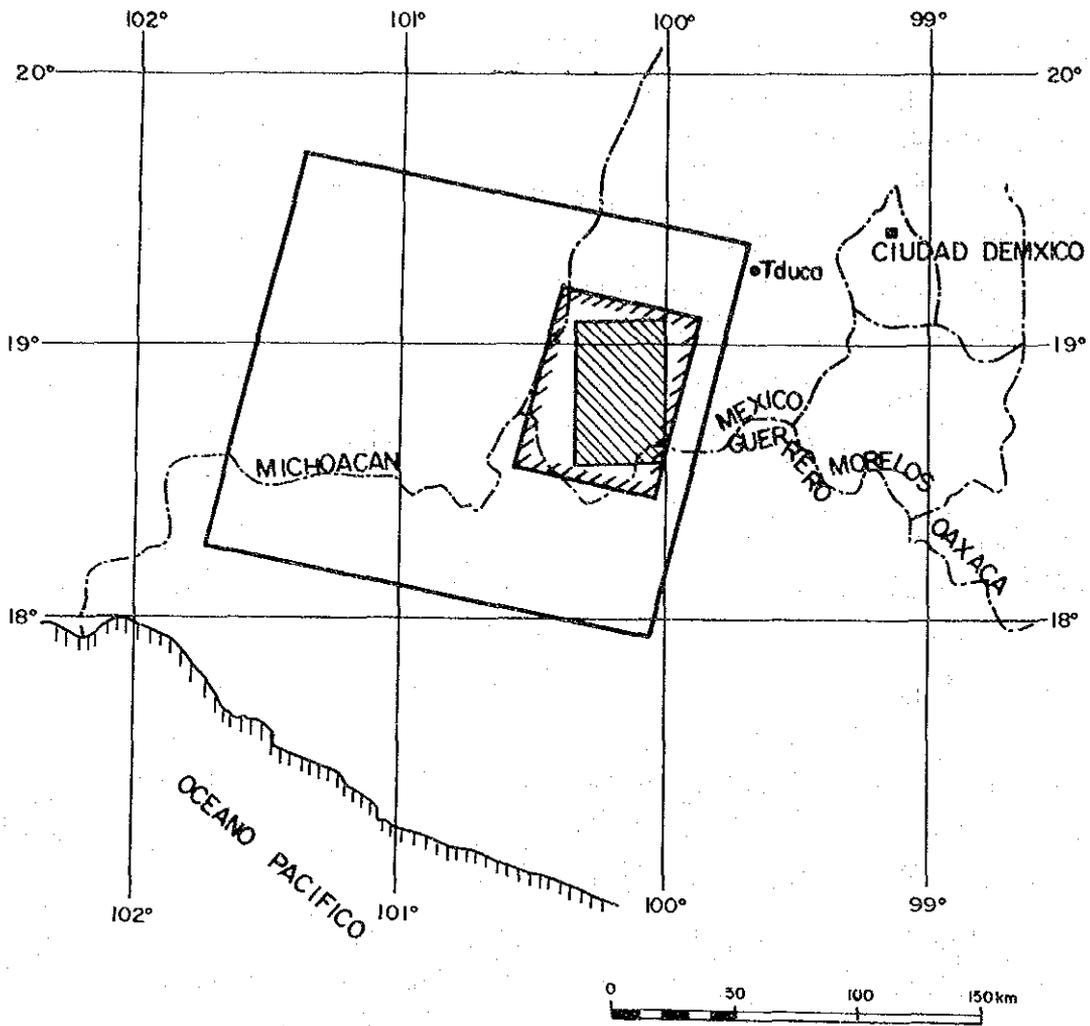
Tratamiento de imágenes	escala
Imagen TM en colores falsos (BGR 234) Escena completa	1/250,000
Imagen TM en colores falsos (BGR 234) Escena parcial	1/100,000
Imagen TM analítica de principales factores (BGR PC1xPC2, PC1xPC2, PC1xPC3)	1/100,000

En la Fig.II-1-1 a Fig.II-1-4 se demuestran mapa índice de análisis imagen de satélite, la imagen TM en colores falsos, y la imagen TM analítica de principales factores de la escena parcial. Han sido analizado la imagen parcial a escala 1:100,000 y la 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 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



- Imagen TM en color falsos (escena completa)
- ▨ Imagen TM en color falsos (escena parcial)
- ▩ Area de estudio

Fig.II-1-1 MAPA INDICE DEL ANALISIS IMAGEN SATELITE

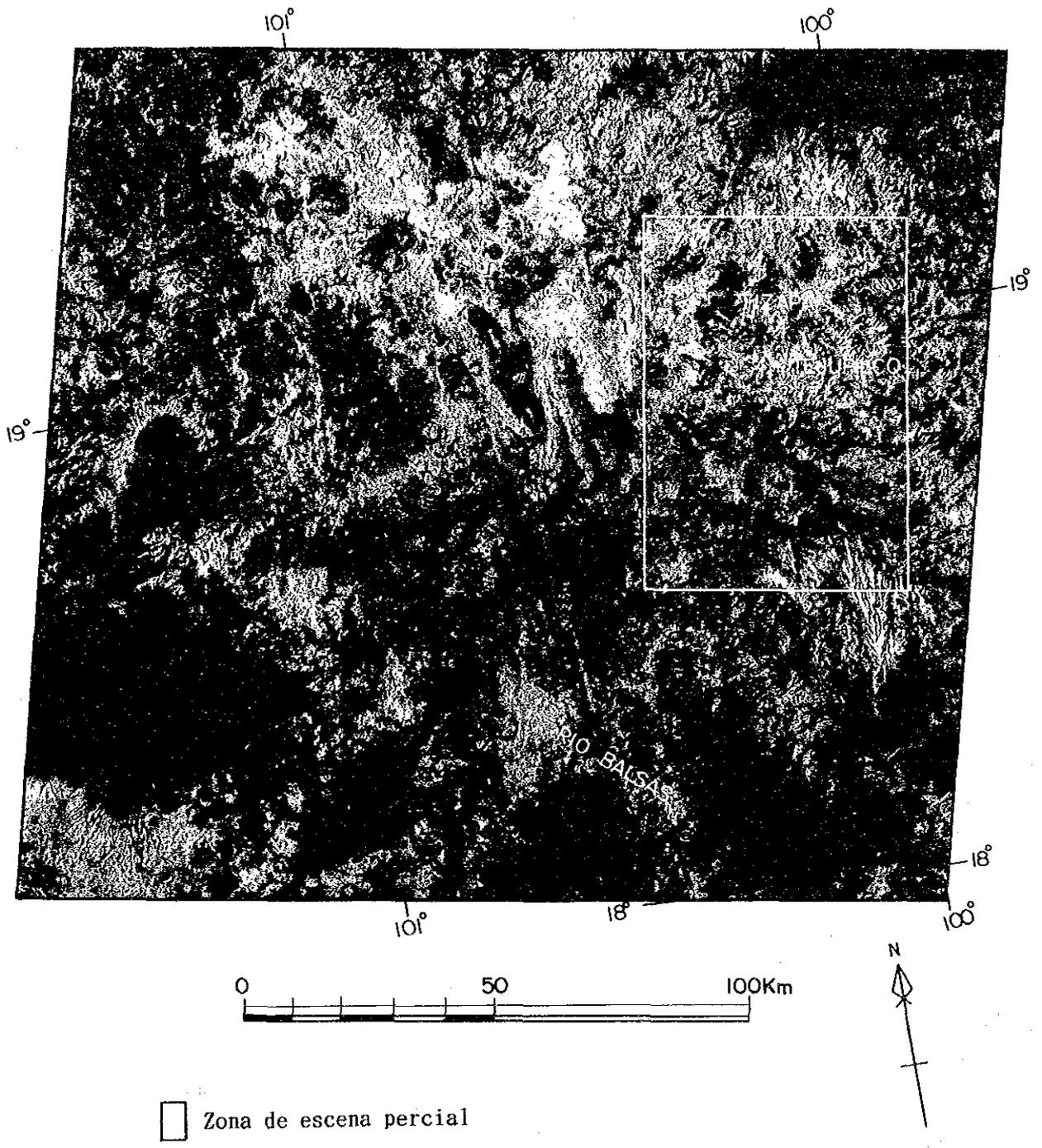


Fig.II-1-2 IMAGEN TM EN COLORES FALSOS (ESCENA COMPLETA)

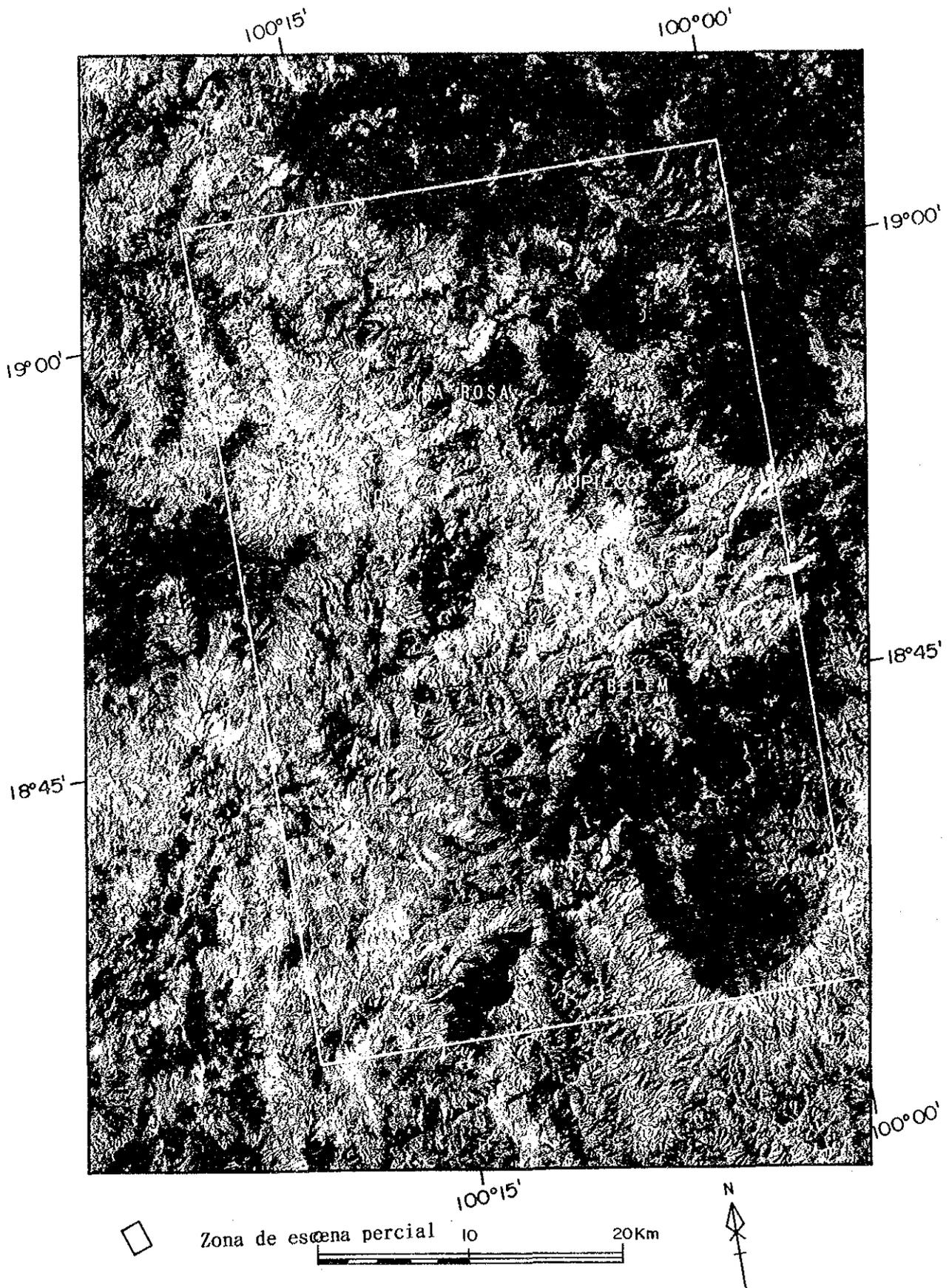


Fig.II-1-3 IMAGEN TM EN COLORES FALSOS (ESCENA PERCIAL)

