

13



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EXPLORACION GEOLOGICA-GEOQUIMICA DEL DIQUE AGUA VERDE EN EL DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
PRIMITIVO JUAN SANCHEZ AGUSTIN

ASESORA: MAESTRA MARIA GUADALUPE VILLASEÑOR CABRAL



MEXICO, D. F.

2000

277342



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-042

SR. PRIMITIVO JUAN SANCHEZ AGUSTIN
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora M. en C. María Guadalupe Villaseñor Cabral y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**EXPLORACION GEOLOGICA-GEOQUIMICA DEL DIQUE AGUA VERDE EN EL
DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO**

	RESUMEN
I	INTRODUCCION
II	MARCO GEOGRAFICO
III	FISIOGRAFIA
IV	GEOLOGIA
V	GEOQUIMICA
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	BIBLIOGRAFIA
	APENDICES

Ruego usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 27 de octubre de 1998
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS*RLR*gtg

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Servicios Industriales Peñoles S. A. Gerencia de Estudios Especiales, por haberme permitido colaborar en el Proyecto Guanajuato, y haberme dado todas las facilidades para desarrollar mi proyecto de tesis durante mi estancia en Guanajuato.

Asimismo quiero agradecer de manera especial al ing. Ricardo Navarro B. Jefe del Proyecto Guanajuato por su apoyo incondicional y al Dr. Alejandro Ortega, Depto. de Geoquímica, por sus sugerencias, críticas y sobre todo por su amistad.

Gracias a los geólogos que participaron en el Proyecto Guanajuato, cada uno contribuyó con un granito de arena a enriquecer con sus comentarios esta tesis. En especial a Edgar Lira R., Moisés Alvarez E., y José Hurtado C.

Gracias al grupo de geología de Cia. Minera Las Torres, encabezado por el ing. Guillermo García, los cuales me brindaron las facilidades para acceder a su archivo interno.

Gracias a toda la gente que me apoyo en la Gerencia de Exploración Zona Sur (Toluca), especialmente al ing. Carlos Tavares y a Elizabeth Fernández.

Por último, gracias a toda la gente que me ayudo en el desarrollo de mi trabajo, al Sr. José Luis Ramírez y a mis ayudantes de Calderones y de Guanajuato, Gto.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirle sus puertas a tantos jóvenes como yo, que pueden ver realizado su sueño cada día en esas aulas llenas de conocimiento y experiencia, eso no lo podemos pagar con nada.

Gracias a la maestra Guadalupe Villaseñor Cabral por su infinita paciencia, su apoyo y sus críticas, hoy vemos realizado este sueño.

A los ings. Enrique González T., Germán Arriaga G., Emiliano Campos M. y Alfredo Victoria M. les agradezco sus comentarios, críticas y su paciencia para leer la tesis y fungir como sinodales en el examen profesional.

De manera especial, gracias al ing. Benjamín Márquez C. Por darnos un ejemplo de lucha constante y de que no debemos de claudicar en nuestros propósitos, su ejemplo nos ha mantenido a muchos en este difícil camino de la geología.

Gracias a mis padres, a mi madre por alentarme en todos mis propósitos y por ese gran amor que nos profesa a cada uno de sus hijos, y a mi padre porque me ha enseñado que la vida no es fácil. A los dos por ayudarme en todas y cada una de mis acciones y nunca me han dejado solo.

Gracias a Xochitl, Fabiola y Leticia, mis tres hermanas porque de cada una de ellas he aprendido mucho.

Gracias a Guadalupe por los momentos felices y también por los adversos que hemos sabido superar y nos han ayudado a crecer juntos, por su amor, por su paciencia, sus tristezas y alegrías y sobre todo porque me ha permitido ser parte de su vida.

Gracias a toda mi familia por el apoyo que siempre me han dado.

Gracias a mis cuates que son muchos y si alguno se me olvida que me disculpe, pero saben que siempre los he tenido presentes.

A Francisco Manjarrez y a Fabiola por brindarme su hogar, amistad y apoyo para terminar la tesis.

A Liliana Limón, Ruth Martínez, Daniel Aibar y Genaro Millán por su amistad de tantos años, siempre apoyándonos mutuamente aún en la distancia.

A Víctor H. Arriaga, Marco A. Sandoval, Juan Carlos Cruz y Arturo Canseco por ser mis cuates en la carrera y fuera de ella.

A Enrique Amador, Salvador Silva, Jorge Rivera, Angel Guerrero, Filiberto García, Víctor Islas, Gumaro Reyes, Arnulfo Pérez y Juan Carlos Velásquez por su amistad y por todo lo que hemos aprendido juntos.

A Jorge Hernández Serrato por su amistad incondicional.

A Ernesto Cruz, Pilar Magaña, Alberto Almodovar, Alejandro y Antonio Nolasco por brindarme su amistad.

A Edith Fuentes, Pilar Guerrero y Lilia Arana por sus consejos y regaños y sobre todo por ser mis amigas.

A Germán Orozco, Jorge Wingartz, Martín Trápala, Elia Escobar, Gloria, Miguel Salazar, Daniel, Enrique Hernández, Francisco Martínez, Pedro Arredondo y a todos los que en algún momento formaron parte de mi mundo y me brindaron su amistad.

A la generación de geofísica '91, de la cual forme alguna vez parte, en particular a Alejandro Estrella, Alejandro Dupuy, Carlos Pérez, Omar Fernández y Esteban Rico.

A todos y cada uno de mis compañeros a lo largo de mi transitar en la Universidad y fuera de ella, porque de todos he aprendido, sinceramente mil gracias.

No sé quien me lo contó
Que ser geólogo es lo mejor
Si es por mar
Soy un tiburón
Si es por tierra
Soy un león
Si es por aire
Soy un halcón
No sé quien me lo contó
Que ser geólogo es lo mejor.

Gen. 1990-1991 Salvador Silva Silva

Marzo 2000

**EXPLORACION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA DEL DIQUE AGUA VERDE,
DISTRITO MINERO GUANAJUATO.**

INDICE	....i
RESUMEN	....ii
1. INTRODUCCION	....1
Antecedentes	....1
1.1. Objetivo	....3
1.2. Método de trabajo	....3
1.3. Estudios previos	....5
1.4. Historia minera del distrito	....6
1.4.1. Historia del Grupo Guanajuato	....7
2. MARCO GEOGRAFICO	....10
2.1. Localización y vías de acceso	....10
2.2. Clima	....10
2.3. Flora y Fauna	....10
2.4. Actividades económicas	....12
3. FISIOGRAFIA	....13
3.1. Provincia fisiográfica	....13
3.2. Orografía e hidrografía	....13
4. GEOLOGIA	....16
4.1. Geología regional (Distrito Guanajuato)	....16
4.1.1. Estratigrafía	....16
4.1.2. Geología estructural regional	....28
4.2. Geología local (Dique Agua Verde)	....30
4.2.1. Definición	....30
4.2.2. Localización y vías de acceso	....30
4.2.3. Datos generales	....30
4.2.4. Petrología	....33
4.2.5. Relaciones estratigráficas y estructurales	....40
4.2.6. Edad	....42

4.3. Yacimientos minerales	....46
4.3.1. Generalidades	....46
4.3.2. Distrito Minero Guanajuato	....49
5. EXPLORACION GEOQUIMICA	....52
5.1. Introducción	....52
5.2. Metodología	....54
5.3. Estadística	....56
5.3.1. Generalidades	....56
5.3.2. Estadística descriptiva	....57
5.3.3. Interdex	....59
5.3.4. Matriz de correlación	....59
5.4. Distribución de los elementos	....63
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	....65
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	....67
APENDICE A. Descripciones petrográficas	
APENDICE B. Gráficas de estudios por difracción de rayos X	
APENDICE C. Gráficas de distribución estadística por elemento	
APENDICE D. Planos de distribución geoquímica	
APENDICE E. Resultados de análisis químicos	

RESUMEN

Uno de los distritos mineros productores de plata más importantes del mundo, que ha sido trabajado de manera ininterrumpida desde la época colonial, es el Distrito Minero Guanajuato.

La Gerencia de Estudios Especiales Toluca de Servicios Industriales Peñoles S. A. de C. V. (SIPSA) en octubre de 1997, inició un exhaustivo proyecto de exploración que originalmente tuvo como fin incrementar las reservas de sus minas operantes en el Distrito Guanajuato.

Desde octubre de 1997 a diciembre de 1998 se prospectó en diferentes áreas, principalmente en las zonas cercanas a la infraestructura de Compañía Minera Las Torres S. A. (que pertenece a SIPSA), y que podían ofrecer buenas alternativas como áreas potencialmente mineralizadas. Dentro de estos blancos de exploración se encontraba el Dique Agua Verde que es objeto de este proyecto de tesis.

La finalidad de este trabajo es mostrar los estudios geológicos y geoquímicos que fueron llevados a cabo para la caracterización del Dique Agua Verde y los resultados que de estos trabajos fueron obtenidos.

Durante el transcurso de los trabajos de exploración se realizaron las siguientes actividades: levantamiento geológico a semidetalle y muestreo de esquirlas de roca, análisis químico multielemental de este material, análisis por elementos mayores y tierras raras así como un estudio petrográfico de muestras seleccionadas del dique, análisis del comportamiento estructural en la zona y una interpretación geoquímica de los datos.

El Dique Agua Verde se caracteriza por ser un cuerpo tabular de más de 1 km de longitud, de ancho variable de 1 a 4 m, de aparente composición dacítica calci-alcalina que se encuentra intersectado por el grupo de vetas conocido como Vetas de la Sierra que son explotadas en las minas de Peregrina y El Cubo. Sin embargo, el estudio petrográfico señala además la presencia de plagioclasas de tipo cálcico (labradorita-bitownita), por lo que no se descarta una composición más básica de la estructura, lo cual no es posible determinar debido a la intensa alteración hidrotermal que presenta.

El intrusivo presenta un rumbo general de NE65SW perpendicular al Sistema de Vetas de la Sierra y de acuerdo con las observaciones estructurales hechas en este estudio es poco favorable para el depósito de yacimientos mineralizados.

La alteración hidrotermal que se manifiesta en la zona de estudio hace que este cuerpo intrusivo tenga una coloración que varía de un gris verdoso a diversas tonalidades de verde y pardo.

De acuerdo con los datos obtenidos y por medio de las observaciones estratigráficas y estructurales al Dique Agua Verde se le asigna edad del Oligoceno, posterior al Intrusivo Peregrina e intrusiona a las formaciones: Conglomerado Guanajuato, Formación Calderones e Intrusivo Peregrina.

La edad de la mineralización en la zona varía de 28 a 30 m. a. y el Dique Agua Verde presenta un rango similar en su edad, por lo que la alteración hidrotermal que se manifiesta en este cuerpo intrusivo puede ser debida al paso de fluidos hidrotermales tardíos que ya no contenían metales preciosos en su composición por lo que sólo llegaron a depositarse algunos sulfuros de Fe (pirita) en el intrusivo y además provocaron una intensa alteración propilítica en el dique. También se tiene la presencia de arcillas interestratificadas (illita-smectita, clorita-smectita), que señalan la presencia de fluidos hidrotermales en la zona de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El Grupo de Estudios Especiales de Peñoles realizó un proyecto ambicioso con el fin de detectar posibles cuerpos mineralizados para incrementar las reservas de Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. debido al rápido agotamiento de las zonas mineralizadas existentes en el área. Este proyecto empezó en octubre de 1997 y finalizó en diciembre de 1998. (Fig. 1.1.)

El presente trabajo se derivó de ese proyecto de exploración y se concentró en el lote Apolo VII, localizado en el extremo centro-noreste del Distrito Guanajuato, en una zona con valores anómalos de oro, donde se pensaba que el dique Agua Verde era parte fundamental de la mineralización posiblemente como un conducto o zona de mineralización, debido principalmente a su relativa cercanía con el sistema de vetas de la Sierra y a que este cuerpo intrusivo no había sido explorado anteriormente.

La exploración en el Distrito ha existido desde siempre, particularmente, en la zona se inicia a principios del siglo XIX. Pero en 1968 se consolida el Grupo Guanajuato (grupo de minas operadas por Compañía Minera Las Torres) y es cuando formalmente se inicia un programa de exploración exhaustivo en la zona conocida como Apolo VII.

En 1977 este grupo adquirió 3 concesiones mineras en el Distrito.

En 1986, el Gobierno Federal a través de la SEMIP, planteó la posibilidad de apertura de zonas en Reserva Minera Nacional (controladas por el Consejo de Recursos Minerales), y se dieron por contratos de exploración a la iniciativa privada, en 1987 la Compañía Minera Las Torres exploró 4 áreas.

Desde 1988 se realizaron gestiones ante el Consejo de Recursos Minerales para obtener el contrato de exploración del lote Apolo VII (zona en donde se localiza el área de estudio), pero hasta 1991 se lograron conjuntar: la confirmación indirecta por medio de imágenes de satélite de posibilidades de mineralización en el área y la convocatoria para licitación y concurso por parte de la SEMIP.

En 1991 empezó la exploración por parte de Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. después de realizar una interpretación estructural a partir de imágenes de satélite y el levantamiento de 7.2 kms. lineales de geofísica y se contaba con un programa de barrenación con diamante desde superficie para explorar la Falla del Cubo y la Veta San Nicolás.

En 1992 se intersectó mineralización económica en la Veta San Nicolás y con estos resultados comenzó la obra minera y en 1993 se intersectó la Veta Santa Teresa con un ancho de 1.85 m y mineralización errática y un mes más tarde se intersectó la Veta San Alberto con 2.25 m de espesor, 3.32 gr/ton de Au y 1,575 gr/ton de Ag.

Desde entonces se decidió integrar la infraestructura minera y explorar mediante obra directa las estructuras interceptadas.

El descubrimiento de mineral económico en el proyecto Apolo VII en vetas no aflorantes y desconocidas en el distrito creó toda una expectativa de nuevos hallazgos; los estudios geológicos sobre los controles de mineralización auroargentífera dentro del distrito han hecho posible realizar interpretaciones donde se pone de manifiesto lo poco conocido de las estructuras contenedoras de mineral. La mineralización en el Distrito Guanajuato tiene un comportamiento diferente en cada área mineralizada, se tienen tres grandes grupos de vetas: Sistema de Vetas de La Luz, Sistema de Veta Madre y Sistema de Vetas de la Sierra cada uno de los cuales presenta controles de mineralización distintos entre sí y que aún no se han estudiado en su totalidad. (Datos obtenidos del archivo interno de Compañía Minera Las Torres.)

El Dique Agua Verde es un excelente ejemplo de estructuras que afloran en el área pero que no se había tenido como objetivo principal de exploración debido a que se presenta

transversalmente a las estructuras contenedoras de mineralización económica. En este proyecto se planteó la posibilidad de que interviniera en la formación o depósito de mineral económico (plata, oro), principalmente, debido a que existía una anomalía de color en las imágenes de satélite en el área y a que no se habían hecho estudios formales de la zona.

La figura 1.1. presenta las principales vetas conocidas en el Distrito, así como las minas más importantes; en el área centro-noreste se puede apreciar el Dique Agua Verde, motivo de estudio de este trabajo.

1.1. OBJETIVO

- Establecer las características geológicas y geoquímicas del Dique Agua Verde con base en un estudio geológico y un muestreo geoquímico de la estructura para detectar áreas que presenten anomalías geoquímicas de Au cuya finalidad sea definir cuerpos mineralizados para incrementar la vida productiva de las minas operantes en el Distrito. Asimismo, se trata de definir la posible relación que existe entre el Dique Agua Verde y la mineralización de Au en el Distrito Guanajuato y hacer un modelo estructural de la zona que sirva como base para visualizar blancos a futuro.