1-2 Resultados de Análisis

1-2-1 Hidrografía y Topografía

En la Fig.II-1-5 se demuestra la red hidrografía extraída de la carta topográfica a escala 1:50,000, y en la Fig.II-1-6 , los niveles más altos. En los cuadros a intervalos de 500m, se cubrieron las valles.

La zona del estudio puede ser dividida en tres grandes partes; norte, centro, y sur, lindadas con dos grandes divisorias que extienden del este al oeste.

Los principales ríos son; en la parte norte, el Río Temascaltepec que corre del este al oeste y sus afluentes Río Chiquito y Río Los Sabinos. En la parte central, el Río San Felipe que corre del este al oeste y sus afluentes Río Chiquito, Río Aquagua, Río Tejupilco, Río San Hipolito, Río El Cristo, y Río San Miguel. En la parte sur, el Río San Pedro y Río Topilar que corren al sur.

Hay muchos ríos serpenteados en la forma de S, y a los pies de la Sierra de la Goleta, Sierra de Sultepec, y Sierra Nanchititla, muchos pantanos secundarios y terciarios subparaleras en la forma recta. La zona del estudio ubica a la altitud de unos 2,500 - 700m, con la parte noroeste alta y la suroeste baja.

En el de los niveles más altos, queda restituida la área de los picos de las mencionadas sierras como meseta relativamente plana. Alrededor de Tejupilco, Luvianos, y San Francisco de Asis se presenta una cuenca comparativamente llana y hay terrenos montañosos desarrollados rumbos a NW-SE y a E-W que la cortan.

Según las imagenes de Landsat, La mayor parte de la zona del estudio es un terreno complejo con las sierras y con avanzada disección de la era madura, en ella hay zonas (norte-centro) que presentan la topografía volcánica con las características evidentes como los conos volcánicos de la era cuaternaria y sus cráteres y derrames de lava, y las partes (norte, oeste, y sureste) que demuestran mesetas por la derrame piroclástica de la era terciaria aunque con una disección avanzada. Alrededor de Tejupilco y Luvianos se reconoce la distribución del depósito aluvial plano.

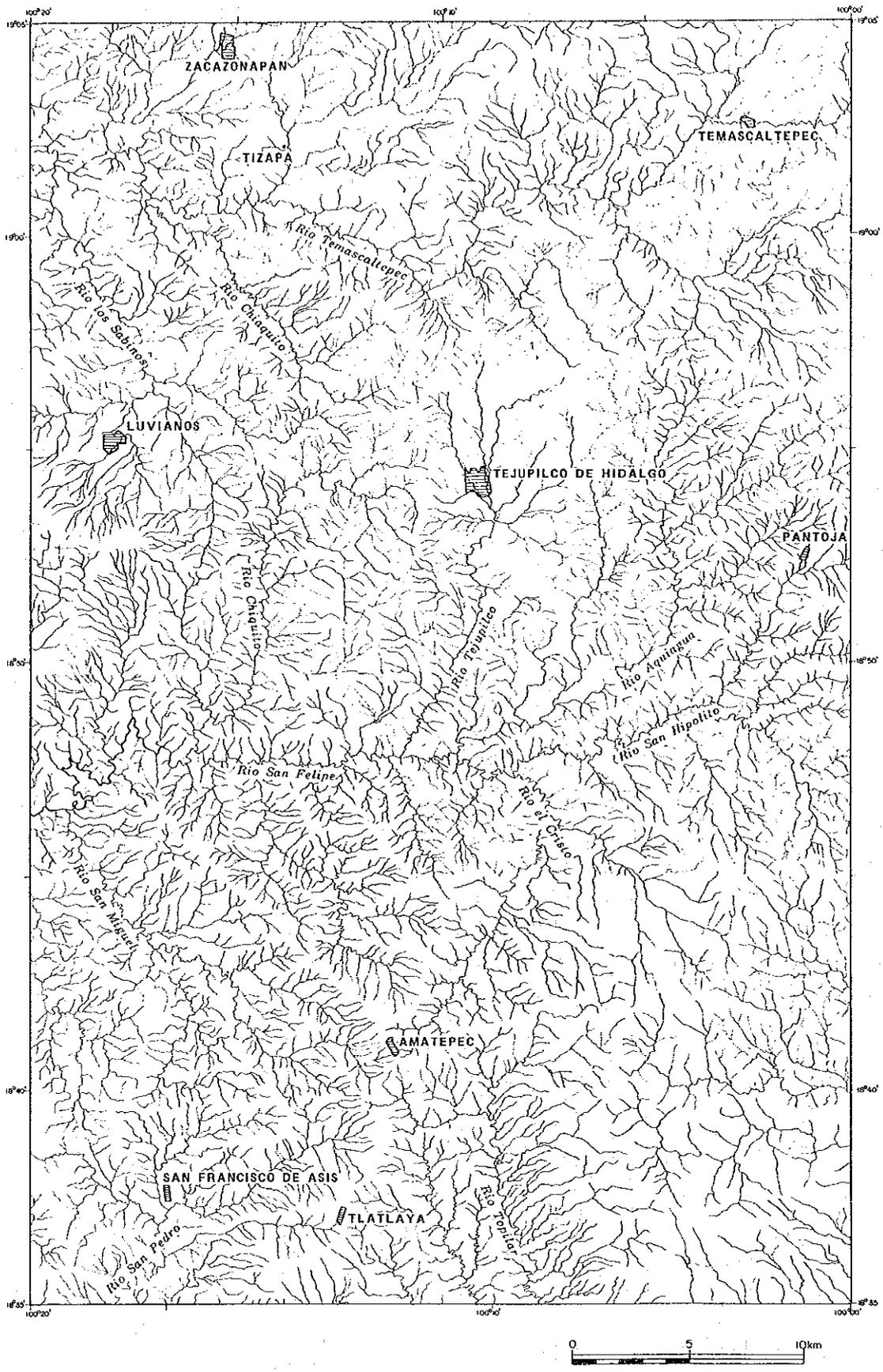
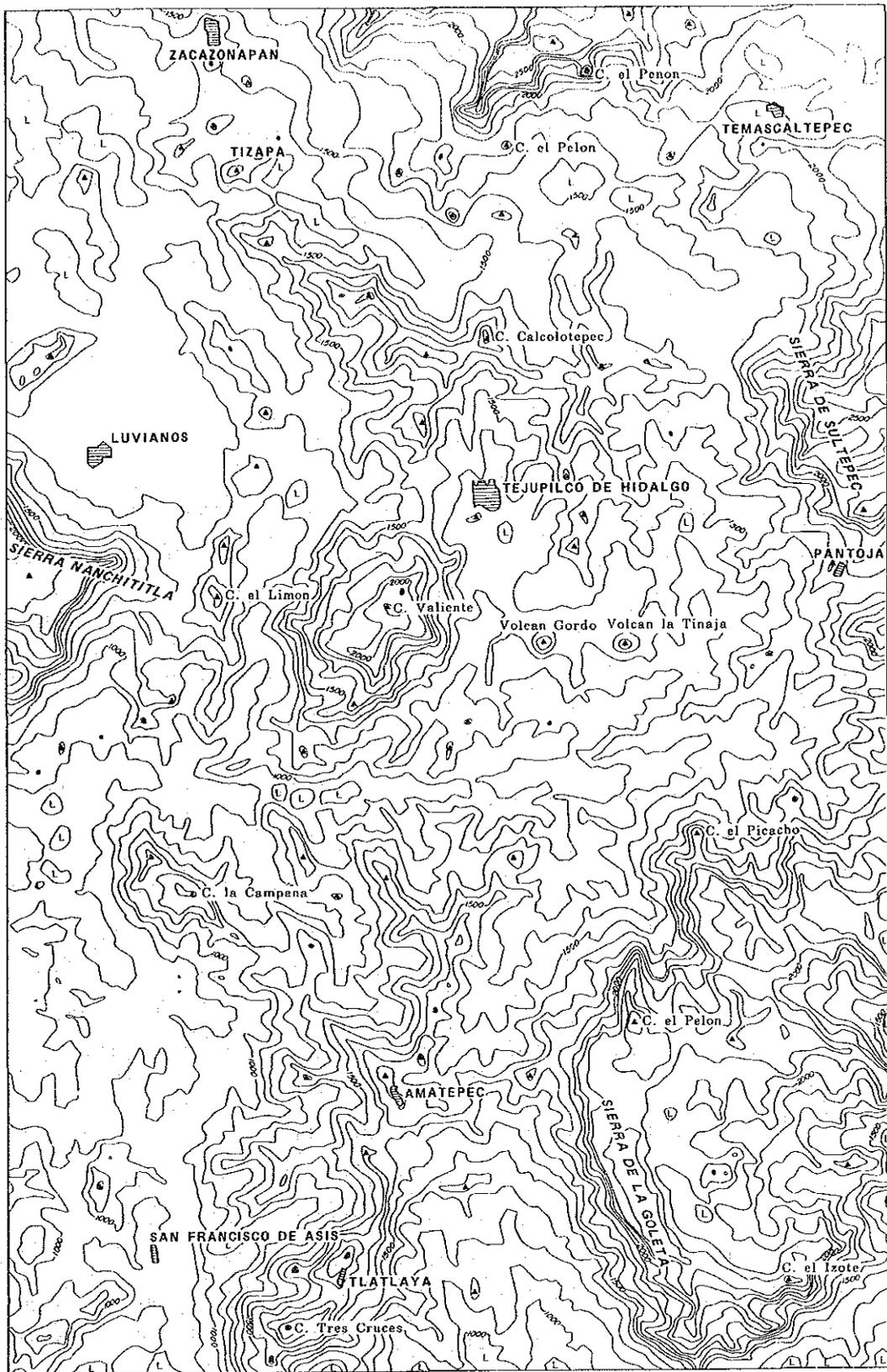


Fig.II-1-5 PLANO DE RED HIDROGRAFICA EXTRAIDA DE LA CARTA TOPOGRAFICA



▲ : CELLO
 (L) : CUENCA



Fig.II-1-6 PLANO DE NIVELES MAS ALTOS

En la topografía volcánica se observan los conos volcánicos que probablemente se componen de la topografía de la derrame de lava y scoria basáltica. La topografía de la derrame de lava se puede dividir en varias unidades y en ella se determinan claramente las direcciones de la derrame de lava y diques de lava. En la zona se conocieron 11 conos volcánicos monogenéticos con un diámetro de 0.5 ~ 1 km.

En las mesetas de la derrame piroclástica, están desarrolladas las valles hondas y rectas corespondiendo a la diaclasa de los sedimentos de la derrame piroclástica, y rodeadas de los precipios abruptos.

La zona en que se distribuyen los estratos de las eras paleozoica - mesozoica tiene la topografía compleja de sierra y de avanzada disección de la era madura. Las montañas se extienden de NW-SE desde la parte noroeste hasta la parte central y cambian a N-S inclinando en la cumbre de la meseta de la derrame piroclástica en esta última parte.

1-2-2 Imágenes TM en Colores Falsos

La tonalidad de las imágenes TM en colores falsos se divide en los tonos rojo, azul pálido, y marrón pardo. Se aplica el tono rojo a la banda 4, se supone que la zona con rojo fuerte corresponde a la de vegetación densa. Las diferencias de la densidad y tipo del sistema fluvial en la zona del presente estudio están reconocidas como alteraciones conformes con la distribución de los estratos del plano geológico existente. La distribución de tonalidad es frecuentemente discontinua y mosaica, por lo que no se puede decir que sea el resultado correspondiente necesariamente al tipo de rocas, y se supone que están dando no pocas influencias las explotaciones de terrenos y las vegetaciones distribuidas en la capa.

Por consiguiente, considerando las alteraciones en el sistema fluvial como demarcaciones de una gran unidad geológica se realizó la disección, se realizó la disección con la idea de que los cambios de tonalidad es una composición de las informaciones geológica y de vegetación.

1. Lineamiento

El gráfico de distribución del lineamiento se demuestra en la Fig.II-1-7, y el diagrama rosa y la distribución de frecuencia del longitud de lineamiento, en la Fig.II-1-8 y Fig.II-1-9. El lineamiento extraída son 379 líneas, con una densidad de 0.8km/km².

En toda la zona del estudio, la dirección de lineamiento más frecuente es N-S, seguido por NNW-SSE, NNE-SSW-NE-SW. Eje de plegamiento de Esquisto Tasco es NNE-SSW, y debido a que es N-S el eje de plegamiento de la actividad metamórfica producida después del sedimentación de estrato Alceria hasta antes del sedimentación de estrato Valsas (Cseren,1982), se puede pensar que la mayor parte de estos lineamientos desarrollados en las partes central - suroeste reflejan la estructura geológica acompañando a la del plegamiento de estratos.

Desde la parte central hasta la sudeste, sobresale el lineamiento de NW-SE, coincidiendo muchas veces con la dirección de yacimiento de sistema veta.

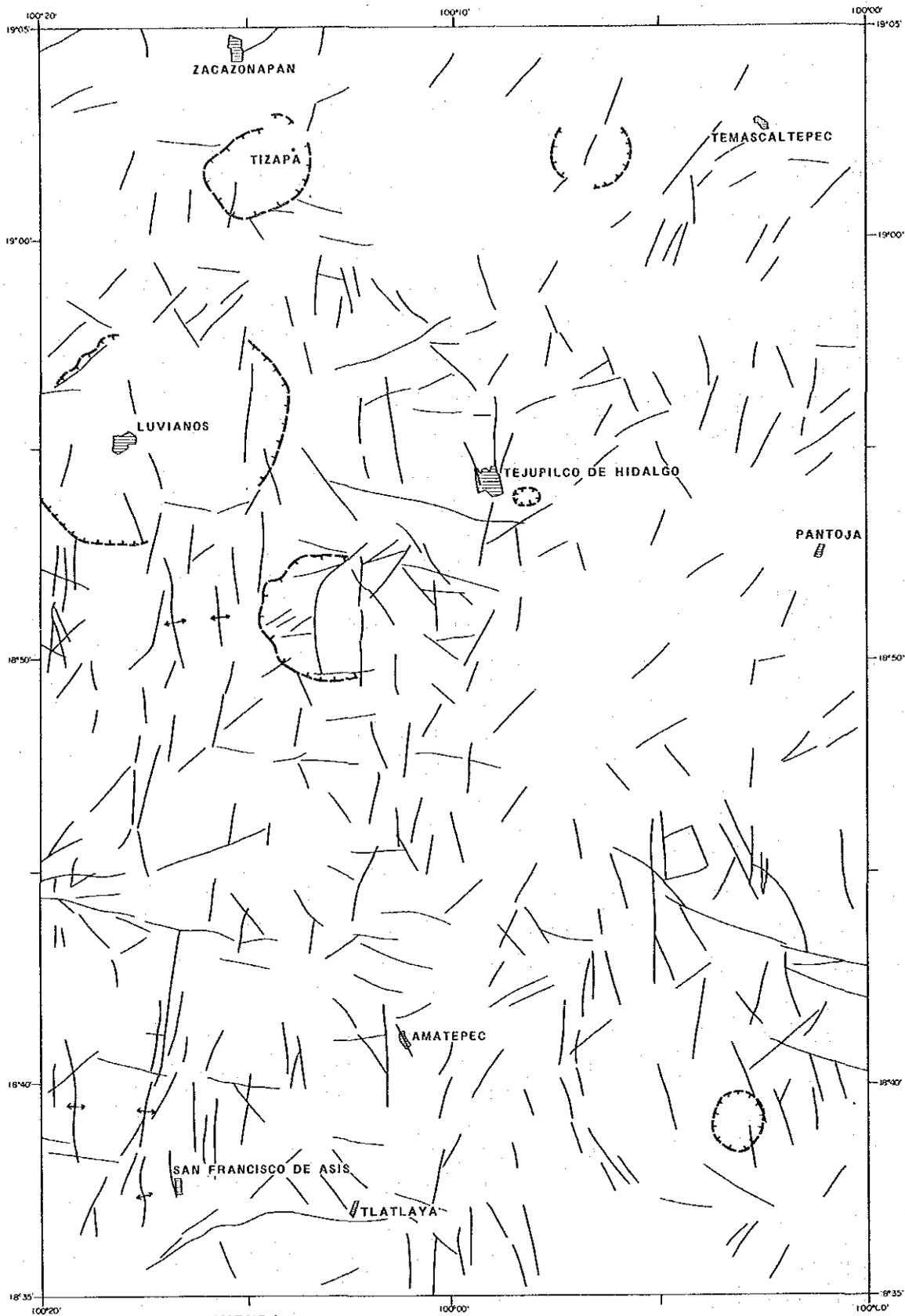
Además, se pueden descifrar las estructuras grandes y pequeñas en total de 5 puntos alrededor de Luvianos y Tizapa.

2. División geológica

Se realizó una división de estructura geológica utilizándose la imagen TM de escena parcial (1:100,000) en colores falsos. Resultados del análisis imagen TM en color falsos se demuestra en la Fig.II-1-10, y las características de cada unidad, en la Tab.II-1-1.

En comparación con el plano geológico existente, se dividieron las unidades geológicas en 4 partes; con las distribuciones de rocas metamórficas, el mesozoico, el terciario y del cuaternario.

En el centro de dicha zona existe una sierra en forma de "L inversa" que se extiende a NW-SE en las partes norte - central, y a N-S en las partes central - sur. Esta sierra forma una demarcación, y en el lado este el sistema fluvial demuestra una ramificación diminuta, mientras en el oeste una sub-ramificación - forma sub-paralela. En comparación con el plano geológico existente, esta