1.2. METODO DE TRABAJO

La investigación se inició con una revisión bibliográfica de las publicaciones acerca de la zona, a las que se pudo tener acceso; básicamente del archivo interno de Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. Posteriormente se realizó la interpretación de imágenes de satélite y de los estudios fotogeológicos del Distrito Guanajuato, concentrándose en los blancos de exploración, en particular en la zona del lote conocido como Apolo VII.

Se llevó a cabo un análisis de las estructuras regionales y de la estratigrafía local en donde se revisaron las estructuras y lineamientos más interesantes e importantes, después de este paso se planteó cuales eran los blancos de exploración con base en los resultados que se obtuvieron; principalmente aquellas zonas que se presentaban como anómalas en las imágenes de satélite y en la magnetometría geofísica. De esta manera se seleccionó el Dique Agua Verde como un blanco de interés por explorar. Cabe señalar que las tareas anteriormente descritas fueron realizadas por personal de Estudios Especiales de Peñoles y que sólo se participó de manera indirecta en la revisión bibliográfica de los estudios hechos en la zona.

Posteriormente se trabajó de manera directa en Guanajuato en la planeación y desarrollo del trabajo de campo como se describe a continuación.

En gabinete se planteó la necesidad de hacer el levantamiento geológico a detalle y un muestreo selectivo de la estructura y de las rocas encajonantes, así como de las estructuras locales que afloraran en el área.

En el campo se realizaron caminamientos previos con el fin de conocer el área y la estratigrafía local antes de iniciar propiamente la campaña de exploración. Se realizó un mapeo con brújula y cinta a lo largo de toda el área, tomando como base levantamientos geológicos de arroyos, realizados por la Compañía Minera Las Torres, y se buscó la continuidad de la estructura a través de las diferentes cimas que se presentaban en la zona y se logró así un mapeo geológico del 90% de la extensión total de la estructura.

El muestreo se realizó, básicamente en donde afloraba el dique, se tomaron muestras transversales a la estructura (esquirlas de roca), tanto del dique como de la roca encajonante a ambos lados de la estructura, aproximadamente a 30 m. de distancia longitudinal cada estación de muestreo. También se muestrearon de manera complementaria pequeñas vetillas que afloraban en la zona y que pertenecen a sistemas de mineralización transversales al Dique Agua Verde (Sistema de Vetas de la Sierra).

Las muestras obtenidas se mandaron a analizar geoquímicamente a los laboratorios de Bondar Clegg en Canada. Se analizaron por Au+34 elementos, de los cuales se seleccionaron Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Mn, Ba, Cr, La, y Ca para la elaboración de mapas geoquímicos, debido a que son principalmente, elementos químicos de interés económico, que sirven como pathfinders (trazadores) ó porque el nivel de detección permitía una buena dispersión de los valores obtenidos. En la **Tabla 1.1.** se muestran los elementos seleccionados para este estudio, su límite de detección y el método utilizado.

Elemento	Límite.de detección	Método.de extracción	Método	Tipo.de muestra
Au30	5 ppb	30 g. Fire Assay	Absorción Atómica	Roca
Ag	0.2 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Cu	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Pb	2 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Zn	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Ni	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Co	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
As	5 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Mn	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Ba	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Cr	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
La	1 ppm	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca
Ca	0.01%	HCl : HNO3 (3:1)	Induc. Coup. Plasma	Roca

Tabla 1.1. Elementos seleccionados, límite y método de detección

Con los resultados obtenidos de los ensayos químicos se elaboraron mapas de distribución geoquímica de los elementos químicos señalados, con el programa geoquímico INTERDEX que permite agrupar los valores obtenidos de acuerdo a curvas de distribución estadística e histogramas que se elaboraron también con este programa y se definieron anomalías geoquímicas. Los mapas son presentados en los anexos

En el LUGIS del Instituto de Geología de la UNAM se hizo un estudio petrográfico del dique y un análisis de elementos mayores y elementos traza por fluorescencia de rayos X, que permitieron definir sus características mineralógicas y petrológicas.

En la **figura 1.2.** se muestra el diagrama de flujo del proceso de exploración, donde es posible observar que en el tercer bloque se presentan, los pasos siguientes al análisis geoquímico que serían los de verificación de las anomalías detectadas en superficie y la posible ubicación de la mineralización existente en el área (geofísica y barrenación). Cabe señalar que la zona intermedia que corresponde al segundo bloque es en donde se tuvo una participación más directa en todas las actividades.

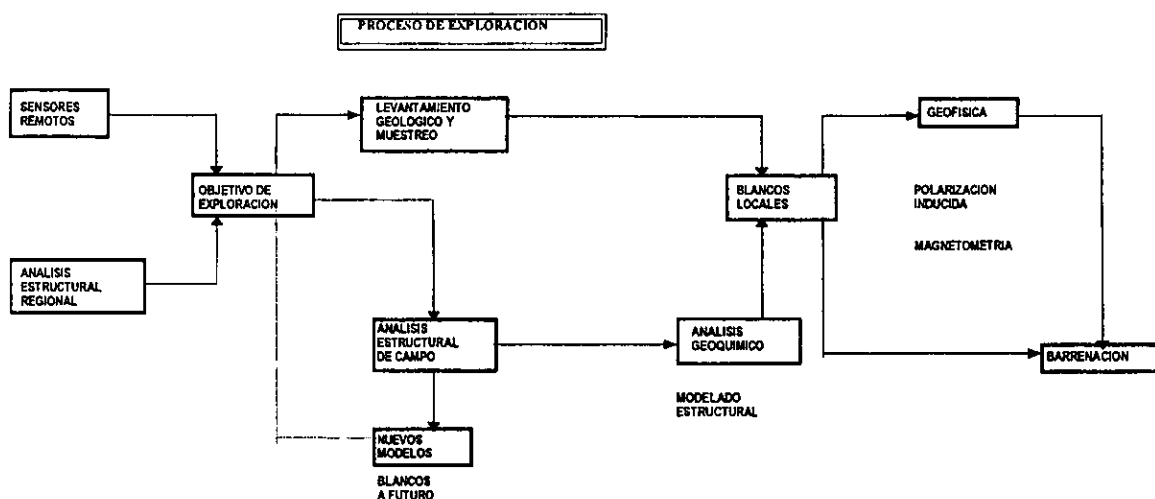


FIGURA 1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EXPLORACION SEGUIDO DURANTE LA PROSPECCION DEL DIQUE AGUA VERDE

Los resultados obtenidos se ilustran en los apéndices y con base en el trabajo de campo y de gabinete se procedió a dar una evaluación económica y geológica del área.

1.3. ESTUDIOS PREVIOS

El Distrito Minero Guanajuato ha sido objeto de numerosos estudios geológicos por parte de diversos autores. Entre estos: Wandke y Martínez (1928) publicaron un bosquejo general del distrito; Edwards (1956), hace hincapié en el Conglomerado Rojo de Guanajuato y lo asocia con otros depósitos sedimentarios continentales. También cabe hacer mención de Buchanan (1980), que establece un modelo para yacimientos epitermales de baja sulfurización para el Distrito Guanajuato. Randall (1976) ha establecido numerosas observaciones geológicas plasmadas en diversos estudios para las diferentes compañías mineras existentes en el Distrito y que permanecen en los archivos internos de dichas compañías (Mina del Cubo, Grupo Guanajuato y Sociedad Cooperativa Minera Santa Fé de Guanajuato); Randall, J. A.; Saldaña, E. y Clark, K. F. (1994), señalan que el Distrito Guanajuato forma parte de un complejo vulcano-plutónico asociado a una caldera. Helen Mango (1988, 1992), realizó numerosas observaciones en cuanto al proceso mineralizante y los factores que intervienen en este proceso en la zona de Veta Madre.

Cabe mencionar que además de los estudios mencionados, existen numerosas publicaciones, tesis y estudios que se han elaborado a lo largo de la historia del distrito, pues no debe olvidarse que este ha sido explotado ininterrumpidamente desde la época colonial y posiblemente desde que habitaban en esta región grupos indígenas.

1.4. HISTORIA MINERA DEL DISTRITO

La minería en Guanajuato ha estado íntimamente ligada y ha sido vanguardia en el desarrollo del país, ha tenido alzas y bajas debido a revueltas sociales, a nuevos hallazgos de mineral y a las condiciones económicas mundiales.

Tres han sido las épocas de auge de esta actividad en su historia. El primero tuvo lugar durante la segunda mitad del siglo XVIII cuando México todavía era Colonia Española. El segundo periodo, es marcado por el arribo de capital y tecnología de los Estados Unidos en 1880. El tercer periodo de auge minero es el que actualmente vivimos, con características propias y que se empezó a gestar a fines de la década de los 60s, después del proceso de nacionalización de la minería.

A continuación se presenta un pequeño bosquejo histórico de la minería en Guanajuato.

El área del Distrito se localiza en lo que fuera la porción sur del imperio Chichimeca, colonizado por Nuño de Guzmán.

De acuerdo con los historiadores, el nacimiento del Distrito Minero de Guanajuato, se debió principalmente al auge minero que a mediados del siglo XVI había cobrado la región de Zacatecas a la cual fue necesario comunicar por medio de un "camino de herradura" que pasaba cerca de lo que hoy se conoce como ciudad de Guanajuato.

El tránsito de personas por este camino provocó que accidentalmente un grupo de aventureros (un arriero zacatecano?), localizara una veta, el 11 de junio de 1548 en las inmediaciones de San Bernabé, en lo que actualmente corresponde al sistema de "Vetas de La Luz". Desde este momento comenzó a poblarse la zona y se fundó una pequeña rancharía de nombre Santa Ana y que se encontraba ubicada en la zona del ahora panteón de Guanajuato y de la que solo quedan algunas ruinas.

En 1550, Juan Rayas descubre el crestón de la Veta Madre, en el sitio donde se ubica actualmente el Tiro de Rayas; este descubrimiento dio a Juan Rayas fama y fortuna, además de su nombramiento como Conde de Rayas por los Reyes de España.

Ocho años después se había reconocido en casi toda su extensión la Veta Madre con obras más o menos someras, en los lugares en donde surgieron posteriormente las minas de Encarnación, Valenciana, Guadalupe, Tepeyac, Cata, San Vicente y Sirena.

En el siglo XVII, la minería cobró mayor auge; a medida que se profundizaban los tiros de las minas, se logró una exitosa explotación, lo que provocó un incremento en la población y ocasionó que el poblado de Guanajuato recibiera el título de Villa de Santa Fe Real de Minas de Guanajuato.

El siglo XVIII, trajo para la minería excelentes logros aunque hubo inundaciones, accidentes en las minas y epidemias, lo que propició la muerte de cerca del 50% de la población de Guanajuato. El 8 de diciembre de 1741, la ciudad recibió el título de "Muy Noble y Muy Leal Ciudad de Santa Fe Real de Minas de Guanajuato". En 1790, la extracción se benefició con la implantación del "sistema de patio", desarrollado en 1557.

Los descubrimientos de concentraciones altas de valores auroargentíferos (clavos), dan origen a bonanzas de gran relevancia. En esta época se inició la explotación del sistema de Vetas de la Sierra, tanto en el mineral de Santa Rosa como en el Monte de San Nicolás y Villalpando, El Cubo.

El siglo XIX, decae en la producción minera del Distrito como consecuencia del movimiento de Independencia y la distracción de la población de los quehaceres productivos. A pesar de esto, algunas compañías extranjeras trabajan varias minas, lográndose en La Luz una gran bonanza.

A principios del siglo XX, el país se ve envuelto en luchas internas, después de la aparente tranquilidad de la primera década, el estallido de la Revolución, paraliza las actividades productivas, aunque se realizan actividades a nivel de gambusinaje por parte de los lugareños, la

minería decae a una mínima expresión y las compañías mineras trabajan solo para solventar sus necesidades más inmediatas.

En el distrito de Guanajuato, las minas de Encarnación, Guadalupe, Valenciana, Cata, Rayas, el tiro Kurtz, Promontorio y Garrapata que trabajaba la compañía "The Guanajuato Reduction and Mines Company", suspenden sus actividades en 1938. Debido al efecto socioeconómico que ejercía sobre la ciudad el cese de operaciones, se formó con ayuda del gobierno Estatal y Federal en 1939, la Sociedad Cooperativa Minero Metalúrgica Santa Fé de Guanajuato núm. 1, S.C.L. que desde 1945 es dueña de la propiedad minera que ampara la mayor parte de la Veta Madre del Distrito. Inició sus operaciones explotando rezagas, terreros y retagues con la ayuda del gobierno federal y evaluó clavos de mineral, lo que le dio posibilidades de continuar sus trabajos hasta la fecha.

La compañía minera del Cubo es la de mayor tradición y la más antigua dentro del Distrito Minero, durante el presente siglo ha explotado una parte del sistema de vetas de la Sierra o Villalpando. Nace en 1889 con el nombre de El Cubo Mining and Milling Company explotando la zona minera del Cubo, cuyos primeros trabajos datan de fines del siglo XVIII. En 1921 se constituye la Compañía Minera del Cubo S. A., con capital nacional y extranjero. En 1973 se nacionalizó esta compañía minera que actualmente presenta un futuro muy promisorio debido al descubrimiento de clavos mineralizados de alta ley.

El Grupo Industrial Peñoles con su filial conocida como Grupo Guanajuato explota actualmente las minas Torres, Sirena, Bolañitos, Peregrina. (Recopilación de varias publicaciones:(Secretaría de Gobernación, 1988; Duarte Barraza, 1979b; Consejo de Recursos Minerales ed., 1992; Ordoñez E.,Jorge ed., 1986; Archivo Interno Compañía Minera Las Torres, varios reportes).

1.4.1. Historia del Grupo Guanajuato

La consolidación del grupo Guanajuato se logra en 1968, principalmente por el éxito de la exploración de Veta Madre en su extremo SE, en el mineral del Cedro. El descubrimiento se debió principalmente a tres personajes que convencieron a sus respectivos consejos de administración para invertir en la exploración del distrito minero que prácticamente se consideraba agotado y ellos fueron: Ing. Luis Villaseñor Söhle, Director de Compañía Fresnillo, S.A.; Dr. George K. Lowther, Jefe de Geólogos de Compañía Fresnillo, S.A. y el Dr. William H. Gross, Presidente de Lacana Mining Co.

Reynaldo Guiza desde 1949 había planteado la posibilidad de localizar mineralización económica sobre Veta Madre bajo los labrados de las minas de San Rafael, El Cedro y Siglo XX, que se habían descubierto durante el siglo XIX y se trabajaron exhaustivamente entre 1907 y 1911.

En 1958, el Consejo de Recursos Naturales no Renovables propone un ambicioso programa de barrenación para explorar Veta Madre por medio de 30 barrenos de diamante, perfora 7 de estos que dan resultados negativos por lo cual se suspende el proyecto.

En el año de 1967, el Dr. W. H. Gross propone a Compañía Fresnillo, S.A. de C.V. e Industrias Peñoles, la formación de un consorcio para la exploración del distrito, lo cual es aceptado y se inicia la exploración bajo el mando del Dr. G. K. Lowther, quien decide en 1968, con la idea de Guiza, perforar Veta Madre, a 300 m de profundidad, el primer barreno realizado corta el cuerpo mineralizado en su parte central con 12.5 m de ancho, 4.06 gr/ton de Au y 527 gr/ton de Ag; se dan 37 barrenos para un total de 18,823 metros perforados, logrando indicar 2.1 millones de toneladas de mineral con 1.9 gr/ton de Au y 351 gr/ton de Ag. Con estos resultados se empiezan las obras mineras para comprobar y extraer el mineral indicado, iniciándose con el tiro Guanajuato en 1970, en lo que sería la mina Torres-Cedros.

A partir del descubrimiento de los grandes cuerpos de mineral de esta mina, se inicia una etapa de negociaciones con los concesionarios de lotes mineros en el distrito con el fin de explorar y localizar mineral económico que pudiera abastecer a la planta de beneficio próxima a instalarse, así se integran al consorcio en 1968 las concesiones de Peregrina y Cebada; en 1970 las concesiones de

la mina Cedros, mediante un convenio con el Gobierno Federal por medio de la Comisión de Fomento Minero y en 1974 las concesiones que protegen a la mina Bolañitos.

El consorcio queda constituido formalmente en 1970 con la integración de Compañía Minera Cedros, S.A. de C.V.; Negociación Minera Santa Lucía, S.A. de C.V. y Compañía Minera Las Torres, S.A. de C. V., administradas por esta última, lo que lo convirtió en el grupo minero más joven del distrito.

En 1976 se inició la explotación sistemática, habiéndose producido hasta 1992, 10.4 millones de toneladas de mineral con 2.41 gr de Au y 238 gr de Ag. (Resumen inédito, Compañía Minera Las Torres, 1992; Chico, E., 1975?)

La producción estimada de las minas de Peñoles en Guanajuato de 1976 a 1998 ha sido:

	TONELADAS	ORO	PLATA
VETA MADRE	10 485 029	2.02	206
VETAS DE LA SIERRA	2 227 463	3.78	265
VETAS DE LA LUZ	1 066 088	2.65	213
TOTAL	13 778 600	2.35	216

De acuerdo con esto se tiene que se han producido en la Compañía Minera Las Torres¹:

1 038 800 oz de oro
95 656 300 oz de plata

Actualmente se realizan obras de exploración por parte del cuerpo de geología del Grupo Guanajuato con el fin de incrementar y prolongar la vida productiva de sus minas en el Distrito, con el propósito de aumentar sus reservas por medio de obras directas de exploración. Se han realizado trabajos de muestreo y mapeo en las zonas de las minas de Peregrina, Sirena y Apolo en donde mediante intensos programas de exploración se ha logrado incrementar reservas positivas de estas minas, teniendo resultados alentadores.

¹ Datos proporcionados por el Ing. Ricardo Navarro; Jefe Proyecto Guanajuato, Gerencia de Estudios Especiales Peñoles. Comunicación personal.

2. MARCO GEOGRAFICO

2.1. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

Ubicado en la región central de la República Mexicana, el estado de Guanajuato se localiza entre las coordenadas geográficas 19°55'08" y 21°52'09" de latitud norte y entre 99°39'06" y 102°05'07" de longitud oeste. Guanajuato colinda al norte con el estado de San Luis Potosí, al este con el estado de Querétaro, al sur con el estado de Michoacán y al oeste con el estado de Jalisco. Cubre una superficie de 30,460 km² (3 046 934 ha). Su superficie representa el 1.54% del territorio nacional.

La Ciudad de Guanajuato está situada en las coordenadas geográficas 101° 15' 20" de longitud oeste y 21° 01' 01" de latitud norte, su altura sobre el nivel del mar es de 2,000 m. El territorio del municipio tiene una extensión de 1,010 kilómetros cuadrados que equivalen al 3.31% de la superficie total del estado. Limita al norte con el municipio de San Felipe, al este con el de Dolores Hidalgo, al sur con los de San Miguel de Allende, Salamanca e Irapuato y al oeste con los de Silao y León.

El Distrito Guanajuato se encuentra en las inmediaciones de la ciudad de Guanajuato, capital del estado del mismo nombre. El área abarcada por este es de aproximadamente 360 km².

La ciudad de Guanajuato se encuentra comunicada al resto del país por la carretera federal 110 que se une al oeste con la carretera federal 45 en la ciudad de Silao y hacia el este con la carretera federal 57 al sur de la ciudad de San Luis Potosí. Por el lado sur, la ciudad queda comunicada por la carretera estatal Guanajuato-Juventino Rosas que se prolonga hasta la ciudad de Celaya. Además se cuenta con un ramal del Ferrocarril Central Mexicano que parte de Silao y un aeropuerto internacional en las afueras de la ciudad de León. (Duarte Barraza, 1979b; Secretaría de Gobernación, 1988).

En la **figura 2.1.** se presenta el plano de localización del Distrito Guanajuato.

2.2. CLIMA

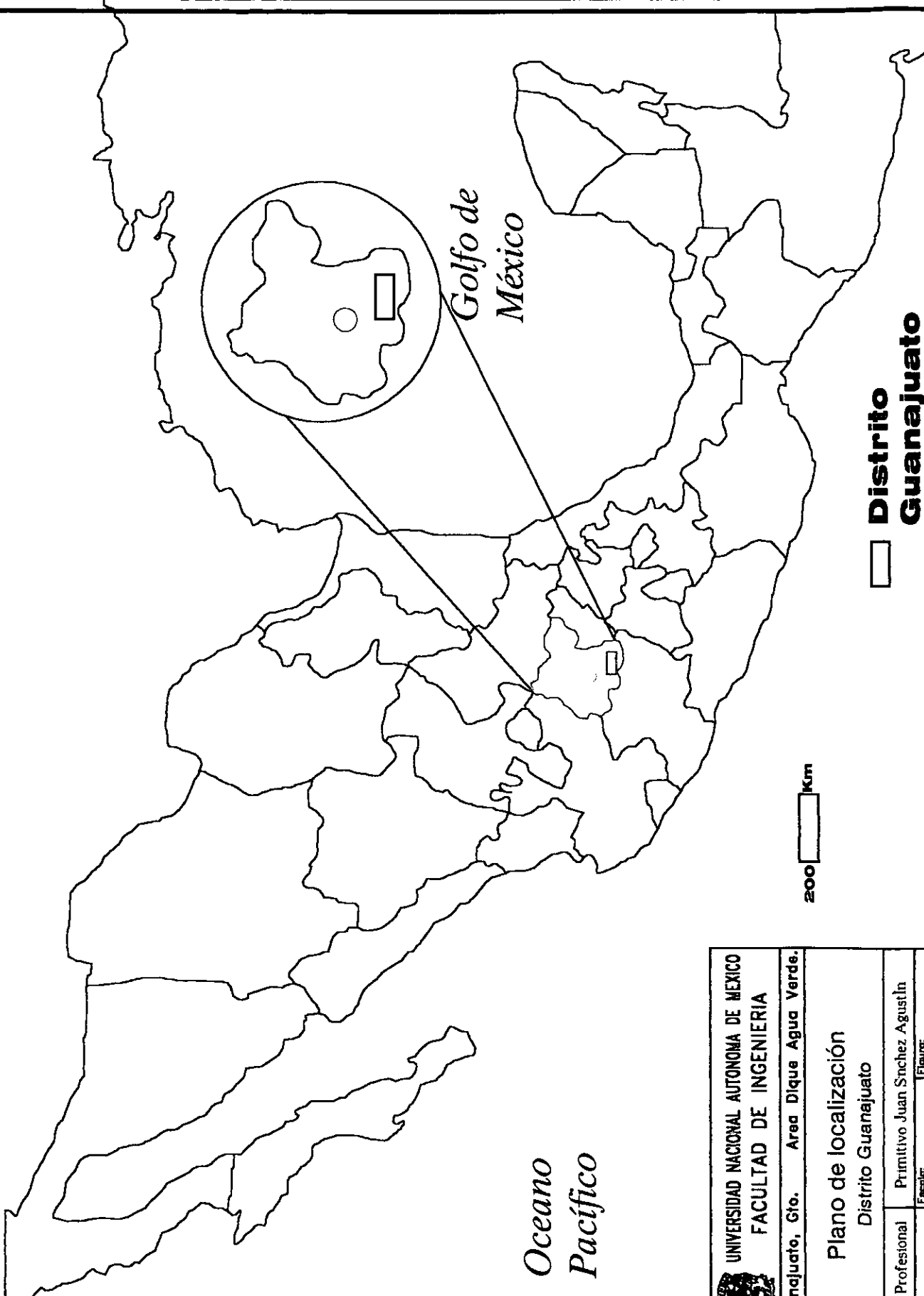
Es templado y variable, a causa de la accidentada topografía. La temperatura máxima es de 36° C y la mínima de 3° C. (Secretaría de Gobernación, 1988).


2.3. FLORA Y FAUNA

La flora está constituida por selva baja caducifolia, con arboles menores de 15 m.; pastizal amacollado, de productividad forrajera, bosque latifoliado con predominio de arboles medianos de 8 a 20 m. de altura y bosque caducifolio espinoso de hasta 13 m.

La fauna está integrada por mamíferos como zorrillo, tlacuache, conejo, tejón, ardilla, armadillo, coyote, venado y zorra, entre las aves se tienen calandria, codorniz, cuervo, búho, gavián, zopilote, tordo, aura y correcaminos. Existen otras especies como víbora de cascabel, alicante, escorpión, ranas, sapos y gran cantidad de insectos. (Secretaría de Gobernación, 1988).

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA



 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA	
Guanajuato, Gto. Área Dique Agua Verde.	
Plano de localización Distrito Guanajuato	
Tesis Profesional	Primitivo Juan Sánchez Agustín
Fecha: 07-11-99	Escala: Gráfica
	Figura: 2.1.

2.4. ACTIVIDADES ECONOMICAS

Agricultura: desarrollo bajo porque la topografía es muy escarpada. Los principales cultivos son sorgo, alfalfa, cacahuete y frutales.

Ganadería: se cría en pequeña escala ganado bovino, caprino y equino.

Minería: es la actividad económica que dio origen a la ciudad de Guanajuato. Se produce principalmente oro y plata, además de plomo y caolín.

Turismo: es importante por su rico patrimonio cultural e histórico que comprende monumentos, museos, construcciones, plazuelas y templos que datan de la época colonial.

Comercio: la población rural concurre periódicamente a la ciudad para el abasto así como la población flotante generada por el turismo.

Servicios: existen gran cantidad de servicios que comprenden turismo, profesionales, bancarios, comerciales, de cultura, de esparcimiento. (Secretaría de Gobernación, 1988).

3. FISIOGRAFIA

3.1. PROVINCIA FISIOGRAFICA

El Distrito se localiza fisiográficamente en la parte sur de la Mesa Central.

La Mesa Central se caracteriza por estar rodeada por zonas más altas. Además es notable por ser más elevada y más plana que la Provincia de Cuencas y Sierras. En lugar de sierras prolongadas tiene áreas de colinas bajas, la mayoría viejos volcanes. El terraplén en las cuencas es menos profundo y son frecuentes los lagos superficiales. La región localizada al Este de Querétaro es bastante montañosa, La Bajada, un valle abierto desde Celaya hasta Silao es transitorio hacia el Eje Neovolcánico. (Raisz, 1964)

Se presenta a unos 2000 m.s.n.m. entre las dos grandes sierras de México: Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental, a las que tectónicamente pertenece, la mitad norte a la primera y la mitad sur a la última. De San Luis Potosí al norte está constituida por sierras de calizas del Mesozoico que se elevan en los extensos valles aluviales, en tanto que la parte sur es moderadamente montañosa y predominan en ella las riolitas que cubren andesitas y otras rocas ígneas. (Alvarez jr., Manuel, 1961)

De acuerdo con Lugo Hubp (1990), la Mesa Central es una extensa altiplanicie rodeada por sistemas montañosos, aunque parte de ésta es una extensión de la Sierra Madre Oriental. El relieve consiste, en general, en una superficie inclinada de sur a norte, descendiendo de los 2,000 a 1,200 m. Sobre esta se asientan montañas aisladas y conjuntos de éstas constituidos por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias, sedimentarias plegadas e intrusivas y metamórficas de bloque. Reconoce dos sistemas de orientación: norte-sur y noroeste. El escurrimiento es, en general, de poca extensión lineal. En el sur, la Mesa Central limita con el Sistema Volcánico Transmexicano y se extiende al norte, desmembrada por elevaciones volcánicas terciarias. Al oriente se levanta el principal sistema montañoso, La Sierra de Guanajuato, con una altura absoluta de hasta 3,000 m y relativa máxima de 1,100 m. Consiste en un gran bloque, desmembrado en otros menores, de rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas, cubiertas parcialmente por acumulación de lavas terciarias y cuaternarias.

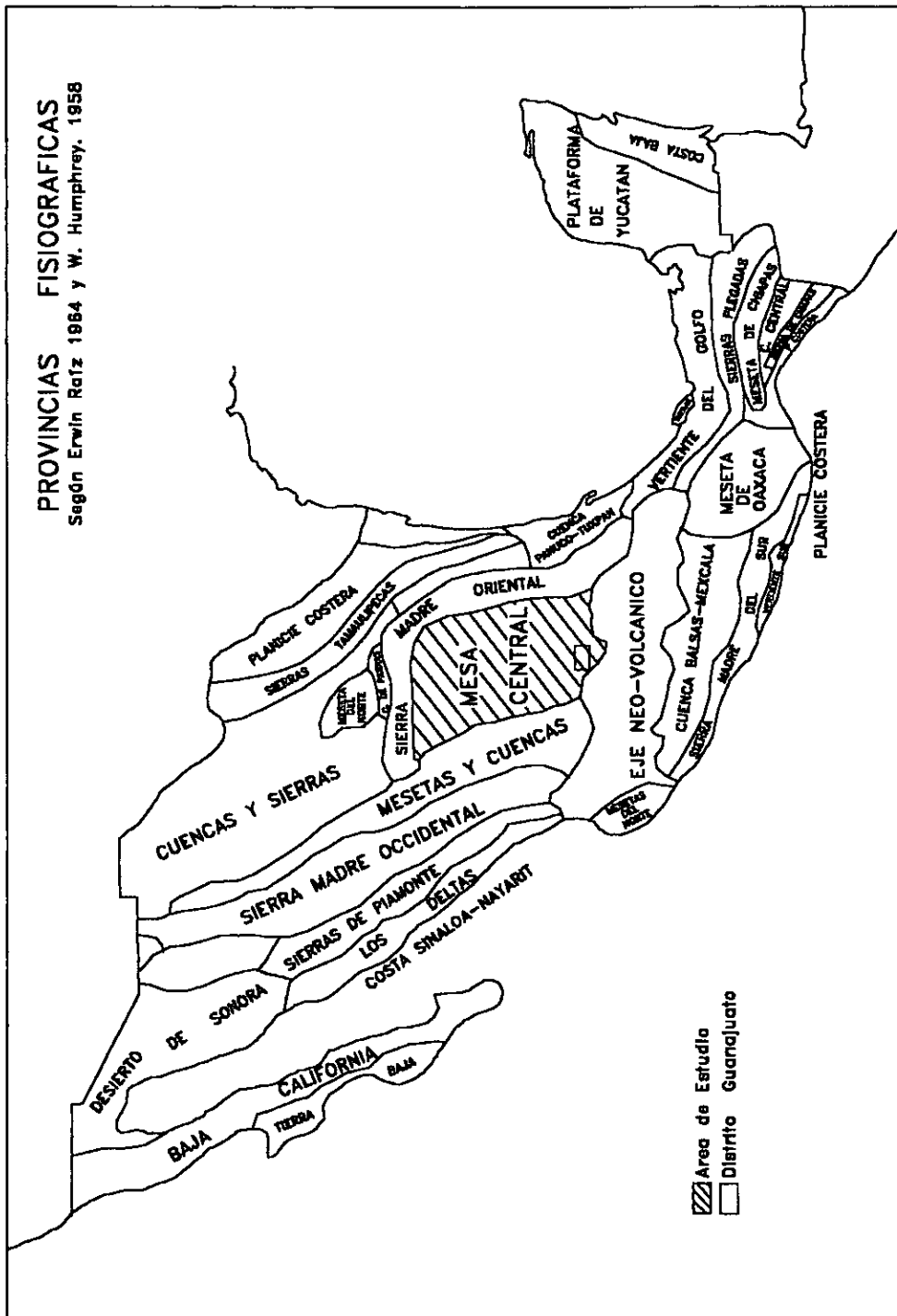
En la **figura 3.1**. Se muestra la provincia fisiográfica a la que pertenece el Distrito Guanajuato (Mesa Central), de acuerdo con Erwin Raíz, 1964.