LEYENDA

-  Lineamento
-  Estructura circular
-  Eje de anticlinal



Fig.II-1-7 PLANO DE DISTRIBUCION DEL LINEAMIENTO

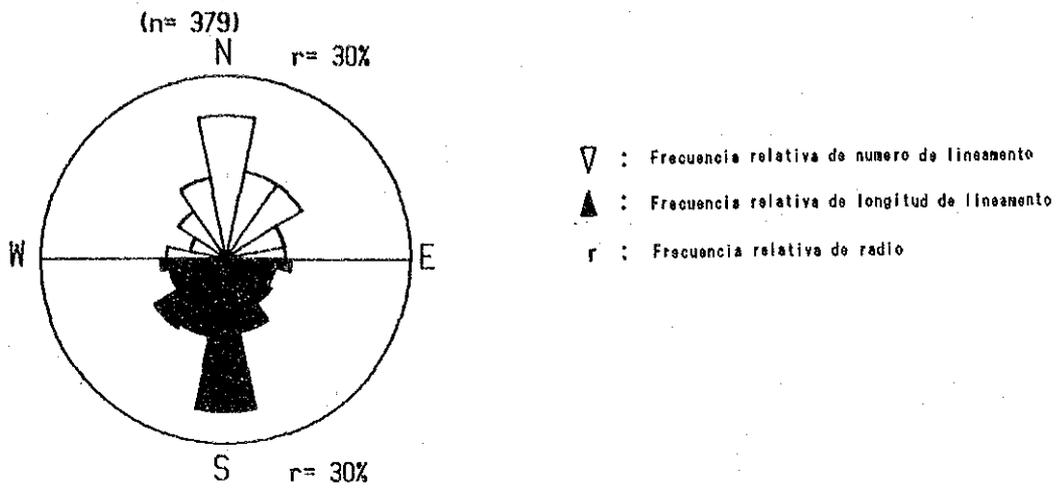


Fig.II-1-8 DIAGRAMA ROSA DEL LINEAMIENTO

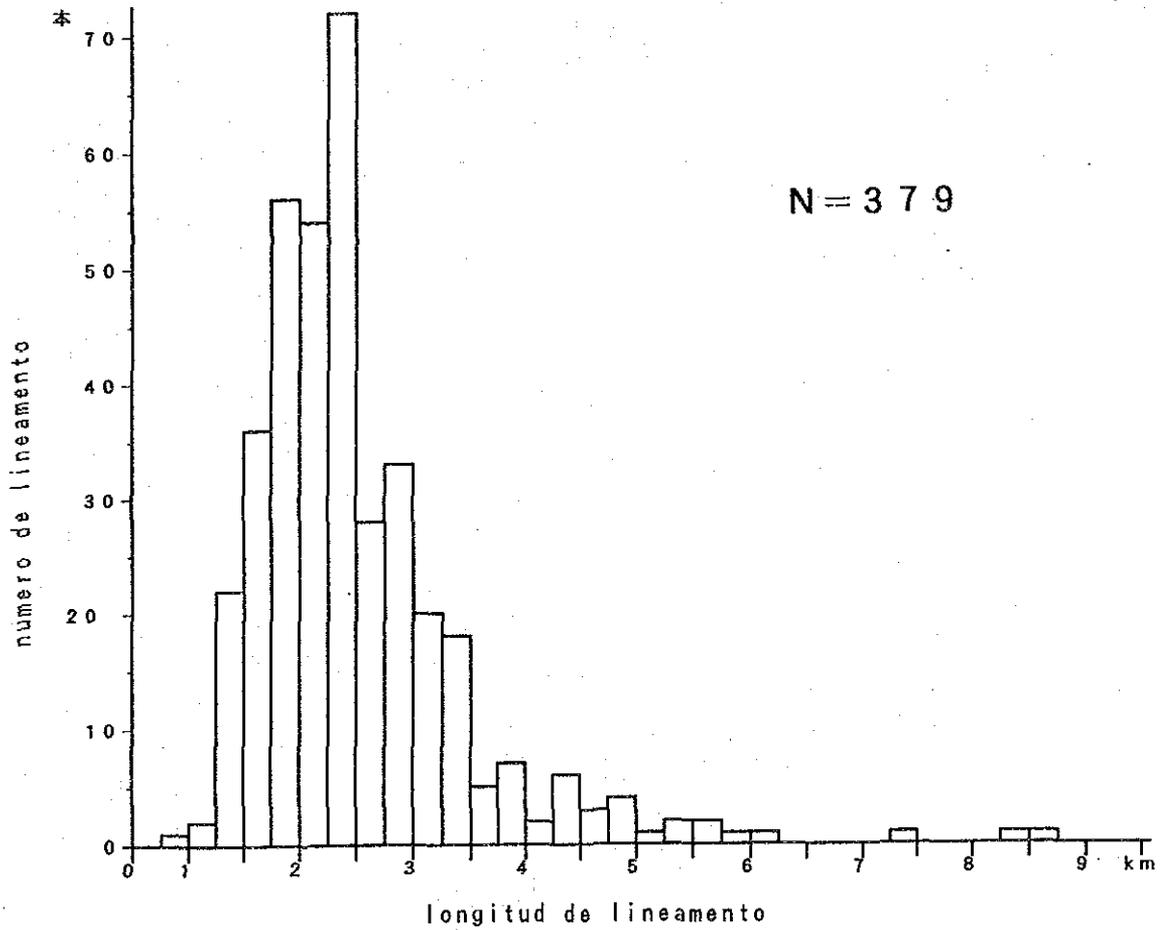


Fig.II-1-9 PLANO DE DISTRIBUCION FRECUENCIAL DEL LONGITUD DE LINEAMIENTO

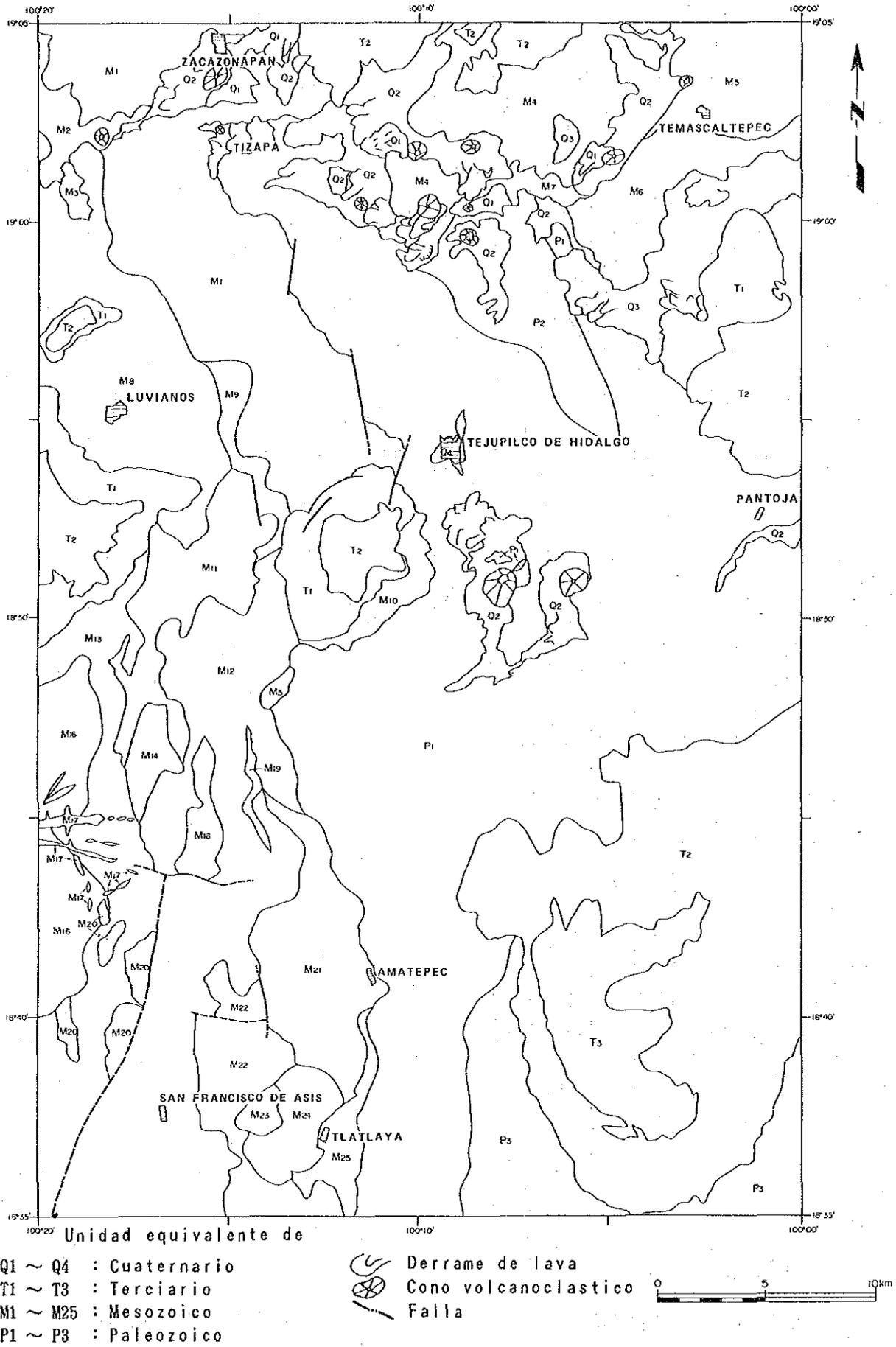


Fig.II-1-10 RESULTADOS DE ANALISIS IMAGEN TM EN COLORES FALSOS

Tab.II-1-1 LISTA DE DESCIFRAMIENTO IMAGEN TM EN COLORES FALSOS

UNIDAD	ZONA DIST-RIBUIDA	GEOLOGIA ¹⁾ (CALTA DE TEJUPILCO)	HIDROGRAFIA	DENSIDAD DE HIDROGRAFIA	TOPOGRAFIA	ESTRATIFICACION	COLORES EN IMAGEN	VEGETACION
Q1	ND~N	Ob	—	ralo	plano	indistinto	marronpardo	pasto, maiz, cultivo
Q2	N~C	Ob, Qal	—	ralo	plano	indistinto	marronpardo	pasto, maiz, cultivo
Q3	N~NE	Ob	—	ralo	moderado	indistinto	marronpardo	cultivo, maiz
Q4	ND, C	Qal	—	ralo	plano	indistinto	azul~marron	pobrado, pasto
T1	O, C, NE, SE	KTb, Tot	sub-paralela	ralo	plano	indistinto	rojo	robra, arbusto, maiz
T2	O, C, NE	Tot	sub-rejilla~paralela	mediano	nasa	indistinto	rojo~marronpardo	robra, plno
T3	SE	Tot	sub-paralela~ramificacion	denso	escarpado	indistinto	rojo~marronpardo	past, maiz, inculto, campo, casa
M1	ND, O	Xia, Kxi, Ksa	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	marron~azul palido	pasto, maiz, cultivo
M2	ND	—	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	marron pardo oscuro	pasto, maiz
M3	ND	—	—	ralo	plano	indistinto	marronpardo oscuro	arbusto, robra, maiz, pasto
M4	N	—	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	rojo~marron	robra, inculto, maiz
M5	NE	—	ramificacion~sub-circular	denso	escarpado	indistinto	rojo~marron, azul palido	robra, pino, maiz, inculto
M6	NE	Tot	sub-ramificacion~paralela	denso	escarpado	indistinto	rojo, moreno	pasto, cultivo
M7	N	—	ramificacion	mediano	escarpado	indistinto	marronpardo	cultivo, pasto, maiz, poblado
M8	O	Ksa, XTb	sub-ramificacion~rejilla	mediano	lono	indistinto	marron, azul palido, rojo	arbusto, pasto, maiz
M9	C	Kxs, Ksa	sub-ramificacion~paralela	denso	escarpado	indistinto	marronpardo, azul palido	arbusto, campo, pasto, maiz
M10	O	XTb, (Pt)	ramificacion	mediano	escarpado	indistinto	moreno palido, azul palido	pasto, maiz, arbusto
M11	C	Ksa	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	moreno palido, azul palido	pasto, maiz, cultivo
M12	O~SO	Kxs, Ksa, (Pt)	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	marronpardo	pasto, maiz, cultivo, arbusto
M13	O~SO	Ksa, (Kxs)	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	moreno palido, azul palido	arbusto, maiz
M14	O	XTb, (Ksa)	sub-ramificacion~paralela	denso	escarpado	indistinto	marron pardo	pasto, arbusto, maiz
M15	C	Kxi	sub-ramificacion	ralo	plano	indistinto	marron pardo	pasto, maiz, arbusto
M16	SO	Ksa	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	marron, paldo, azul palido	pasto, maiz, arbusto
M17	SO	Dique	—	mediano	escarpado	indistinto	paldo oscuro	arbusto
M18	SO	Kxs, Ksa	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	paldo, azul palido	arbusto, maiz
M19	C	Kia, Ksa	ramificacion	mediano	lono	indistinto	marron, azul palido	pasto
M20	SO	Tiq, Kxi, Ksa	ramificacion	denso	escarpado	indistinto	rojo paldo	arbusto, maiz
M21	SO	Kia, Kxi	ramificacion	mediano	escarpado	indistinto	rojo paldo, azul palido	arbusto, robra, maiz
M22	SO	Kxi, (Tiq, Kxs)	ramificacion	mediano	lono	indistinto	rojo paldo, azul palido	arbusto, maiz, pasto
M23	SO	Kxi	ramificacion	mediano	escarpado	indistinto	marron	arbusto, pasto
M24	SO	Tiq, (Kxi)	sub-ramificacion~paralela	mediano	escarpado	indistinto	rojo	pasto, maiz
M25	SO	Kia, (Jka, Ksa)	sub-ramificacion	ralo	lono	indistinto	rojo, azul palido	maiz, pasto, casa
P1	N~S	Pt, (Jka, Kia)	ramificacion	denso	lono	indistinto	rojo, azul palido	pasto, maiz, arbusto
P2	N	Pt	sub-ramificacion~paralela	denso	escarpado	indistinto	rojo	pino, robra
P3	S	Pt	sub-paralela	denso	escarpado	indistinto	paldo, azul palido	robra, maiz

N:norte, NE:nordeste, E:este, SE:sudeste, S:sur, SO:sudoeste, O:este, ND:noroeste, C:centro

1): ver fig. II-2-1

demarcación coincide casi con la partes limítrofes con las rocas metamórficas y los sedimentos marinos mesozoicos. Las rocas metamórficas están plegadas y el sistema fluvial tiene diminutos meandros, con una densidad relativamente alta. Se componen de esquisto pelítico, esquisto verde, y esquisto de sericita, pero fue difícil distinguirlos en la imagen.