3.2. OROGRAFIA E HIDROGRAFIA

La Sierra de Guanajuato, también llamada de San Gregorio, ocupa la mayor parte del territorio municipal. Las principales elevaciones son los cerros Santa Rosa, Chichíndaro, Sirena, Bufo Picacho y Bufo Peñón, todos cerca de la ciudad de Guanajuato, en las zonas norte y oriente; otros cerros son: La Giganta, El Gigante, Los Llanitos y Vaquería por el rumbo noroeste de la ciudad. La altura media de las elevaciones se calcula en 2400 m sobre el nivel del mar.

En lo que respecta a la hidrografía, las corrientes de agua que se encuentran en los intrincados cerros de la Sierra de Guanajuato son: por el noroeste, arroyo Cedeño y La Goya que se unen al río La Hernia, en el poblado de San José de Pinos, éste recibe después el nombre de arroyo La Joya y se le une el arroyo El Salto en el poblado de Arperos y así sigue el cauce hasta reunirse con el arroyo El Gigante, para formar el río Silao. Por el norte se encuentran los arroyos La Cebada, Potrero y La Escondida que, unidos al arroyo La Concepción desembocan en la Presa de La Soledad. Esta presa recibe también las aguas de la Presa La Esperanza y ésta se alimenta del cauce de los arroyos Llano Grande, Melchores, La Taponá, Duraznillo y Mexicanos.

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
 Según Erwin Rafz 1964 y W. Humphrey, 1958



 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA	
Guanajuato, Gto. Área Dique Agua Verde.	
PLANO DE LOCALIZACION PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	
Tesis Profesional	Primitivo Juan Sánchez Agustín
Fecha: 07/11/99	Estado: GRAFICA
	Figure: 3.1

De la Presa de La Soledad sale el arroyo de Santa Ana, al cual en el Tajo de Adjuntas se le unen los arroyos de Pinitos, La Joya y La Aurora. Por otra parte los arroyos La Hacienda, Conejas y Las Raíces provienen de la Presa Peregrina y desembocan en la Presa de Mata que ha quedado hundida por la Presa de Las Torres. Las aguas de esta última atraviesan la ciudad de Guanajuato para unirse al río del mismo nombre. Por su parte el río Guanajuato tiene como afluentes a los arroyos El Arco, Paso del Padre, El Pulque, que conforman el río del Cubo cerca del Zangarro. (Secretaría de Gobernación, 1988)

4. GEOLOGIA.

4.1. GEOLOGIA REGIONAL (DISTRITO GUANAJUATO)

4.1.1. Estratigrafía

Se presenta un pequeño resumen de la estratigrafía del Distrito, con base principalmente en el trabajo realizado por Labarthe Hernández et al (1996), para la Compañía Minera Las Torres. Figura 4.1.

Las rocas del basamento están representadas por una secuencia vulcanosedimentaria del Mesozoico que subyacen a rocas volcánicas terciarias del Oligoceno.

Fig. 4.1. Columna estratigráfica Distrito Minero de Guanajuato.

DISTRITO GUANAJUATO				
ERA	PERIODO	EPOCA (m. a.)	FORMACIONES	INTRUSIVOS
	Cuaternario		Aluvión, coluvión y suelo residual	
C		Plioceno 5.		
		Mioceno 24.6		
E				
N	e	Oligoceno	Riolita Chichindaro	
			100- 250 m	
O	r		Andesita Cedro	INTRUSIVO
			250 m	
Z	a		Fm. Calderones	PEREGRINA
			250 m	
O	r		Riolita Bufo	
			300 m	
I	o		Fm. Losero 30 m	
C		Eoceno	Conglomerado Guanajuato	
O				
		Paleoceno		
M			Secuencia volcánica La Luz-	
E		Albiano	El Cubilete	
S		Aptiano 119		
O	Cretácico	Barremiano		
Z			Complejo Estructural La Esperanza	
O		Neocomiano	1000 m	
I				
C	Jurásico		Ensamble Plutónico Mesozoico de	
O		J. Superior	Guanajuato	

El mapa geológico del Distrito Minero Guanajuato se presenta en la **figura 4.2.** en donde es posible observar las relaciones existentes entre las diferentes unidades litológicas y las estructuras mineralizadas más importantes.

A continuación se describen las unidades que conforman la columna estratigráfica de la Sierra de Guanajuato de acuerdo a Labarthe Hernández et al (1996).

BASAMENTO MESOZOICO

Complejo Volcano-Sedimentario

SECUENCIA VOLCANICA LA LUZ-EL CUBILETE

DEFINICION

Esta unidad es descrita como Unidad Basáltica La Luz por Ortiz-Hernández et al., (1992), y Labarthe-Hernández et al., (1995), la designan como Secuencia Volcánica La Luz- El Cubilete nombre que se maneja en este estudio, debido a que el límite entre estas unidades no se ha cartografiado con detalle y la interpretación que se ha dado a ambas considera un origen común reconociendo una parte inferior de rocas volcánicas basálticas a basaltoandesíticas y una unidad superior con material piroclástico y depósitos volcano detríticos.

DISTRIBUCION

Aflora ampliamente desde los alrededores de Mineral de La luz en el extremo NW hasta el sur del Tajo de Adjuntas; cubre un área aproximada de 18 a 20 km².

LITOLOGIA Y ESPESOR

La secuencia contiene derrames de lavas basálticas a basalto-andesíticas, masivas a almohadilladas por lo que se interpreta un depósito de tipo submarino. Las lavas son de color verdoso a gris oscuro y se presentan por lo general, muy deformadas por cizallamiento. Al microscopio presenta texturas intersetales, variolíticas y en casos aislados, porfiríticas, con fenocristales de plagioclasa (andesina-labradorita) y piroxeno en una matriz de cristales aciculares de plagioclasa (albita), los minerales de alteración más comunes son albita, clorita, epidota, calcita, actinolita y titanita.

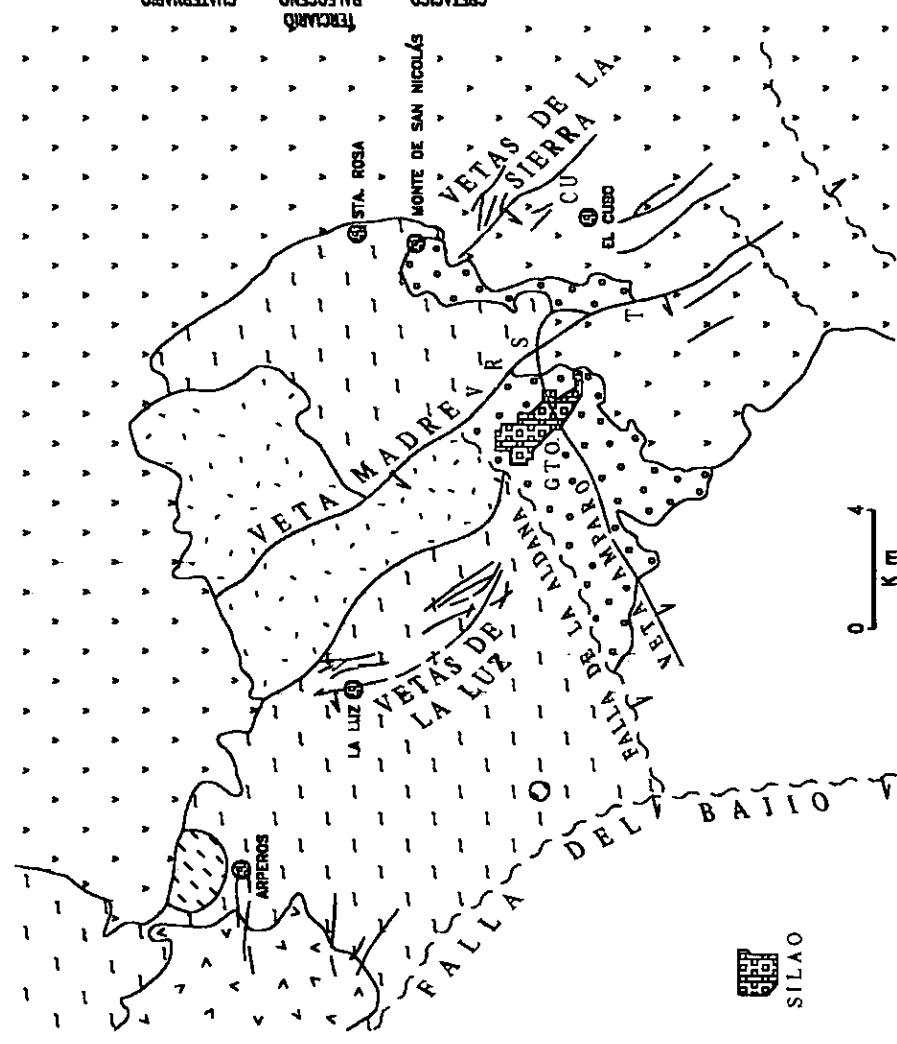
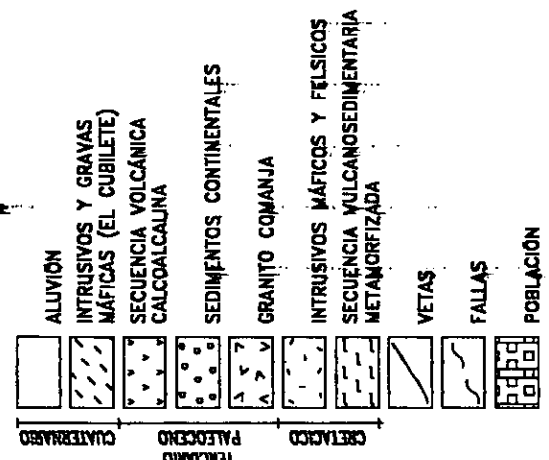
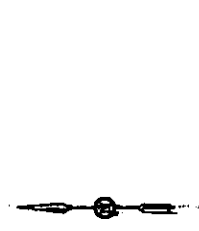
Labarthe-Hernández et al. (1996), la describen como de textura microcristalina, de color verde a amarillento en superficie alterada. Un metamorfismo de la facies de esquistos verdes que afecta a la secuencia lo interpretan como de origen hidrotermal- oceánico. Asimismo consideran procesos de albitización de la plagioclasa y saussuritización.

Cabe señalar que en el campo se pudo observar que la Formación La Luz en las inmediaciones de la Mina Sirena cerca del Tiro Peñafiel se encuentra intercalada con la Formación La Esperanza y presenta zonas con sulfuros diseminados (pirita principalmente).

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

Esta unidad sobreyace tectónicamente a sedimentos clásticos y volcanoclásticos de la Fm. Arperos (Monod et al., 1990)¹ y posiblemente a la secuencia de rocas clásticas y carbonatadas de la Fm Esperanza, con un espesor probable de más de 1 km.

¹ En Labarthe Hernández et al, 1996.



PRINCIPALES MINAS EN OPERACIÓN

V VALENCIANA
R RAYAS
S SIRENA
T TORRES
CU EL CUBO



SILAO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA Guanajuato, Gto. Área Dique Agua Verde.	
Plano geológico simplificado Distrito Guanajuato	
Tesis Profesional	Primitivo Juan Sánchez Agustín
Fecha: 07/11/99	Estado: Gráfica
	Figura: 4.2.

EDAD

La edad determinada por Ortiz Hernández et al, (op. cit) para esta unidad es de 108.4 ± 5.6 m.a. (K-Ar en roca total), correspondiente al Aptiano-Albiano inferior. (Labarthe Hernández et al., 1996).

COMPLEJO ESTRUCTURAL LA ESPERANZA**DEFINICION**

El nombre de Formación La Esperanza fue utilizado por Echegoyen (1970) para agrupar a una serie de lutitas, areniscas y calizas en parte metamorfizadas que afloran en los alrededores de la presa La Esperanza. García Dobarganes y Aguirre Maese (1990), lo consideraron informal al no tratarse de una localidad. Labarthe Hernández et al, (1996) proponen una revisión de esta nomenclatura para dar a esta unidad el rango de Complejo Estructural, de acuerdo con el Código Estratigráfico Norteamericano, (1983), debido a la diversidad de litofacies que integran la secuencia, en el presente trabajo se emplea este último término para designar dicha secuencia. El Complejo Estructural La Esperanza comprende al Complejo Volcano-sedimentario de la Sierra de Guanajuato, de Martínez Reyes (1987), a excepción de la Unidad Basáltica La Luz, y de manera general corresponde a los depósitos de la Cuenca de Arperos.

DISTRIBUCION

Aflora en gran parte de la sierra de Guanajuato, en los alrededores de la presa de La Esperanza, en la Mesa Cuata, así como en el área de Santa Rosa, Monte de San Nicolás y Presa de Mata en un área aproximada de mas de 50 Km².

LITOLOGIA Y ESPESOR

La litología que comprende es variada y de acuerdo con Labarthe Hernández et al, (1996); pueden distinguirse cuatro unidades litológicas principales, sus relaciones estratigráficas son difíciles de establecer por el alto grado de deformación y las condiciones originales del depósito que posiblemente sean complejas. Las cuatro litologías que comprende son:

ROCAS VOLCANICAS. Son comunes las lavas almohadilladas a masivas de coloración verdosa a café oscura, frescas o totalmente meteorizadas. de composición basáltica a basalto-andesítica y se caracterizan al microscopio, por la presencia de plagioclasas y algunos feldespatos potásicos como fenocristales, presenta piroxenos y olivinos? muy alterados en una matriz de plagioclasas aciculares finas y pequeños minerales máficos o de alteración, de textura porfírica a intersertal. El mineral de alteración más común es la clorita. Los espesores de los paquetes lávicos son muy variables desde lentes en paquetes de clásticos finos hasta más de 200 m.

ROCAS CLÁSTICAS. Varían de lutitas a pizarras y sedimentos silíceos oscuros, hasta areniscas y brechas, intercalados con depósitos volcanoclásticos.

Las lutitas y limolitas ocurren en grandes paquetes de rocas de color crema a amarillento o pardo con esquistosidad intensa y de granulometría homogénea, regularmente. El cizallamiento a que ha sido sometida la secuencia originó ligero metamorfismo que las hace aparecer como pizarras y filitas, fisiles y con lustre característico. Las areniscas y grauvacas son de color crema a amarillento claro hasta café oscuro y las areniscas o grauvacas adquieren un aspecto similar a las lavas alteradas. Pueden presentar superficies de esquistosidad y estratificación. Las brechas o conglomerados ocurren como horizontes o paquetes intercalados en la secuencia de sedimentos más finos, con espesores de centímetros a lentes o cuerpos del orden de 10 a 15 m. de espesor con clásticos subredondeados a subangulosos con deformación intensa

ROCAS CARBONATADAS. Cerca de la presa La Esperanza aflora una secuencia de calizas de color gris claro a oscuro en capas delgadas y con intercalaciones de material arcilloso. El material calcáreo es micrítico con recristalización parcial. Labarthe Hernández et al, (1996), la clasifican como caliza pelágica o de cuenca. Presenta deformación intensa que se manifiesta como plegamiento o fracturamiento y alta esquistosidad.

Su espesor es menor a los 100 m. y en algunas zonas parece acuñarse interdigitándose con la secuencia clástica. Se observa a estas calizas sobreyacidas por clásticos y sobreyacen a lavas.

GRANTOIDES. Contenidos en la secuencia clástica y cabalgando a lavas se presentan como numerosos cuerpos alóctonos de rocas magmáticas muy alteradas y deformadas de tipo leucocrática a mesocrática que varían en dimensión de centímetros a cientos de metros. De grano grueso o porfírica con grandes cristales de feldespato y cuarzos de menor tamaño. Regularmente sus límites se presentan como superficies de cizalla.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

De acuerdo con Labarthe Hernández et al, (1996); el Complejo Estructural La Esperanza es sobreyacido en forma tectónica (cabalgadura) por las unidades del Complejo Plutónico Mesozoico de Guanajuato y en forma discordante por la secuencia cenozoica. Se presentan bastantes zonas en donde rocas volcánicas a subvolcánicas intrusionan en sus zonas de fuentes o estructuras dómicas a las rocas mesozoicas

EDAD

Debido a que la unidad está cabalgada por el Complejo Plutónico Mesozoico (157 y 122 m.a.), y en parte los dique máficos del Complejo Filoniano Santa Ana que intrusionan a algunas lavas y son considerados posibles fuentes de las mismas, la edad de la secuencia se puede considerar post-Neocomiano.

ROCAS Terciarias

CONGLOMERADO GUANAJUATO

DEFINICION

Fue descrito por varios autores desde principios de siglo, pero Edwards, (1956)¹, lo definió como tal, separándolo en dos miembros informales con espesores máximos de 1,300 y 700 m. respectivamente.

DISTRIBUCION

Los afloramientos más extensos están alrededor de la Cd de Guanajuato en donde se encuentra delimitado por las fallas Veta Madre y Aldana que lo ponen en contacto con el Basamento Mesozoico. Hay pequeñas áreas hacia el este y noreste. Hacia el oriente y norte está cubierto por la secuencia volcánica cenozoica y hacia el oeste está cubierto por aluvión.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Es una secuencia conglomerática de lechos rojos, de estratificación delgada a gruesa, pobre a bien clasificada. Edwards (op. cit.), definió dos miembros. El miembro inferior está formado por material arcillo arenoso que se presenta como una secuencia de areniscas rojas en las que se intercalan lavas basálticas, andesíticas, capas de guijas y algunos horizontes de flujos piroclásticos y tobas. No se encuentra expuesta la base de la secuencia. Sobre el miembro inferior se presenta discordantemente una secuencia conglomerática que inicia con capas de bloques que gradúa hacia

¹ En Labarthe Hernández et al, 1996.

un conglomerado de guijas. Su distribución indica que el depósito estuvo confinado a depresiones tectónicas. Tiene alto contenido de material volcánico principalmente de composición riolítica o dacítica (Edwards, op. cit.), presenta también fragmentos de andesita, basalto, granito, diorita, caliza y pedernal. La calcita y cuarzo en cantidades ínfimas. La matriz y las capas de areniscas del conglomerado son producto de la desintegración de varias rocas volcánicas. La arenisca y el conglomerado están cementados principalmente por calcita secundaria y hematita, esta le da el color rojizo característico a la secuencia.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

Su contacto inferior con el Basamento Mesozoico es discordante; el conglomerado se deposita sobre una superficie irregular. Su contacto superior con la Fm Loseros es concordante generalmente, pero en algunos lugares se presenta discordante. Cubierto discordantemente por las rocas volcánicas oligocénicas.

EDAD

La fauna Marfil encontrada en la limolita del miembro inferior fue asignada tentativamente al Eoceno Tardío-Oligoceno pero posteriormente se encontraron dos roedores endémicos con los que se definió que la fauna Marfil y el miembro inferior son del Eoceno, probablemente del Eoceno Medio Tardío (Ferrusquía-Villafranca, 1987). Aranda Gómez y McDowell, (1997) determinaron una edad radiométrica de 49 m.a. para las lavas del Orito al sur de Marfil por el método de K-Ar en roca total.

Se correlaciona con los conglomerados rojos de Taxco y Zacatecas (Edwards, op. cit.), y con la Formación Cenicera de San Luis Potosí. (Labarthe Hernández. et al., 1996)

ORIGEN

Los conglomerados de la parte inferior del Terciario en México, según la interpretación de Labarthe Hernández et al, (1996); representan una molasa continental, depositada en cuencas aisladas, provenientes de la erosión de las rocas levantadas provocada por las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide.

FORMACION LOSERO

DEFINICION

Edwards (op. cit.), la designó como arenisca La Bufa y Guiza (1949), la denomina Toba Loseros, nombre que se conservó informalmente para designar a un horizonte delgado (5-25) m, situado estratigráficamente entre el conglomerado Rojo y la Riolita Bufa.

DISTRIBUCION

Aflora principalmente en las inmediaciones de la ciudad de Guanajuato, pero existen además pequeños afloramientos en la ranchería de Las Lozas, al oriente del poblado de Campuzano y en la estribación norte de la Sierra del Chorro.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Se encuentra en forma aparentemente concordante sobre el Conglomerado Rojo de Guanajuato y presenta material volcanoclástico del tamaño de arena fina a media con muy buena clasificación, con estratificación fina a media y diferentes coloraciones (rojo, morado y verde, principalmente) por alteración. La mayoría de sus granos son de cuarzo, plagioclasa y fragmentos de líticos volcánicos riolíticos (Edwards, op. cit.), con más del 20% de calcita como cementante. Los granos

son angulosos a subredondeados. Aproximadamente el 15% de los líticos están cloritizados, lo que da la coloración verde a la formación. (Buchanan, 1987)¹

Presenta estructuras sedimentarias primarias que indican un origen lacustre, no presenta guijas de acuerdo con Edwards,(op. cit.). Su espesor es más o menos constante en la mayoría de sus afloramientos (10-20 m.), pero en la zona este del Valle del Cedro cerca de la mina Las Torres alcanza un espesor de hasta 52.5 m., de grano grueso y de estratos de regular tamaño (Edwards, op. cit.). Hacia el norte y noreste se presenta con grano grueso y de mayor espesor y hacia el sur y suroeste se adelgaza y se presenta con grano más fino hasta llegar a sólo 3 m. de espesor. (Buchanan, 1987)

De acuerdo con Labarthe Hernández et al., (1996) y los reconocimientos que hizo en el campo en donde pudo observar estratificación cruzada en estructuras de metros y horizontes ricos en lapilli acrecional y otros con pómez y cristales de grano grueso con gradación inversa no se puede caracterizar como un depósito de origen lacustre y señala alternativamente un origen piroclástico para estos depósitos.

Durante el transcurso de este estudio se pudieron observar rasgos característicos de rocas de origen volcánico (tobas) pero que indudablemente tuvieron un depósito en zonas de tipo lacustre por lo que se puede decir que los autores anteriores tienen razón aunque les falta unificar los criterios que los llevaron a sus diferentes conclusiones para señalar su posible origen volcanoclástico.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

Su contacto con la Riolita Bufa sobreyacente es transicional, presentándose hacia la cima depósitos de flujos piroclásticos cuyos espesores varían de 10-25 cm. antes del evento mayor que inició la depositación de la Ignimbrita Bufa. Sobreyace con un contacto abrupto al Conglomerado Guanajuato, a veces de tipo concordante o discordante.

EDAD

La edad de esta unidad está dada por su posición estratigráfica entre el Conglomerado Guanajuato (Eoceno Medio-Tardío) y la Riolita Bufa fechada con el método K-Ar en 37.6 ± 3.0 m.a. (Gross, 1975), lo que la sitúa en el Eoceno Tardío.

RIOLITA BUFA

DEFINICION

Originalmente fue mencionada como "Riolita" por Wandke et al, (1928) y posteriormente Echegoyen et al., (op. cit.), la nombran como Riolita Bufa.

DISTRIBUCION

Aflora principalmente hacia la porción central del distrito, adelgazándose hacia el N, EN y E, desaparece en la secuencia de la Sierra.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Son flujos piroclásticos de composición riolítica, de color gris rosado a crema, en general, bien soldados, salvo en su base en donde está parcialmente soldada.

Tiene un 10% de fenocristales de cuarzo y sanidino en una matriz desvitrificada. Presenta parcialmente pómez bien colapsada y una cierta abundancia de líticos rojizos de 1-3 cm. , de mayor

¹ En Labarthe Hernández, 1996.

tamaño y más abundantes hacia su base. Una característica notable es que presenta aspecto rugoso esferoidal. Su base se puede describir como un derrame de ceniza parcialmente soldada, con matriz ligeramente desvitrificada, con 3-5% de fenocristales principalmente de cuarzo de 2-3 mm, fragmentos de pómez ligeramente colapsada y cloritizadas, presenta líticos pumicíticos que alrededor muestran halos de alteración concéntrica, su base en general es rica en líticos.

Hacia arriba el derrame de ceniza adquiere mayor soldamiento y la roca es de color rosáceo, de textura porfirítica parcialmente desvitrificada con un 5% de fenocristales de cuarzo anedral de 2-3 mm y poco sanidino, ferromagnesianos alterados que aparentemente fueron micas. Presenta pómez parcialmente colapsada de hasta 2 cm de diámetro y líticos de diferentes rocas. Además de presentar una estructura almohadillada con innumerables huecos alargados.

Su espesor máximo es de 360 m. (Randall et al, 1994). Los derrames piroclásticos de la Riolita Bufo deben haber rellenado depresiones topográficas del Conglomerado Guanajuato y Losero, condición sugerida por su cambio brusco de espesores y llega a tener hasta 25 m de espesor en el cruce de caminos al Cubo y Peregrina y su no depósito en algunas zonas.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

Sobreyace discordantemente a la Formación Losero o al Conglomerado Guanajuato y subyace también discordantemente a la Formación Calderones. Se puede encontrar como colgante sobre la Andesita Cedro al norte de Carboneras y a 15 km al Nor-oriente de Calderones.

EDAD

Gross (1975), determinó por el método de K/Ar una edad de 37.0 ± 3.0 m.a. en roca total, lo que la coloca en el Eoceno Tardío, casi el límite con el Oligoceno.

FORMACION CALDERONES

DEFINICION

Originalmente Wandke et al, (op. cit.) mencionaron que sobre la riolita hay una formación de tobas, brechas y flujos andesíticos. Echevoyen-Sánchez et al., (op. cit.) la nombraron como Formación Calderones y adoptan un nombre sugerido por Meave, (1956)¹, indican que consta de areniscas, conglomerados, brechas, y tobas de composición andesítica, y consideran que en ciertos aspectos pudiera interpretarse como una etapa posterior de depositación del Conglomerado Guanajuato, que fue interrumpida durante la emisión de la Riolita Bufo. Cepeda-Dávila, (1967), asume que se trata de una secuencia de diferentes tipos de areniscas de granulometría variable entre gruesa y muy fina de coloración verdosa, localmente pardo rojizo y de composición que oscila entre grauvacas líticas y grauvacas feldespáticas y que intercalados entre las areniscas se encuentran horizontes de conglomerado con las mismas variaciones de color. Larson, (1995)(en Labarthe Hernández et al, 1996), la interpreta como una unidad volcánica constituida por una secuencia de depósito de tobas de caída de composición riolítica a dacítica de grano fino, rica en cristales, aglomerados y depósitos de surges y hacia la base contiene ocasionales flujos piroclásticos delgados y piroconsolidados.

DISTRIBUCION

La formación Calderones aflora principalmente en los alrededores de la mina Las Torres, en el poblado del mismo nombre en la porción central del Distrito Minero Guanajuato; en el extremo oeste de la Presa de Peregrina en lo que corresponde al lote Apolo VII.

¹ En Echevoyen-Sánchez, op. cit.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Labarthe Hernández et al, (1996), consideran que se trata de una secuencia de numerosos flujos piroclásticos delgados, cuyos espesores varían de centímetros hasta 0.6 m., que lateralmente pueden graduar a depósitos de flujo de bloques y cenizas; flujos piroclásticos voluminosos de hasta 15 m de espesor, depósitos de explosión rasantes (surges) y más aisladamente tobas de caída libre.

Hay horizontes de hasta 20 m de espesor en donde alternan depósitos de flujos piroclásticos delgados y surges.

En algunas de las unidades ignimbríticas se puede distinguir una zona basal de textura fina y un horizonte de concentración en líticos con gradación normal de los mismos. En general los depósitos de ignimbrita tienen diferente grado de soldamiento y contenido variable de líticos.

De acuerdo con Larson (op. cit.), la matriz de estas unidades de flujo está compuesta de una asociación de cuarzo, albita, sericita, smectita, arcilla en menor cantidad y calcita. La clorita en color verde brillante está presente como producto de alteración o reemplazamiento de fragmentos de rocas y minerales más máficos. Se aprecian rasgos de desvitrificación de la matriz en estructuras megascópicas como esferulitas que también se observan al microscopio.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

Sobreyace discordantemente a la Riolita Bufo, al Conglomerado Guanajuato o directamente al Basamento Mesozoico y subyace discordantemente a la Andesita Cedro.

EDAD

Su edad está dada por sus relaciones estratigráficas entre la Riolita Bufo (37.0 ± 3.0 m.a.) y la Andesita Cedro (32.9 ± 1.6 m.a.).

ORIGEN

De acuerdo con Larson, (1995)¹ el origen de esta formación es volcánico y forma parte de un primer ciclo de magmatismo voluminoso que ocurrió en la región durante el Oligoceno Temprano.

De acuerdo con Labarthe Hernández et al, (1996), el problema de la interpretación de este depósito radica en que la matriz de las rocas presenta un alto grado de alteración, debido a que su permeabilidad efectiva es relativamente alta respecto a las formaciones sub y sobreyacentes lo que le permitió mayor grado de circulación de fluidos hidrotermales. Es necesario un muestreo más exhaustivo de la Formación para que el estudio petrográfico realmente señale el verdadero origen de ella.

ANDESITA CEDROS

DEFINICION

Guiza (1949), la menciona simplemente como "Andesita" y posteriormente Echegoyen et al (1970), usan el término de Formación Cedro y se considera su localidad tipo en el poblado del mismo nombre.

¹ En Labarthe Hernández et al., 1996.

DISTRIBUCION

Aflora en la porción central del Distrito Minero de Guanajuato, en Rosa de Castilla, en las inmediaciones de la zona de Carboneras y en la margen norte del Domo El Estaño.

Además se presenta una serie de diques de longitudes y anchos variables, que se encuentra hacia el poniente del Distrito, primordialmente. Otros afloramientos se encuentran al norte del Distrito en Villalpando .

LITOLOGIA Y ESPESOR

Roca de color gris oscuro, con 10-15% de fenocristales euedrales de plagioclasa de 2-6 mm y algunos piroxenos en una matriz de microlitos de plagioclasa y piroxenos.

El espesor es muy variable, debido a que en parte son derrames que tienen desde 10 m o más y en otros lugares son diques y cuerpos hipabisales. Su espesor medido de secciones geológicas varía de 20 a 50 m.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

Subyace a la Riolita Chichíndaro y descansa predominantemente sobre la Formación Calderones y en algunos casos sobre la Riolita Bufa. Asimismo intrusión a la secuencia estratigráfica del Distrito, quedando colgantes de las Formaciones La Bufa y Calderones sobre la andesita. También se localiza un sinnúmero de diques que cortan a la secuencia preexistente.

EDAD

Una determinación por K/Ar efectuada en roca total de una muestra de esta unidad en la localidad de Ojo de Agua de Calvillo dio una edad de 32.9 ± 1.6 m.a.

RIOLITA CHICHINDARO

DEFINICION

Guiza (op. cit.), al referirse a la roca que aflora en el cerro de Chichíndaro la nombra como riolita y la describe como una roca de textura fluidal o esferulítica de la variedad retinita, con alto contenido de sílice. Se presenta en la intersección de dos grandes fracturas que son la Veta madre y la Falla del Amparo. Antúnez Echegaray (1964) en la Monografía histórica y minera sobre el Distrito de Guanajuato tomó como base los estudios de Bostford, c. w. (1909) y Wandke, A. (op. cit.) y presentó a la Riolita Chichíndaro como pórfido cuarcífero de estructura perlítica y cristales grandes de cuarzo. Cepeda Dávila (1967) nombró a las rocas que afloran en el cerro de Chichíndaro, Rosa de Castilla y Cerro Alto de Villalpando como Formación Chichíndaro y lo separa en tres miembros, 1) derrame con esferulitas, 2) corriente riolítica con fenocristales de cuarzo y 3) tobas de color blanco grisáceo y la ubica en las rocas volcánicas del Pleistoceno. Gross, (1975) incluye al Cerro de Chichíndaro, Cerro Alto de Villalpando y Cerro Rosa de Castilla dentro de la Formación Chichíndaro, con el método K/Ar se obtuvo una edad de 32.2 ± 1.0 m.a.