La distribución del mesozoico está en las partes oeste y nordeste, rodeando las rocas metamórficas. Según las diferencias de la topografía e hidrografía se clasificó en la unidad 25 de M1-M25. En la parte inferior, se componen principalmente de pizarra calcárea y caliza y en la demarcación con las rocas metamórficas es relativamente baja la densidad del sistema fluvial. Cuesta pensar que todas estas unidades reflejan la naturaleza del terreno y litofacies, por su forma distribuida. En cuanto a la demarcación de unidad de la parte oeste, hay algunos que hacen pensar que pueden ser equivalente a una demarcación entre la lava basáltica y pizarra calcárea. También contienen aquellos que se consideran como diques en el plano geológico existente.

El terciario cubre el nivel inferior del estrato con discordancia. La topografía de la zona está rodeada de precipios abruptos y en la parte superior están desarrollados los valles hondos y rectos. El gráfico de los niveles más altos presenta una meseta. En las partes central - oeste, hay casos en que estos precipios abruptos se dividen en la parte superior de color claro y pálido y la mediana de color oscuro. En comparación con el plano geológico existente, la parte superior coincide bien con la distribución de rocas riolíticas y la mediana, con la de basálticas. El cuaternario está distribuido en la parte entera de norte y la central. Se componen de la derrame de lava basáltica que acompaña a los conos piroclásticos, y el depósito sedimentario. Según el orden de lanzamiento de la derrame de lava, se clasificaron en 4 ; de Q1 a Q4. Q1-Q3 se consideran como lava basáltica y conos piroclásticos. Q4 es un terreno plano considerado como depósito sedimentario.

1-2-3 Imagen TM Analítica de Componentes Principales

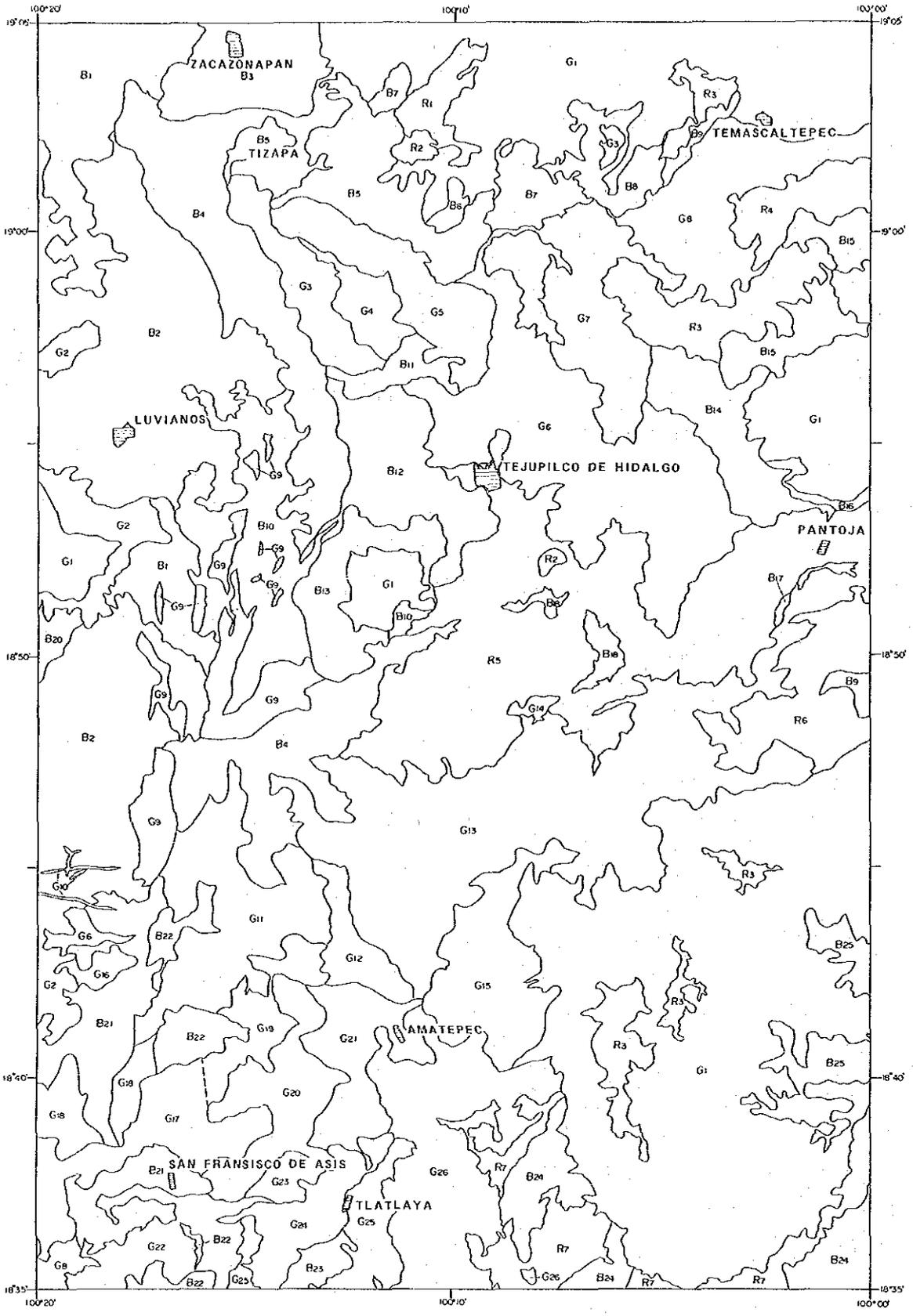
En la categoría de la escena parcial TM, se realizó el análisis de componentes principales sobre los datos de bandas 1-7, menos la 6 que tiene diferente capacidad analítica.

Dentro de los resultados del análisis de componentes principales, colores propios, proporción contribuyente, y vector propio se demuestran en la Tab.II-1-2. El porcentaje de contribución del primer factor es un 93.8%, e indica que la irregularidad topográfica afecta fuerte en la luminosidad de cada banda. La suma de los porcentajes contribuyentes de los factores 1-4 es un 99.6%, resumiendo la mayor parte de informaciones de datos.

En cuanto a vector propio, el tanteo del principal factor es positivo. En el factor 2, hay mucha influencia de la banda 7 de la área de onda corta. El factor 3 está muy afectado por las bandas 3 y 5. El factor 4 tiene mucha influencia de la banda 2.

En la Fig.II-1-11 se demuestra la distribución de tonalidad. La lista de divisiones de tonalidad está en la Tab.II-1-3. Multiplica cada tanteo de los factores 2 y 3 por el tanteo del factor 1, y se designan los resultados a B(azul), G(verde), y R(rojo) respectivamente.

En la imagen TM en colores falsos, fue posible dividirse en las unidades grandes, pero en la imagen analítica de componentes principales se esperaba ver cambio de tonalidad reflejando litofacies. La imagen formada demuestra una tonalidad variada; verde, azul, amarillo, rojo, blanco, etc. Dichas tonalidades están distribuidas en la forma mosaica manchada. Dicha zona ubica en una región de climas templado - subtropical y es de presumir que está bastante poblada. Las unidades se dividen en 58 bloques en total que se componen de B1-B25 con azul, G1-G26 con verde, y R1-R7 con rojo. Tal variedad de bloques cuesta comparar con el plano geológico existente. Por tanto, la imagen analítica de componentes principales presenta una tonalidad variada conteniendo informaciones como litofacies, vegetación, topografía, zonas seca y húmeda, etc.



B25 ~ B25 : Unidad de tono azul
 G26 ~ G26 : // verde
 R7 ~ R7 : // rojo

Fig.II-1-11 PLANO DE DISTRIBUCION DE TONALIDAD

Tab.II-1-2 LISTA DE RESULTADOS ANALITICOS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN ESCENA PERCIAL (BANDAS 1 ~ 5 Y 7)

	Factor 1	2	3	4	5	6
Valor propio	2745.54	83.50	71.75	12.84	8.33	1.84
Contribución	93.8%	2.9%	2.5%	0.4%	0.3%	0.1%

Vector propio

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Banda 1	0.260	0.177	0.343	0.231	0.754	0.402
2	0.160	-0.025	0.031	-0.946	0.084	0.267
3	0.562	0.339	0.560	0.038	-0.497	-0.080
4	0.465	-0.068	-0.189	-0.108	0.382	-0.765
5	0.579	-0.036	-0.660	0.178	-0.165	0.411
6	0.196	-0.920	0.311	0.085	-0.062	0.081

1-2-4 Comparaciones con los Resultados de Investigacion de la Zona

1. Imagen TM en colores falsos

Ante los resultados de divisiones de tonalidad de la imagen analítica de componentes principales y los de desciframiento de la imagen TM en colores falsos, se realizó el estudio de la zona para compararse con la naturaleza y estructura geológica.

En la imagen TM en colores falsos, desde la parte central a la de sur quedan coincidadas las demarcaciones de rocas metamórficas y de los sedimentos marinos mesozoicos, que se extienden de norte a sur. Pero, no coincidadas las de norte, punta de sur, y de este.