Duarte Barraza (1979a) utilizó el nombre de Formación Chichíndaro para rocas riolíticas esferulíticas de color rosado que representan la última actividad volcánica del distrito, Labarthe Hernández et al (1995) utilizan el nombre de Formación Chichíndaro para nombrar al conjunto de rocas riolíticas que afloran en toda la cordillera de la Sierra de Guanajuato, desde la zona de Rancho de Enmedio en el norte, hasta la Sierra de Misterio del Chorro en el sur. En el

Distrito Minero de Guanajuato, separan la riolita en varias unidades que corresponden a varios eventos que originaron una serie de domos riolíticos secuentes.

DISTRIBUCION

Aflora en el cerro del mismo nombre, en una franja alargada que va al oriente del Distrito; al NE y E de la mina Tajo de Dolores, en la mina El Cubo; el cerro del Nayal y en la parte sur del distrito en el área de Mesa Paredes-Arroyo Angostura del Coyote y en la franja comprendida entre Carboneras y San Juan del Rodeo. Otros afloramientos se localizan al norte del Distrito. También existe una serie de pequeños domos con dimensiones de 50-500 m de ancho, en la zona de ojo de Agua de Medina, Mesa Cuata, Copenhague y Presa La Esperanza.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Es una roca de color gris rosáceo, de textura porfírica, de 10-15% de fenocristales anedrales de cuarzo, eudrales de sanidino y biotita alterada a óxidos de hierro. Su matriz está desvitrificada, con esferulitas pequeñas, pero también llega a encontrarse parcialmente vítrea. Es común encontrarla silicificada algo argilizada y cloritizada y con frecuentes vetillas y manchones de óxidos.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

La Riolita Chichíndaro presenta relaciones intrusivas con el Conglomerado Guanajuato, la Formación Calderones y la Andesita Cedro y se encuentra descansando sobre la Riolita Bufo, Formación Calderones, Andesita Cedro y algunos afloramientos volcánicos.

EDAD

Su edad fue determinada por Gross (1975), por el método de K/Ar en 32 ± 1.0 m.a. Posteriormente Nieto et al.,(1995) presentan dos determinaciones por K/Ar con edades de 30.8 ± 0.8 m.a. y 30.1 ± 0.8 m.a.

ROCAS INTRUSIVAS

INTRUSIVO PEREGRINA

DEFINICION

Echegoyen-Sánchez et al, (op. cit.) describieron por primera vez a esta unidad como un cuerpo intrusivo compuesto por rocas ácidas de grano grueso que aflora en las cercanías de la mina Peregrina.

DISTRIBUCION

Aflora hacia la porción central norte del Distrito; su mejor exposición se encuentra en las inmediaciones de la Mina de Peregrina y en la presa del mismo nombre. Además de su afloramiento principal, esta unidad presenta varios diques, en su mayoría silicificados.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Se trata de una roca de color gris a pardo de textura holocristalina, porfirítica con 10% de fenocristales euedrales de 2 a 5 mm de plagioclasa y sanidino y en menor proporción cristales anedrales de 1 a 2 mm de cuarzo, en una matriz cristalina de grano fino. Presenta ferromagnesianos aislados convertidos a óxidos de hierro. Al microscopio se observa que los fenocristales son en su mayoría de albita con gemelado polisintético, con algunos de sanidino y de cuarzo. La matriz es un agregado de cuarzo y feldespato potásico.

El intrusivo Peregrina se presenta, generalmente, alterado con argilización, silicificación y en menor grado presenta clorita, epidota y óxidos de hierro. Cerca de las minas de Peregrina y La Rampa, piritita.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES

El problema principal radica en la relación estratigráfica entre el Intrusivo Peregrina y la Riolita Chichíndaro, pues en la zona en que ambas están en contacto, las rocas están silicificadas y argilizadas. El único dato que se tiene es que al oriente de la mina La Rampa, aparece un vitrófido del Intrusivo Peregrina con foliación vertical, que sugiere que se trata de la margen congelada del Intrusivo Peregrina intrusionando a la Riolita Chichíndaro.

Intrusiona también al Conglomerado Guanajuato y a la Formación Calderones, llegando a tener colgantes de esta unidad.

EDAD

Su edad dada por sus relaciones estratigráficas resulta post-Calderones y posiblemente post-Chichíndaro, se asigna al Oligoceno.

4.1. 2. Geología Estructural Regional

Se han hecho varias interpretaciones sobre el sistema estructural que se presenta en la Sierra de Guanajuato, desde Nieto Samaniego (1990 (1992)), Nieto Samaniego, García Dobarganes y Aguilar Maese,(1992), Randall et al.,(1994), Henry y Aranda, (1992)¹ hasta Martínez Reyes, (1995)². Nieto Samaniego et al. 1990 (1992) proponen que los sistemas de fallas en el Distrito representan patrones complejos de fallas normales desarrollados en 5 fases de fallamiento y agrupados en dos conjuntos de edades distintas: uno desde el Paleoceno-Eoceno hasta fines del Oligoceno temprano y el otro del Plioceno-Pleistoceno. Nieto Samaniego, García Dobarganes y Aguilar Maese,(1992) proponen que las fallas mayores y profundas constituyen límites de bloques: 12 y Cervantes Sánchez, (1988) propone 18 límites de bloques a través de los cuales ha habido, en el Cenozoico principalmente, movimiento vertical entre los bloques, pero también desplazamientos horizontales cortos entre ellos (Nieto Samaniego et al, 1992).

También se han analizado en forma detallada, los sistemas de vetas que se presentan en algunas minas del distrito, los informes presentados permanecen inéditos pues pertenecen a las compañías mineras. Henry y Aranda Gómez (op. cit.) asignan las fallas mayores al desarrollo de la Provincia Basin and Range que se presenta en el surponiente de E. U. A. y norte y centro de la República Mexicana. Randall et al., (1994), hicieron un análisis de la distribución de las rocas volcánicas y patrones estructurales que controlan la mineralización e interpretaron un modelo de caldera para la mineralización en Guanajuato (Labarthe Hernández et al, 1996).

De acuerdo con Labarthe Hernández et al., (1995, 1996), se ha documentado que la falla mayor de los sistemas asociados a ellas (Sistemas de vetas de La Sierra y La Luz), presentan estrías horizontales y sobreimpuestas a éstas, además se observa otro juego de estrías características de desplazamiento vertical. La acumulación de material en el plano de falla indica un movimiento lateral izquierdo. Labarthe Hernández et al., (1996) señalan que el hecho de que se hayan podido documentar estrías horizontales a lo largo de la Veta Madre en la porción noroeste, central y sureste de la misma, indica que es una expresión generalizada en el Distrito y representa un rasgo tectónico de importancia que no se había tomado en cuenta en su conjunto. Randall et al.,(1994), ya habían señalado que la inflexión mayor de la Veta Madre entre las minas de Rayas y Sirena está marcada por el emplazamiento de un domo riolítico en un lazo sigmoide. Otros cuerpos de la Riolita Chichíndaro parecen haberse emplazado en este tipo de estructuras en el Distrito.

La secuencia de eventos que conformaron el sistema estructural presente en la Sierra de Guanajuato es compleja y atendiendo sólo el fallamiento normal Aranda Gómez y Nieto Samaniego, (1989) proponen 4 eventos y Nieto Samaniego, (1995), propuso 5 eventos (Labarthe Hernández et al, 1996).

De acuerdo con Randall et al. (1994) se tiene la siguiente tectónica regional:

-Las rocas más antiguas en la Sierra de Guanajuato son unidades ígneas Mesozoicas alóctonas. La más temprana compresión tuvo lugar después del Albiano, tomando como base los contactos tectónicos y la foliación subhorizontal penetrativa en el complejo plutónico y fue seguida por la compresión Larámide, la cual afectó todas las unidades litológicas Mesozoicas. Lo que dio como resultado la formación de un gran anticlinal de tendencia noreste en la parte norte de la Sierra de Guanajuato y sus correspondientes pliegues, zonas miloníticas, fallas inversas y esquistosidad.

-En el Cenozoico, los clásticos continentales y la cubierta volcánica no fueron afectados por tectonismo compresivo y el granito Comanja (Paleoceno) es post-tectónico, probablemente. Más tarde se desarrollaron estructuras extensionales en arreglos perpendiculares.

¹ En Labarthe Hernández et al, op. cit.

² En Labarthe Hernández et al, op. cit.

El Distrito Guanajuato se localiza al sur de la intersección del Graben de Villa de Reyes y la Falla del Bajío (alineamiento noroeste).

La Falla del Gigante que corta a la Veta Madre en su extremo norte, puede ser parte del alineamiento noreste (graben). El alineamiento noroeste está claramente definido por la Falla de Veta Madre y fracturas paralelas, incluyendo la Falla del Bajío que define la morfología de la Sierra de Guanajuato a través de su margen suroeste. Otras fallas se presentan en la margen sur del valle de Ibarra al norte y las fallas de Aldana, Amparo y Campuzano al sur. La falla de Campuzano limita el Graben de la Saucedá en su extremo norte.

De acuerdo con Randall et al (1994) se tienen 4 direcciones de fallamiento bien definidas (para mayor referencia ver figura 4.2. pag.18):

1. Rumbo NW con echado al SW. Incluye la Veta Madre, La Loca, Villalpando, Dolores y Pastora-Fortuna, este arreglo de vetas controla las principales vetas productoras de plata en el Distrito.
2. Rumbo Este-Oeste con echado Norte o Sur. Corta por lo general a las vetas del arreglo 1. Incluye la Zona de Cizalla Caballeros y la Fractura Albertina o el Alto de Villalpando.
3. Rumbo NE y echado usualmente al sur. Las principales estructuras con oro son las vetas transversales (transversales a las vetas ricas en plata). Se presentan predominantemente en la parte este del distrito.
4. Rumbo Norte-Sur con echado al este u oeste. Estas fallas contienen pequeñas vetas que cortan la serie transversal y la enriquecen especialmente en oro.

4. 2. GEOLOGIA LOCAL (Dique Agua Verde).

Como resultado de los estudios regionales hechos por personal de la oficina de Estudios Especiales de Peñoles en 1997, se determinó que el Dique Agua Verde era un buen blanco de exploración debido principalmente al entorno geológico existente y a la cercanía de zonas mineralizadas al área de estudio. Por lo que se realizaron trabajos geológicos en la zona con el fin de detectar cuerpos con mineralización económica susceptible de ser explotada a escala comercial.

El autor de este estudio realizó un muestreo y cartografía detallada de la zona con el fin de establecer las características estructurales del Dique Agua Verde y su relación con la mineralización existente en el área.

4.2.1. Definición

El Dique Agua Verde se conoce desde los primeros trabajos de exploración en la zona de Vetas de la Sierra, pero se cartografió y se mencionó como un dique que pertenecía al mismo evento que dio origen al Intrusivo Peregrina, por lo que solo se hace mención de este como un ramaleo de dicho intrusivo. Los trabajos de exploración de Compañía Minera Las Torres en el área, lo tienen localizado básicamente sobre el cauce del arroyo que parte de la Presa de Peregrina, además de contarse con el registro de pequeños vetillos de cuarzo en el área, que pertenecen a estructuras mineralizadas que afloran en la zona (Sistema de Vetas de la Sierra).

Los resultados del presente estudio demuestran que el Dique Agua Verde es posterior a los eventos que dieron origen al Intrusivo Peregrina, pues en el campo se pudo determinar de acuerdo a sus relaciones estratigráficas que el Dique Agua Verde corta afloramientos de dicho intrusivo.

4.2.2. Localización y vías de acceso

El Dique Agua Verde se encuentra localizado, aproximadamente, a 5 km en línea recta de la ciudad de Guanajuato, con un rumbo de N78E.

Se llega a los afloramientos de este cuerpo intrusivo por la carretera panorámica de Guanajuato por el camino que va a las minas de Torres y El Cubo, tomando la desviación hacia la mina de Peregrina, hacia la Presa del mismo nombre para verlo en su extremo norte o desviándose hacia el Socavón San Alberto para poder apreciarlo en su extremo sur. Los afloramientos más fáciles de identificar se localizan en el lecho del arroyo que parte de la Presa Peregrina, y son intersectados por este en 4 puntos que además corresponden a zonas con vetillo de cuarzo-calcita de rumbo NW-SE (Vetas de la Sierra).

4.2.3. Datos generales

Sus coordenadas geográficas son 2 325 770 Norte y 670 340 Oeste hasta 2 326 450 Norte y 671 445 Oeste.

Presenta variaciones en su altitud teniendo como máxima 2,370 msnm y mínima 2,250 msnm.

Dimensiones: longitud aproximada de 1.5 km con un rumbo preferencial NW 30 SE con un ancho variable de 1 hasta 4 m de espesor.

La coloración del dique varía de gris claro a verdoso hasta coloraciones verdosas en diferentes tonalidades.

Los afloramientos de este cuerpo intrusivo son escasos y en donde se encuentra mejor expuesto es sobre el lecho del arroyo Peregrina; sobre los cerros se puede seguir la traza y sólo se visualizan fragmentos del dique que en muchos de los casos se encuentran in situ por lo que es

relativamente fácil seguirlo a través de estas elevaciones y sobre el lecho del arroyo. La vegetación y la capa de suelo dificultan un poco el mapeo de la zona.

En la mineralogía del dique a simple vista se pueden apreciar algunos fantasmas de plagioclasas alteradas a arcillas, también es posible apreciar algunos cristales cúbicos de pirita que en ocasiones se encuentran alterados a óxidos de Fe (hematita-limonita), principalmente en las zonas que están en contacto con la roca encajonante. Además es posible observar gran cantidad de ojos de cuarzo de hasta 1 mm de diámetro y en ocasiones es posible distinguir algunas micas (biotita).

En las alteraciones existentes se tienen principalmente: la propilitización que se puede observar a simple vista y se manifiesta por la presencia de clorita, calcita y pirita a lo largo del dique; la clorita es la que tiene una mayor expresión y la pirita se presenta en forma de cubos de tamaño milimétrico. Oxidación presente básicamente como producto de la alteración de los minerales máficos y de la pirita presentes en el dique, principalmente hematita; este tipo de alteración se presenta también en las zonas de contacto con las rocas encajonantes. Argilización, presente como resultado de la alteración de las plagioclasas a minerales arcillosos, principalmente sericita. Y la silicificación, muy incipiente, principalmente, en los afloramientos que se encuentran en el arroyo de Peregrina.

En cuanto al sistema de vetillas aflorantes en el área de estudio, estas pertenecen al Sistema de Vetas de la Sierra, que engloba a las vetas que se encuentran en explotación en las minas de Peregrina y El Cubo. Su expresión en la zona se limita a pequeños hilillos de cuarzo-calcita de hasta 2 cm de ancho, que en algunas ocasiones pueden contener cuarzo amatista (para mayor detalle del sistema de vetas ver la fig. 4.3.), presentan un rumbo general NW 20-40SE con echado al W. Cabe señalar que en la zona de estudio aún no se tienen obras mineras que intersecten este sistema de vetillas. De acuerdo con estudios e interpretaciones realizadas por Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. estas corresponden a las vetas conocidas como Falla del Cubo, Bajo del Cubo, Santa Teresa y San Alberto, algunas de las cuales son explotadas en Compañía Minera del Cubo hacia el sureste del área de estudio. (Debido a que este sistema de vetas no es el objetivo principal de este trabajo, no se hicieron mayores observaciones)

En la **figura 4.3.** se presenta la geología del área de estudio y se pueden apreciar las relaciones estratigráficas y estructurales existentes entre el Dique Agua Verde, las vetas aflorantes en el área y las rocas encajonantes.

Básicamente en el área afloran 3 formaciones: Conglomerado Guanajuato, Fm. Calderones y el Intrusivo Peregrina.

Las descripciones generales de cada una de estas unidades se encuentran en el apartado de geología y aquí se presenta sólo un pequeño resumen de cada una de ellas:

CONGLOMERADO GUANAJUATO. Se caracteriza por presentar afloramientos de coloración verde a rojiza, que presenta estratificación delgada a gruesa, con fragmentos de rocas básicas y de flujos piroclásticos, angulosos a subangulosos del tamaño de guijas en una matriz arenosa de coloración rojiza, básicamente.

El color verde es característico de una alteración propilitica, (principalmente clorita) aunque algunos fragmentos de feldspatos presentan argilización incipiente.

En la zona de estudio las zonas de contacto con otras formaciones son difíciles de apreciar, y sólo se ha inferido un contacto discordante con la Fm Calderones, debido principalmente a una zona de falla.

La secuencia conglomerática se encuentra cortada por el intrusivo Agua Verde y se encuentra expuesta en el extremo SW del área.

FM. CALDERONES. Se encuentra expuesta en la porción central y centro-norte del área, su coloración es verdosa y principalmente son fragmentos andesíticos que representan tobas de caída libre y "surges". La coloración verdosa es característica de esta unidad como consecuencia de la gran concentración de clorita y minerales de alteración propilitica que se tienen en esta formación.

La Fm Calderones se encuentra intrusionada por el Dique Agua Verde y se pueden apreciar en sus contactos zonas con estriaciones casi verticales.

INTRUSIVO PEREGRINA. Se trata de una secuencia de composición riolítica de color rosado, porfídica, ligeramente argilizada. Se encuentra expuesta en la zona en el extremo N, cerca de la Presa de Peregrina, aunque sus contactos con las otras rocas no se encuentran bien definidos.

El intrusivo Peregrina a su vez se encuentra intrusionado por el Dique Agua Verde y este se pudo observar en las áreas visitadas, se aprecia en el campo como este dique corta las rocas riolíticas del intrusivo, además de que se encuentra más compacto y ligeramente silicificado.

4.2.4. Petrología del Dique Agua Verde

El Dique Agua Verde se estudió con diferentes técnicas con el fin de determinar su naturaleza, origen y composición. Las técnicas que se seleccionaron debido principalmente a la cantidad de información que podían aportar y a su accesibilidad fueron: petrografía, difracción de rayos X y análisis químicos.

Las muestras para cada técnica fueron seleccionadas, basados únicamente en que tuvieran una separación longitudinal equidistante entre muestra y muestra, para ver si existían variaciones a diferentes distancias.

Petrografía

Se realizó la preparación de láminas delgadas en el taller de laminación del Instituto de Geología de la UNAM. Estas láminas fueron estudiadas en el laboratorio de mineralogía de la Facultad de Ingeniería con un microscopio petrográfico marca Karl Zeiss y a continuación se muestra un pequeño resumen con los resultados obtenidos. Las descripciones petrográficas detalladas se presentan en el **apéndice A**.

De la petrografía de láminas delgadas se observó la siguiente composición mineralógica:

Plagioclasas (andesina, labradorita, bitownita), cuarzo, micas (biotitas), calcita y minerales opacos. También se pudieron observar algunos cristales de zircón, esfena y apatito.

El cuarzo se presenta en cristales anedrales asociado a calcita, como vetillas en una matriz ligeramente silicificada o bien en forma de esferulitas (calcedonia). Se aprecian cristales de cuarzo a escala macroscópica y microscópica.

Como minerales de alteración se pueden observar: clorita, sericita, calcita

De las plagioclasas se tienen agregados con parcial a total reemplazamiento a sericita y calcita.

De acuerdo con estos datos aparentemente se trata de un **intrusivo de composición intermedia** con ligera silicificación, fuerte propilitización y argilización. La alteración hidrotermal que presenta el intrusivo puede enmascarar su composición original, por lo que no se puede afirmar categóricamente la naturaleza primaria del dique.

Difracción de Rayos X

Del análisis mineralógico hecho con difracción de Rayos X en el Instituto de Geología de la UNAM por el Dr. Liberto De Pablo con un difractómetro de Rayos X Siemens 5000 se tiene los siguientes resultados:

<i>MUESTRA</i>	<i>MINERALOGÍA</i>
74108	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita, illita, clorita
74118	cuarzo, plagioclasa, sanidino, smectita, clorita/smectita
74131	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita
74138	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita, clorita, illita/smectita
74153	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita, illita/smectita, illita
74166	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita, illita/smectita
74179	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita
74181	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita, smectita, illita
74188	cuarzo, plagioclasa, clorita/smectita, illita

TABLA 4.1. RESULTADOS DE ANALISIS MINERALOGICO CON DIFRACCION DE RAYOS X

Las gráficas correspondientes se muestran en el **apéndice B**

De acuerdo con el análisis hecho en el Instituto de Geología se reportan diversas plagioclasas, lo cual fue verificado con la petrografía en donde se observó que las plagioclasas existentes principalmente eran labradorita-bitownita; en la muestra 74118 se reportó sanidino y microclina. De los minerales arcillosos se reportan illita –montmorillonita, smectita y clorita, así como diversas arcillas interestratificadas como se observa en la tabla. La presencia de minerales como la microclina señalan una composición alcalina.

Las alteraciones como la clorita-smectita indican una alteración hidrotermal así como el paso de un fluido mineralizante, además se pueden utilizar como geotermómetros.

Estudios de Elementos Mayores y Elementos Traza

Para conocer las características químicas del Dique Agua Verde, se analizaron 9 muestras por elementos mayores y elementos traza por Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X- LUGIS en el Departamento de Geoquímica del Instituto de Geología de la UNAM por la Quím. Patricia Girón. Para esto se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, marca Siemens SRS 3 000 con tubo de rhodio, y se hicieron las correcciones por efecto de matriz y efecto interelemental de acuerdo al programa SPECTRA 3000.

Los resultados se muestran en las Tablas 4.2. y 4.3.

ELEMENTOS MAYORES												
No. de muestra	SiO2	Al2O3	TiO2	Fe2O3	CaO	MgO	MnO	P2O5	Na2O	K2O	PXC	SUMA
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
74108	68.94	15.29	0.55	3.4	1.39	0.52	0.16	0.12	1.96	4.21	3.02	99.56
74118	64.91	17.04	0.6	3.85	0.32	0.53	0.16	0.12	0.92	9.73	1.88	100.06
74131	66.13	17.52	0.63	3.53	0.41	0.44	0.1	0.13	2.6	5.31	2.41	99.21
74138-B	68.05	14.96	0.55	3.57	2.13	0.78	0.09	0.11	2.82	3.43	3.38	99.87
74153	69.13	14.01	0.51	3.12	2.72	1.21	0.05	0.11	2	2.16	4.81	99.83
74166-B	65.38	15.02	0.55	3.33	3.34	0.57	0.08	0.12	2.45	4.27	4.43	99.54
74179	65.77	15.65	0.57	3.71	3.11	0.52	0.12	0.12	3.11	2.67	4.44	99.79
74181-B	66.28	15.97	0.54	3.61	2.46	0.51	0.16	0.11	1.97	3.8	4.51	99.92
74188	67.44	15.71	0.56	3.57	2.33	0.55	0.15	0.12	1.97	4.7	3	100.01
Análisis de Elementos Mayores en muestra fundida con el programa MIRVOD.CAN												
Realizado en el Instituto de Geología, UNAM.												

TABLA 4.2. ELEMENTOS MAYORES POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (I.G. UNAM)

ELEMENTOS TRAZA														
No. de muestra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Th	Pb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
74108	135	256	1458	22	193	8	61	67	7	6	33	345	4	105
74118	306	53	2032	18	174	5	65	27	9	1	12	535	2	41
74131	157	141	1709	19	208	8	76	33	9	8	80	297	2	68
74138-B	96	286	1176	23	183	7	70	47	9	8	28	238	8	41
74153	57	203	501	26	188	7	67	35	10	11	24	99	13	13
74166-B	115	334	1212	24	192	6	64	49	7	3	18	246	6	43
74179	79	196	423	25	207	9	71	39	9	8	25	342	6	55
74181-B	126	189	778	24	201	9	65	45	9	6	25	377	4	99
74188	147	256	830	37	196	6	64	61	9	6	27	712	4	72
Los Elementos Trazas se analizaron en muestra prensada con el programa TRAZAS.CAN														
Realizado en el Instituto de Geología, UNAM.														

TABLA 4.3. ELEMENTOS TRAZA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (I. G. UNAM)

Además se cuenta con los resultados de 6 muestras que fueron analizadas por Fluorescencia de Rayos X en los Laboratorios de Bondar Clegg y 14 muestras que se analizaron por Tierras Raras, realizados por INAA, en dichos laboratorios.

Los resultados se muestran en las Tablas 4.4. y 4.5.

Muestra No.	Este	Norte	SiO2/XRF (0.01%)	TiO2/XRF (0.01%)	Al2O3/XRF (0.01%)	Fe2O3/XRF F (0.01%)	MnO/XRF (0.01%)	MgO/XRF (0.01%)	CaO/XRF (0.01%)	Na2O/XRF (0.01%)	K2O/XRF (0.01%)	P2O5/XRF (0.01%)	LOI	Total	Cr2O3/XRF F (0.01%)
74137	270665.59	2326043.27	64.7	0.54	14.67	3.08	0.08	0.61	3.86	2.93	3.52	0.14	5.4	99.55	0.02
74138	270736.79	2326065.86	67.53	0.52	14.74	3.45	0.08	0.78	2.09	3.49	3.21	0.13	3.75	99.79	0.02
74151	270342.65	2325777.29	65.74	0.55	15.49	3.33	0.05	1.38	3.65	2.95	2.14	0.15	5.1	100.54	-0.01
74161	270502.76	2325972.31	68.18	0.67	15.02	4.45	0.08	1.55	0.88	7.03	0.13	0.16	2.1	100.23	-0.01
74166	270609.07	2326022.09	66.16	0.55	15.51	3.22	0.07	0.57	3.15	3.04	4.19	0.18	4.23	100.86	-0.01
74181	271295.59	2326398.04	67.17	0.54	15.22	3.14	0.14	0.46	2.3	2.59	3.52	0.13	4.99	100.21	0.01

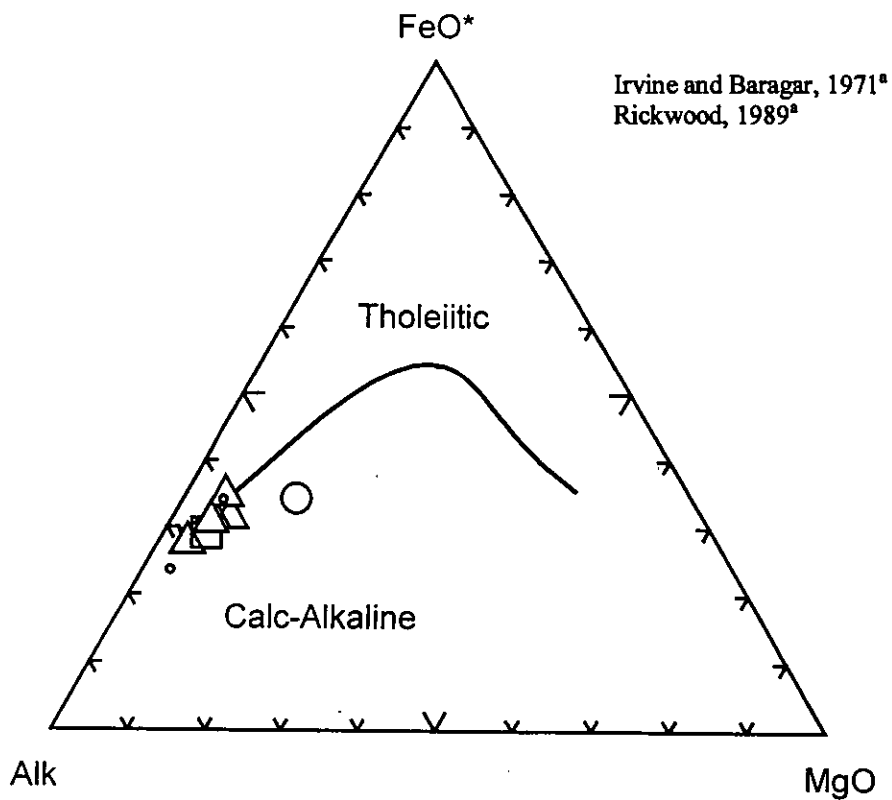
TABLA 4.4. ELEMENTOS MAYORES POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (BONDAR CLEGG)

Este		Norte		Ca/NAA (2 ppm)	Eu/NAA (0.5 ppm)	La/NAA (1 ppm)	Lu/NAA (0.2 ppm)	Nd/NAA (10 ppm)	Sc/NAA (0.1 ppm)	Sm/NAA (0.1 ppm)	Tb/NAA (1 ppm)	Tm/NAA (0.5 ppm)	U/NAA (1 ppm)	Yb/NAA (1 ppm)	Ce/NAA (0.5 ppm)	Pr/NAA (0.5 ppm)	Ta/NAA (1 ppm)
74101	271131.84	2326305.9	60.00	1.1	27	-0.2	29	6.8	4.9	-1	8.5	5	-1	31	4.8	-1	
74103	271128.99	2326310.6	52.00	1.1	26	0.3	25	12	4.6	-1	5.8	2	2	26	4.3	-1	
74104	271134.55	2326301.48	58	1.1	27	-0.2	30	6	4.8	-1	6.1	4	-1	30	4.3	-1	
74105	271136.11	2326298.64	57	1	27	-0.2	31	6.3	4.9	-1	8	4	-1	33	4.3	-1	
74106	271164.42	2326314.93	41	0.8	21	0.3	22	10.6	3.5	-1	6	3	2	16	4	-1	
74114	271011.55	2326219.68	47	1.1	26	0.3	28	10	4.9	-1	5.5	3	2	23	4.1	-1	
74120	270941.61	2326157.47	56	1	25	-0.2	24	6.9	4.1	-1	8.8	4	-1	32	4.7	-1	
74127	270727.93	2326059.41	60	1.1	27	-0.2	29	6.6	4.8	-1	8.5	4	-1	35	4.6	-1	
74137	270665.59	2326043.27	55	1	27	-0.2	24	6.3	4.5	-1	8.5	4	-1	27	4.1	-1	
74138	270736.79	2326065.86	59	1.1	31	-0.2	27	6.2	5	-1	8.6	4	-1	34.6	4.1	-1	
74151	270342.65	2325777.28	55	1	25	-0.2	24	6.4	4.4	-1	9	4	-1	14	4.1	-1	
74161	270502.76	2325972.31	34	1.8	14	0.9	28	10	6.7	-1	2.3	-1	6	2.3	6.6	-1	
74166	270609.07	2326022.08	57	1.1	30	-0.2	27	6.1	4.9	-1	8.7	4	-1	29	3.9	-1	
74181	271295.59	2326398.04	67	1.3	36	-0.2	33	6.7	5.5	-1	9	4	-1	29	4.3	-1	

TABLA 4.5. TIERRAS RARAS DETERMINADAS POR INAA (BONDAR CLEGG)

De los resultados obtenidos con elementos mayores se trató de clasificar al Dique Agua Verde con el paquete de programas conocido como IGPET, el cual al alimentar los resultados, lo clasificó como un dique de composición **dacítica calcialcalino**, lo cual señala la fuerte presencia de CaCO_3 y álcalis en la composición de la roca. Los resultados de la petrografía que señalan la presencia de plagioclasas de tipo cálcico (labradorita-bitownita), muestran una naturaleza más básica del intrusivo, por lo que es necesario hacer estudios más detallados para determinar la composición original del dique. Cabe señalar que debido al alto grado de alteración hidrotermal que presenta este cuerpo intrusivo, los resultados obtenidos pueden presentar variaciones importantes pero debido a que no se cuenta con otros estudios similares en la zona, esta clasificación se puede tomar como una primera aproximación tendiente a clasificar este tipo de cuerpos intrusivos en el Distrito Guanajuato y no se puede descartar para futuras interpretaciones de la evolución geológica del área. Además, estos resultados corroboran los datos obtenidos con la difracción de rayos X en donde se señaló la presencia de minerales de composición alcalina. Las gráficas obtenidas con el programa IGPET se muestran en las **figuras 4.4. y 4.5.**

Para las tierras raras se tienen los siguientes resultados que se presentan en las **figuras 4.6. y 4. 7.** en donde es posible observar la firma geoquímica del dique Agua Verde. Se tiene una tendencia de disminución de tierras raras ligeras, que de acuerdo con Ortega O., A. et al. (1998), es mayor en las zonas con altos contenidos de oro en lo que corresponde al Distrito Guanajuato en general.