En la zona del, las unidedes P1 y P2 quedemuestran el sistema fluvial en forma paralela - subparalela, son de esquisto pelítico en los resultados del estudio de la zona también. En cuanto a P1, se compone principalmente de esquisto pelítico, siendo comprobados esquisto verde, sericita, y mucha cantidad de los intrusivos, pero

Tab.II-1-3 LISTA DE DIVISIONES DE TONALIDAD

UNIDAD	ZONA DIS-TRIBUIDA	GEOLOGIA*(CALTA TE JUPILCO)	TIPO DE HIDROGRAFIA	D ¹¹	TOPO-GRAFIA	C O L O R EN I M A G E N	VEGETACION
B1	NO	Ksa, Ktb	sub-rajilla~paralela	R	plano	azulpalido, blanco	maiz, pasto, cultivo
B2	NO	Ksa, Ktb, Qal	sub-ramificacion	M	loma	azulpalido, blanco, anarillo, rojo	maiz, cultivo, arbusto, pasto
B3	NO	—	sub-ramificacion	R	plano	azul~azulpalido, anarillo	pasto, maiz, arbusto
B4	NO~C	Kxsl, Kxss, Ksa	ramificacion	D	escarpado	azul, blanco, anarillo, verde, rojo	pasto, maiz, arbusto
B5	N	Qb	sub-paralela	D	plano	azul-azulpalido, anarillo-	pasto, maiz, cultivo
B6	N	—	—	R	plano	azul~azulpalido	pasto
B7	N	—	sub-paralela	M	plano	azul~azulpalido, rojomanchado	pasto, maiz, inculto
B8	N	—	sub-paralela	M	loma	azul, azulverdoso	pasto
B9	NO	—	—	R	plano	azul	pasto
B10	O	Ksa, Kxsl	ramificacion	D	loma	azul~blanco, verdeamarilloso	maiz, pasto, arbusto
B11	C	Pt, JKa, Kia	sub-ramificacion	M	escarpado	azul, azulverdoso, anarillo~rojomancha,	arbusto, maiz, pasto
B12	C	Pt, JKa, Kia	sub-ramificacion	D	escarpado	azul, verde, anarillo, mosaicco	pasto, maiz, arbusto
B13	C	Ktb, Tot	sub-ramificacion	D	escarpado	azul, verdeamarilloso	pasto, maiz
B14	NO	JKa, Tot	ramificacion	D	escarpado	azul, anarillo, verdeamarilloso mosaicco	pasto, maiz, arbusto
B15	NO	Tot	sub-ramificacion	D	escarpado	azul, rojo, verde	cultivo, robre, pino, maiz
B16	NO	Tot	—	M	loma	azul, verdeamarilloso	pasto, arbusto
B17	E	Qb	—	R	plano	azul	pasto
B18	C	Tot, Qb	circular	R	plano	azul~blanco, rojomanchado	maiz, pasto
B19	E	JKa, Kia	sub-rajilla	M	escarpado	azul-verde	pino, robre
B20	O	Ktb, Tot	sub-ramificacion	M	escarpado	azul, verde~anarillo	pasto, robre
B21	SO	Kxss, Ksa	ramificacion	M	loma	azul~blanco, anarillo, verdeamarilloso	arbusto, maiz, pasto
B22	SO	Kxss, Ksa, Tig	—	M	loma	azulpalido, anarillo, rojomanchado	pasto, maiz, arbusto
B23	S	Tig	sub-paralela	R	escarpado	azul, verde, rojomanchado	robre, pasto
B24	SE	Pt	sub-paralela	D	escarpado	azulpalido, anarillo, rojomanchado	pasto, maiz, arbusto
B25	SE	Tot	sub-rajilla~paralela	D	escarpado	azul~blanco, verde, rojomanchado	pasto, maiz, arbusto
B1	N, O, C,	Tot	sub-rajilla~paralela	R	plano	verde~verdeoscuro, rojo	robre, pino, maiz
B2	NO	Ktb	sub-ramificacion	D	escarpado	verde, anarillo mosaicco	arbusto, maiz
B3	NO	JKa, Kia	sub-ramificacion	D	escarpado	verde, azul, rojomosaicco	arbusto, maiz, pasto
B4	N	Pt	sub-ramificacion	M	escarpado	verde, anarillo, rojo	arbusto, maiz, pasto, inculto
B5	N	Pt	sub-paralela~ramificacion	D	escarpado	verde, verde~anarillo	arbusto, pasto
B6	C	Pt	ramificacion	D	loma	verde, rojo, azul, anarillo manchado	robre, maiz
B7	N	Pt, (Tot)	sub-paralela	D	escarpado	verde rojizo, verde	pino, robre
B8	NO	Tot, Qal	ramificacion	M	escarpado	verdeoscuro, rojomanchado	robre, pino, inculto
B9	O	Kxss, Ksa, Ktb	sub-paralela~ramificacion	M	escarpado	azul-verde, azul	maiz, arbusto, pasto
B10	O	Dique	—	—	escarpado	verde	arbusto, maiz
B11	SO	Ksa, (Kxss)	sub-paralela~ramificacion	D	escarpado	verde, anarillo	arbusto, maiz, pasto
B12	SO	JKa, Kia	sub-ramificacion~paralela	D	escarpado	verde, anarillo	arbusto, maiz
B13	C	Pt, (JKa, Kia)	ramificacion	M	loma	verde~anarillo, rojomanchado	robre, maiz, pasto
B14	C	Pt, Qb	—	R	loma	anarillo	maiz
B15	S	Pt	ramificacion	M	escarpado	verde~azul, anarillo~marron	robre, pino, maiz, pasto
B16	SO	Ksa	ramificacion	M	loma	verde, anarillo~azul	arbusto, maiz, pasto
B17	SO	Ksa	sub-ramificacion	M	loma	anarillo, verdeamarilloso	arbusto, maiz, pasto
B18	SO	Kxss, Kxsl	ramificacion	M	loma	verde, verdeamarilloso, azul	arbusto, maiz, pasto
B19	SO	Kxss, (Kxsl)	sub-ramificacion	D	loma	anarillo	maiz, pasto, arbusto
B20	SO	Tig, Kia, Kxsl, Kxss	sub-ramificacion	D	escarpado	verde~anarillo, azul	maiz, pasto, arbusto
B21	SO	Kxsl, Kis, (Pt)	sub-ramificacion~paralela	D	escarpado	verde rojizo, azul	robre, maiz
B22	SO	Kxss, Kxsl, Ksa	sub-ramificacion~paralela	D	escarpado	verdeamarilloso~azul	pasto, arbusto
B23	SO	Tig, Kxsl	sub-paralela	M	loma	verde~anarillo, rojomanchado	arbusto, maiz, pasto
B24	SO	Tig, Kxsl	sub-ramificacion	M	escarpado	anarillo, rojo, verdeamarilloso (erroyo)	maiz, pasto, arbusto
B25	S	JKa, Kia, Kxsl	sub-ramificacion	M	loma	anarillo~, verdeamarilloso, rojomancha,	maiz, cultivo, arbusto
B26	S	Pt, (JKa, Kia)	ramificacion	D	escarpado	verdeamarilloso, anarillo	pasto, maiz, arbusto
R1	N	—	sub-paralela	M	plano	rojo, anarillo, azulverdoso mosaicco	cultivo, arbusto
R2	N	—	sub-ramificacion	M	plano	rojo	maiz
R3	N, NO	Tot, Qal	sub-ramificacion	M	plano	rojo, azul, violeta mosaicco	cultivo, arbusto, inculto
R4	N, NO	—	paralela	M	plano	anaranjado, anarillo~violeta manchada	cultivo, pasto
R5	C	Pt, Qb, Qal	ramificacion	M	plano	rojo, anarillo, blanco, azul mosaicco	past, maiz, inculto, casa, campo
R6	E	Pt, JKa, Kia	sub-paralela~ramificacion	D	escarpado	rojo, verde~anarillo~azul	maiz, pasto, inculto, arbusto
R7	SE	Pt	sub-paralela	D	escarpado	rojo, blanco, anarillo mosaicco	pasto, maiz, arbusto

N:norte, NE:nordeste, E:este, SE:sudeste, S:sur, SO:sudoeste, O: oeste, NO:noroeste, C:centro

*ver: fig. II-2-1

D¹¹ :densidad de hidrografia ,D:denso, M:mediano, R:refo

no se han distinguido en la imagen posiblemente por su estrecha anchura de distribución.

En la zona de distribución de los sedimentos mesozoicos, el terreno montañoso desarrollado que extiende de norte a sur en la llanura de la parte de oeste, corresponde muchas veces a la zona de distribución de la derrame de lava, pero, el pie de las montañas no necesariamente forma una demarcación con pizarra calcárea.

Alrededor de la zona distribuida de rocas volcánicas de la era terciaria, se forman frecuentemente unos precipios abruptos. En general, la demarcación entre las rocas volcánicas de la era terciaria y el nivel del estrato inferior está situada a una altitud casi igual a la de crestas de dicho nivel, y las demarcaciones quedan coincidadas menos alguna parte. Entre las 3 unidades clasificadas de la imagen como T1-T3, se consideraron que T1 y T2 correspondían a las zonas distribuidas de rocas riolíticas y de andesita basáltica, siendo no siempre coincidadas. En la parte de oeste, andesita basáltica de la era terciaria con lava basáltica mesozoica, pero no se coincidió la demarcación después del desciframiento de la imagen. En cuanto a T3, es un terreno de cultivo preparado en las arboledas de pino y roble, sin ninguna relación con la naturaleza geológica.

Las distribuciones de lava basáltica y de conos piroclásticos de la era cuaternaria son claramente distinguibles en la imagen. La mayoría de la meseta de lava está convertida en el pasto o campo, además en el terreno inculto es muy notable la laterización con color pardo rojizo.

2. Imagen analítica de componentes principales

En la imagen analítica de componentes principales, la tonalidad variada presenta en una forma mosaica o manchada. Por los resultados del estudio de la zona, se confirmó que la mayor parte del cambio de tonalidad procede de la distribución de vegetación en la capa. Las clasificaciones de vegetación de cada tono son siguientes:

Azul : herbazal, campo de maíz en parte

Blanco : herbasal, campo de maíz
Amarillo: campo de maíz, herbasal en parte, arbustos
Verde : árboles (roble, pino, y otros)
Negro : fronda de pino y roble
Rojo : terreno inculto (afloramiento de tierra o rocas),
carreteras, casas

Mosaico de tonalidad variada: zona de muchos campos ordenados
(incluyendo partes pobladas, vergeles, y árboles)

Los tonos azul - blanco están distribuidos extensamente en la parte de oeste de relativamente poca altitud y en la meseta basáltica de la parte de norte. En estas zonas los pastos y campos están distribuidos ampliamente y además de que hay algunas poblaciones a lo largo de carreteras, se encuentran casas dispersas. Los lugares que corresponden a las manchas rojas en la imagen, son mayormente de casas o tierra culta.

El tono amarillo está distribuido ampliamente en las mesetas basálticas de la parte suroeste y la de norte. Hay muchos campos de maíz, pero quedan árboles a lo largo de ríos, y en la imagen las orillas de ríos presentan color verde - verde fresco.

El tono verde está distribuido ampliamente en la parte de norte y de sur. La zona del estudio pertenece a los climas subtropical y templado divididos a la altitud de unos 1,600m. En la zona subtropical diferentes árboles como Tepehuaje y Espino están frondosos, mientras en la zona templada las florestas principalmente de roble van cambiando en las de pino y cedro a medida que aumenta la altitud. Entre estas florestas se encuentran campos de maíz y pastos que corresponden al tono amarillo.

El tono negro situa a menudo en el centro del tono verde y corresponde a las frondas de robles, pinos, y cedros.

El tono rojo está distribuido masivamente desde la parte nordeste hasta la sudeste, además se encuentra en varios lugares en la forma manchada. Las carreteras relativamente anchas también presenta el tono rojo. Desde el este de Tejupilco hasta la parte sudeste de la zona, en R5-R7 se presenta un mosaico con tonalidad variada principalmente de rojo. En la época del estudio de la zona

(septiembre - diciembre) se extienden los campos de maíz y pastos, pero en el momento del rodaje de la imagen (mediados de marzo), dicen que con una avanzada sequedad y pastoreo de ganado queda aflorada la tierra roja en algunas partes en la zona entera. En la parte nordeste(R1 - R4), la lava basáltica está distribuída extensamente y hay muchos lugares donde la tierra laterizada con color pardo rojizo queda aflorada.

De todo lo mencionado anteriormente, en cuanto a la imagen analítica de componentes principales, la influencia de la vegetación está muy marcada y no hay más remedio que juzgar que el cambio de tonalidad de la imagen no corresponde a los tipos de rocas.

1-3 Consideraciones

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.

El mapa de resultados basados en el estudio de la zona se demuestra en la Fig.II-1-12.

En la zona del presente estudio están distribuidos los estratos amplios desde el de rocas metamórficas hasta el de basáltico 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 imagenes TM de Landsat está distribuída 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

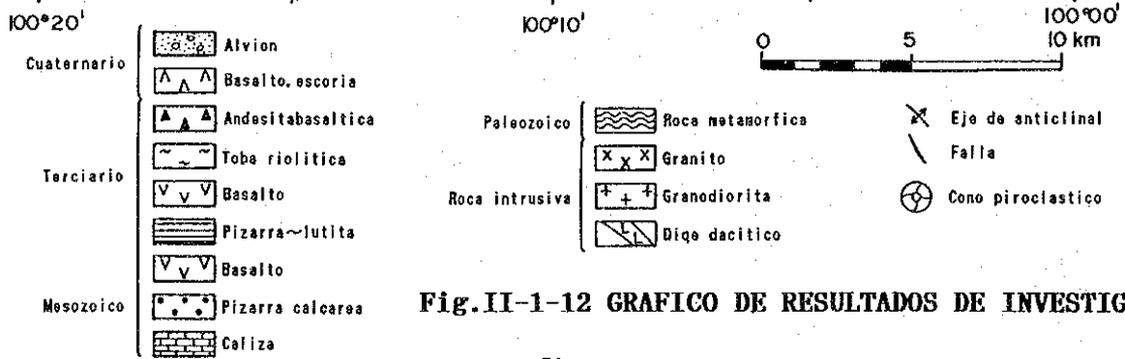
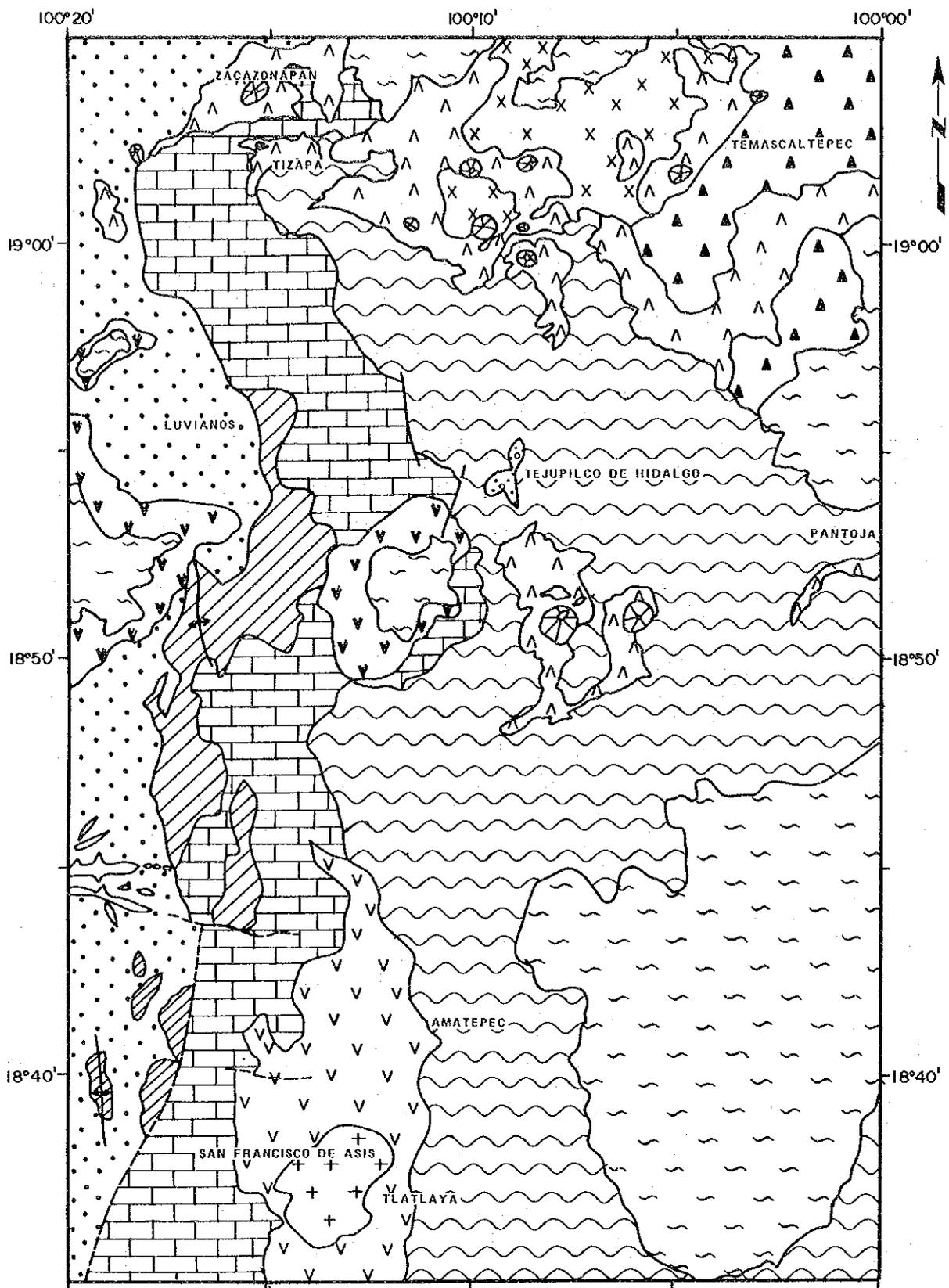


Fig.II-1-12 GRAFICO DE RESULTADOS DE INVESTIGACION

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 noroeste - sudeste de tejupilco 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 ígneas 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, y 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 2 ANALISIS DE LOS DATOS EXISTENTES

2-1 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 coleccionada 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.

2-2 Resultados del Análisis

2-2-1 Sinopsis de los Datos Geológicos

Los mapas geológicos regionales que comprenden la totalidad de este 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).

En cuanto a la parte ubicada al sur del paralelo 19° norte, hay los mapas geológicos de escalas 1:50,000 a 1:1,000 del Consejo de Recursos Minerales de las vecindades del yacimiento (CRM, 1978a, b, 1990), además de los mapas geológicos de escala 1:250,000 (SPP, 1983) y de los mapas geológicos de escala 1:100,000 (Cserna, 1985). En cuanto a la parte ubicada al norte del paralelo 19° norte, hay los mapas geológicos relativos a las minas y las vecindades de las tierras con indicios de minerales, tales como Tizapa (CRM, 1982), El Río (CRM, 1979, 1983) y Temascaltepec

(Bernal-Herrnandes et al, 1981).

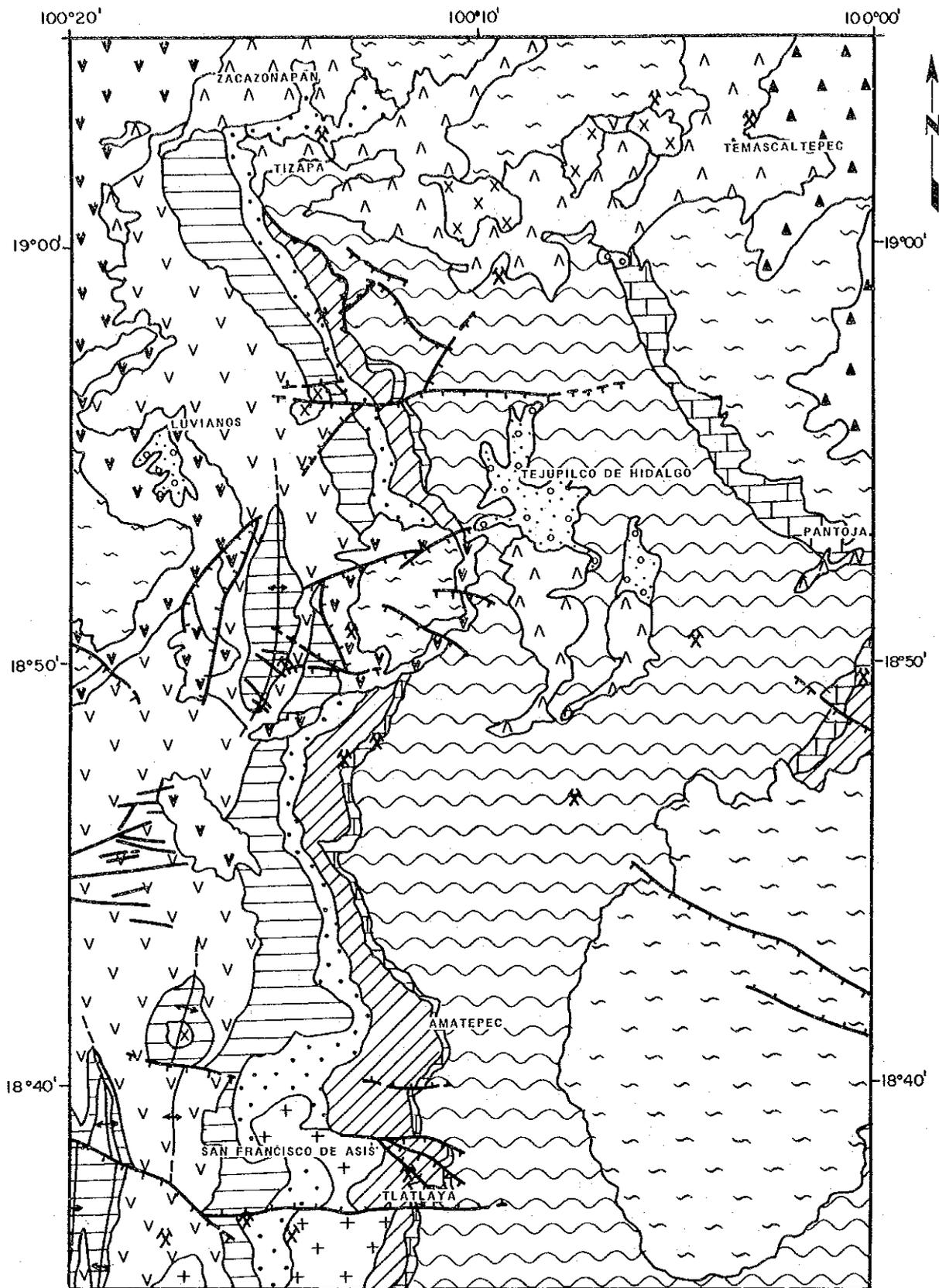
La estratigrafía geológica de este área se describe en detalles en el "Mapa de Tejupilco" (Cserina, 1982), y hay además algunos materiales bibliográficos relativos a las vecindades, tales como las zonas de Tizapa, Santa Rosa, Almoroya y Temascaltepec.

Las características generales de la geología de este área se describe basándose en la bibliografía susodicha. La Fig.II-2-1 es muestra las características generales de la geología y de las tierras con indicios de minerales, y Fig.II-2-2 muestra la estratigrafía geológica del área.

La presente área corresponde a la periferia de la cuenca de Rio Balsas, que comprende el Eje Neovolcánica Transmexicana. Hay distribución de rocas metamórficas, rocas sedimentarias y rocas volcánicas con una amplia variación cronológica desde la edad paleozoica hasta la reciente. El espesor total de los estratos llega a aproximadamente 4,700 metros. Dichas rocas se dividen en 11 unidades litoestratigráficas.

Las rocas metamórficas que forman el basamento se componen del Esquisto Taxco del paleozoico superior. El Esquisto Taxco tiene un espesor superior a 2,000m, y se compone de gneis, rocas pelíticas, rocas arenosas y esquistos de origen volcánico. Este es un estrato donde se ubican yacimientos de sulfuros masivos. Sin embargo, según la documentación existente, este estrato se divide en algunos horizontes. (Heredia-Barragán et al, 1989).

Las rocas sedimentarias marinas de la Era Mesozoica se dividen en 4 estratos (1 de dichos estratos se divide en 2 miembros). Se componen principalmente de rocas calcáreas (calizas pelágicas), conteniendo además rocas clásticas marinas y rocas volcánicas. La formación Acuitlapan, del jurásico posterior hasta el cretáceo anterior, cubre el Esquisto Taxco de manera discordante. Esta formación se compone de lutita, grauvaca, arenisca, conglomerados, y calizas. La formación Amatepec del cretáceo anterior cubre la formación Acuitlapan de manera discordante. Esta formación se compone de microlita pelítica con



CUATERNARIO
 TERCARIO
 CRETACICO SUPERIOR

- Alvion
- Basalto
- Andesitabasaltica
- Riolita Tizapotta
- Formacion Balsas
- Formacion Arcelia
- Formacion Xochipala Superior
- Formacion Xochipala Inferior

JURASICO SUPERIOR
 CRETACICO INFERIOR
 PALEOZOICO
 ROCA INTRUSIVA DE TERCARIO

- Formacion Amatepec
- Formacion Acuitlapan
- Esquisto Taxco
- Rocas Maficos
- Granito
- Dique Felisico
- Falla

⌘ Mina y Indicios de mineralizacion

Fig.II-2-1 MAPA DE CARACTERISTICAS GENERALES DE LA GEOLOGIA Y INDICIOS DE MINERALES

SIS-TEMA	SERIES	PISOS EUROPEOS	FORMACIONES	
CUATERNARIO	HOLOCENICA		ALUVION	
	PLEISTOCENICA		BASALT	
TERTIARIO	PLIOCENICA		ANDESITA BASALTICA	
	MIOCENICA			
	OLIGOCENICA		RIOLITA TILZAPOTIA	
	EOCENICA			
	PALEOCENICA			FORMACION BALSAS
CRETACIO	SUPERIOR	GOLFIANA	MAESTRICHTIANO	
			CAMPANIANO	
			SANTONIANO	
			CONIACIANO	FORMACION ARCELJA
			TURONIANO	FORMACION XOCHIPALA
			CENOMANIANO	
	INFERIOR	COAHUILIANA COMANCHEANA	ALBIANO	FORMACION AMATEPEC
			APTIANO	
			NEOCOMIANO	FORMACION ACUITLAPAN
JURASCO			ROCAVERDE TAXCO VIEJO	
TRIASICO				
PALEOZOICO	SUPERIOR		ESQUISTO TAXCO	
	MEDIO			
	INFERIOR			

Fig.II-2-2 ESTRATIGRAFIA GEOLOGICA DEL AREA

estructura laminada, y contiene lutita de espesor delgado y medio. La formación Xochipala del cretáceo posterior se divide en el miembro superior y miembro inferior. El miembro inferior se compone de flujos de lavas de características variables desde andesitas cloritizadas hasta andesitas basálticas, así como de sedimentos piroclásticos con las mismas características. El miembro superior se compone de calizas con desarrollo de laminaciones de espesor medio a delgado. La parte superior de los sedimentos marinos del mesozoico existentes dentro del área del mapa de Tepupilco es la formación Arcelia del Cretáceo posterior, que aparentemente cubre la formación Xochipala de manera discordante. Esta formación se compone de lutitas silíceas de color negro que contienen rocas fangosas, grauvacas y calizas, así como rocas variables de andesitas a lavas andesíticas basálticas, y el espesor máximo de la formación es de aproximadamente 500 metros.

Los sedimentos marinos de la era mesozoica han sufrido plegamientos y fallas por empuje, y en ciertas áreas presentan superficies de erosión. Rocas volcánicas continentales del cretáceo posterior al terciario anterior, que se llaman Formación Balsas, así como rocas clásticas y facies molásicas se han depositado de manera discordante sobre dichas superficies de erosión.

La Riolita Tilzapotla del terciario medio se compone de sedimentos de flujos piroclásticos terrestres con grados variables de soldadura, con composiciones variables de riolita a andesitas cuarzo-riolíticas y andesitas cuarzosas. Disecciones de varios grados han progresado después del fin del activo volcanismo ácido, y sedimentos resultantes de actividades pirogénicas andesíticas y basálticas se han formado en la parte nordeste de este área desde el final del mioceno hasta el comienzo del plioceno, de manera a cubrir las superficies de erosión.

Como resultados de las erupciones de las actividades volcánicas basálticas del cuaternario, hay los conos de escorias volcánicas y los flujos de lava. En su totalidad dichas rocas son basaltos olivinos, pero desde el punto de vista

petroquímico son andesitas o basaltos andesíticos de la serie Calcalcalino.

Los estratos aluviales cuaternarios están limitados por las ubicaciones de los ríos.

Dentro del área hay masas rocosas graníticas de intrusión de composición variable desde granitos hasta cuarzo-dioritas. Dichas rocas están en contacto con rocas sedimentarias marinas mesozoicas. Sin embargo, hay muchos detalles desconocidos con respecto a la época de intrusión y la relación con las rocas volcánicas que se distribuyen en las vecindades, puesto que hay pocos datos relativos a la edad radiométrica y otros aspectos de la actividad magmática posterior a la Riolita Tilzapotla. Además, hay también diques básicos, intrusiones félsicas y otros diques accesorios.

2-2-2 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).

Observando las características generales del Esquisto Taxco se puede notar una foliación con dirección NNE-SSW, con caída de inclinación suave (25° - 30°) SE o NW. Esta foliación formada por la primera deformación (S_1) se ha deslocado debido a la formación de clivajes y kink band debido a la segunda deformación (S_2). Esta segunda foliación presenta dirección NNW-SSE e inclinación SW. Dichas estructuras superficiales tienen deformaciones más activas en el lado occidental, y se supone que tengan relaciones con la zona orogénica de la Cordillera. El metamorfismo regional era de medias temperaturas y bajas presiones, correspondientes a los esquistos verdes, además de las facies de anfibolitas en los horizontes inferiores.

Las rocas mesozoicas se han deformado durante el período comprendido desde después de la sedimentación de la formación Areclia hasta antes de la sedimentación de la formación Balsas.

Se supone que la deformación haya sido causada por el tectonismo gravitacional, y eso formó la estructura anticlinal que se desarrolla en la parte occidental de este área. Dichos plegamientos se distribuyen en la dirección N-S, con una asimetría hacia el este, y se piensa que se hayan desarrollado sobre una superficie de despegue a lo largo del fallo de empuje con desplazamiento de aproximadamente 1,000m que comprende la parte superior del Esquistos Taxco.

Las deformaciones del fundamento, que tuvieron lugar en el mesozoico posterior, se componen del levantamiento de Tejupilco, que es el plegamiento principal del fundamento, y de dos movimientos de plegamiento. El primer movimiento de plegamiento es la estructura que ha sido formada antes de la sedimentación, y el segundo movimiento de plegamiento tiene como ejemplo típico el plegamiento de Zapcapuato. Dichos plegamientos presentan la dirección N-S, y se han formado antes de la sedimentación de la formación Balsas, probablemente durante el santopiano anterior. Dichas estructuras han probablemente sido formadas a través de fallas de empuje, alcanzando las partes más profundas de la crosta terrestre desde el oeste hacia el este, y se piensa que hayan sido resultados de la elevación de la masa de rocas ígneas durante el proceso orogénico.

En este área hay muchas fallas que son más jóvenes que la formación Balsas y la Riolita Tilzapotla. Dichas fallas se pueden clasificar en 4 grupos, el sistema NW-SE, el sistema NE-SW, el sistema E-W y el sistema N-S. Se piensa que dichas fallas sean el sistema de fracturas que ha sido formada por el campo de presiones relacionado con el proceso de subducción que está teniendo lugar a lo largo de la parte meridional de la costa del Océano Pacífico de México, desde el final del Mesozoico hasta el presente.

2-2-3 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 Esquistos Taxco ha sido medida por medio del

método Rb/Sr, y el resultado obtenido indica 180 ± 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 ± 5 Ma, que corresponde al cretáceo posterior. Se supone que la edad afectada por metamorfismo de penetración de la masa granítica de Tlatlaya, (Pries 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 posterior y el cretáceo anterior, e indica una edad más joven que la edad geológica del Esquisto Taxco, que es la roca madre del yacimiento.

2-2-4 Datos del Yacimiento

La Fig.II-2-3 muestra las ubicaciones de las concesiones dentro de este área de estudio. 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 Fig.II-2-4 muestra la distribución de las minas y de los yacimientos conocidos, y la Tab.II-2-1 es la lista de dichas minas y yacimientos.

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, cinc) en forma de vetas, los yacimientos irregulares de mercurio, etc.