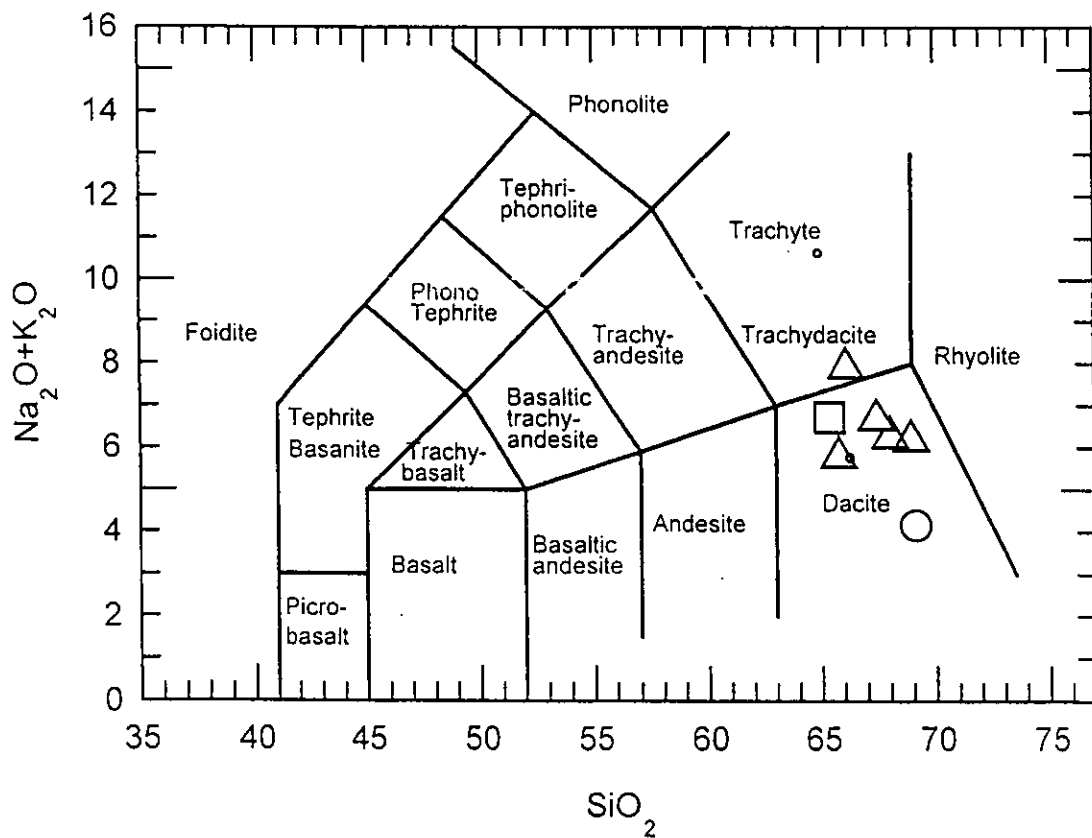


Servicios Industriales Peñoles

4.4. Clasificación de rocas ígneas de acuerdo al porcentaje de Al, (Fe + Ti) y Mg presentando los campos toleítico y calcoalcalino.

^a in Rollinson, H., 1993

Lemaître et al, 1989^a



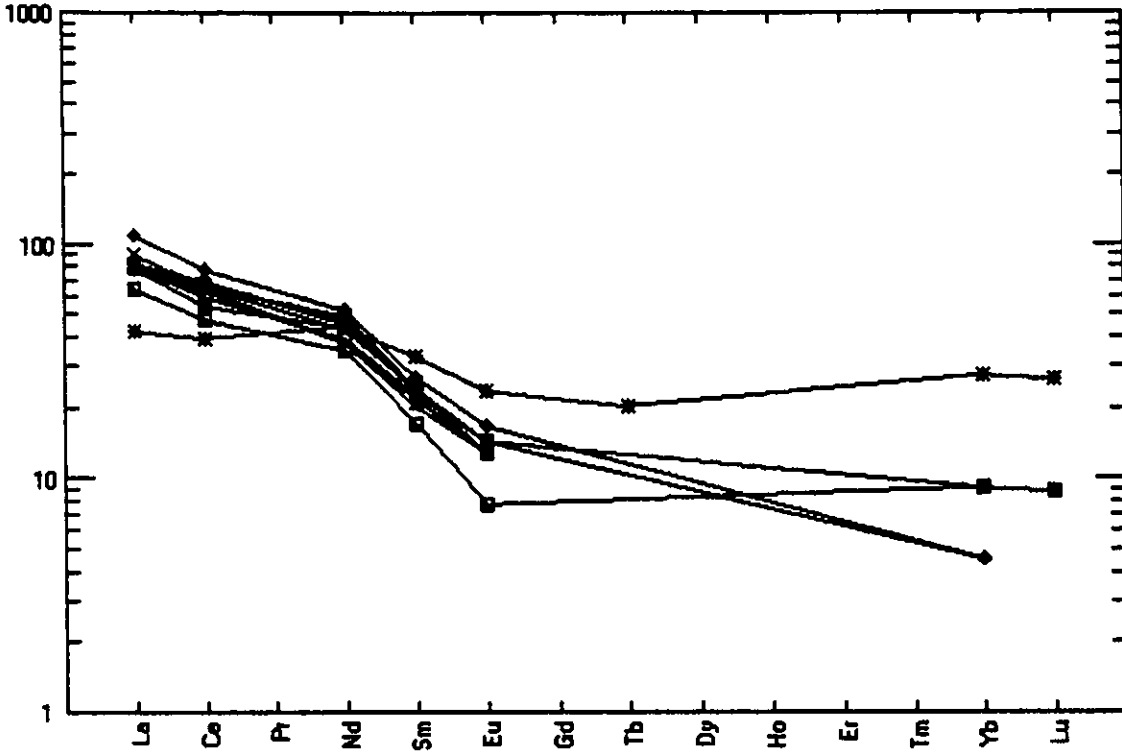
4.5. Clasificación química y nomenclatura de rocas volcánicas usando álcalis total vs. Sílica (TAS). Diagrama que muestra la ubicación del Dique Agua Verde en el campo de las dacitas.

^a in Rollinson, H., 1993

PRIMITIERARA.ROC

Norm: SUN

○74101 ●74103 ●74104 □74105 ■74106 ■74114 ▲74120 ▲74127 ▼74137 ▼74151 *74161 ×74166 ◆74181



PRIMITIERARA.ROC

Norm: PRIM

○74101 ●74103 ●74104 □74105 ■74106 ■74114 ▲74120 ▲74127 ▼74137 ▼74151 *74161 ×74166 ◆74181

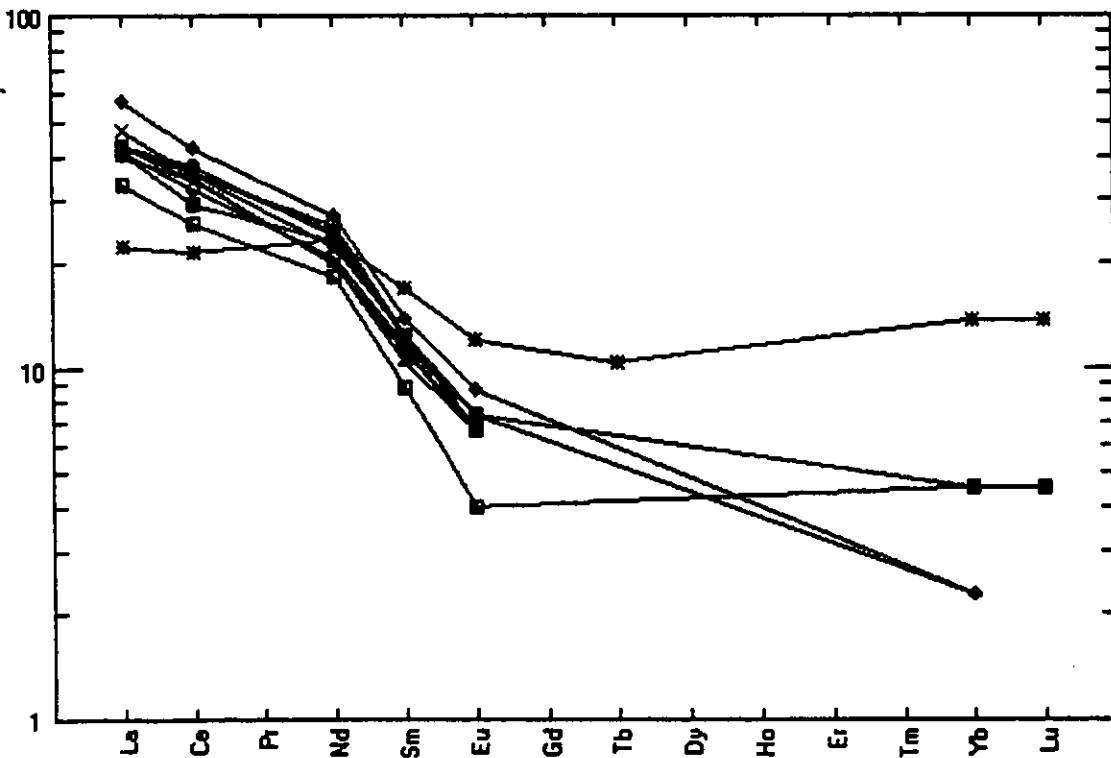


FIG. 4.6 y 4.7. Diagramas de Chondrita normalizados de la distribución de tierras raras en el Dique Agua Verde

4.2.5. Relaciones estratigráficas y estructurales

El Dique Agua Verde se encuentra en superficie intrusionando a tres formaciones principales:

Conglomerado Guanajuato
Formación Calderones
Intrusivo Peregrina

El Intrusivo Agua Verde como ya se ha dicho anteriormente intrusiona a la Formación Calderones, al Conglomerado Guanajuato y al Intrusivo Peregrina. Las relaciones entre estas formaciones no se pueden apreciar con exactitud en el campo debido a vegetación, pero si se puede inferir la zona de contacto entre ellas.

Además corta a la Veta Santa Teresa, la cual se encuentra expuesta con vetillos de pocos mm de ancho con cuarzo cristalino que en ocasiones sólo es posible observar la traza de dicha veta.

Es cortado por Falla del Cubo, Bajo de San Alberto y Veta San Alberto.

Los datos estructurales promedio y sus leyes se presentan en la **tabla 4.6.**

	ANCHO	RUMBO	ECHADO	Au g/t	Ag g/t
Veta San Alberto	3.24 m	N60 W	55 SW	1.30	380
Veta Santa Teresa	1.54 m	N40 W	75 NE	2.25	228
Falla del Cubo	1.56 m	N35 W	62 SW	2.05	569

TABLA 4.6. DATOS ESTRUCTURALES DE LAS VETAS QUE INTERSECTAN AL DIQUE AGUA VERDE

La **tabla 4.7.** muestra los datos tomados en el campo, de las estructuras más relevantes, obtenidos durante la exploración del Dique Agua Verde; cabe señalar que en algunas ocasiones sólo se pudo obtener el rumbo preferencial de las estructuras pues no se tenían afloramientos frescos y en buen estado de conservación para llevar a cabo estas mediciones.

MUESTRAS	ESTRUCTURA	RUMBO Y ECHADO	ANCHO
74126 - 74129	DIQUE	NE74SW NE80SW	2.85 m
74138, 74141-74142	DIQUE	NE86SW	1 m
	FALLA	NW38SE	
74140	VETILLA DE QZ	NE65SW	1 cm
74148	DIQUE	NE57SW	1.5 m
74150-74152	DIQUE	NE87SW	
		NE68SW	
74165	DIQUE	NE49SW	
		NE65SW	
74164	DIQUE	NE75SW 76 al W	3 m
74163	DIQUE	NE65SW	
74166	DIQUE	NE64SW	3 m
		NE72SW	
	FALLA	NW25SE 42 al W	
74115-74119	DIQUE	NE63SW	
74172	VETILLA DE QZ	NW21SE 89 al W	
74173	VETILLA DE QZ	NW27SE 56 al W	
	VETILLA DE QZ	NW39SE	
	VETILLA DE QZ	NW24SE 44 al W	
74174	VETILLA DE QZ	NW24SE 81 al W	
	VETILLA DE QZ	NW47SE	
74175	VETILLA DE QZ	NW22SE 78 al W	
74169	VETILLA DE QZ	NW42SE 65 al W	
74101, 74103-74105	DIQUE	NE59SW 83 al W	
74176	DIQUE	NE58SW 75 al E	
74177	DIQUE	NE65SW	
74178	DIQUE	NE69SW	

4.7. TABLA DE DATOS ESTRUCTURALES TOMADOS EN EL AREA DE ESTUDIO

Del análisis hecho con estos datos estructurales con el programa Fritznet en donde se realizaron configuraciones con Diagramas de Wulff, Schmidt y Rosa de los Vientos (**figuras 4.8., 4.9. y 4.10**) se pueden tener las siguientes conclusiones:

El dique Agua Verde presenta un rumbo preferencial de NE65SW

El sistema de vetas transversales (Falla del Cubo, Veta Santa Teresa, San Alberto y Bajo de San Alberto se presentan en un sistema preferencial NW25SE).

De acuerdo a los datos obtenidos en el campo, es posible reconocer dos sistemas de esfuerzos principales que son:

NW25SE que corresponde a un sistema de extensión que dio origen al emplazamiento del dique Agua Verde

NE65SW que corresponde a un sistema de extensión que dio origen al sistema de vetas anteriormente descrito

Se puede establecer que ambos sistemas de esfuerzos fueron activados en distintas épocas geológicas y esto se puede verificar con las observaciones realizadas en este estudio, aunque valdría la pena llevar a cabo estudios más minuciosos y a detalle.

Con base en las observaciones realizadas en el presente estudio se puede elaborar la siguiente hipótesis de historia estructural para la zona basados en las observaciones de campo y los datos estructurales que se obtuvieron:

1. Emplazamiento del intrusivo Peregrina
2. Periodo de fallamiento de rumbo N40W que dio origen a Veta Santa Teresa
3. Origen del Dique Agua Verde, periodo de fallamiento normal con desplazamiento lateral sinistral con rumbo NE65SW con extensión perpendicular (NW25SE) y posterior emplazamiento del Dique Agua Verde. Lo que se puede observar en la zona por el desplazamiento de Veta Santa Teresa.
4. Reactivación del fallamiento de rumbo N35-60W de tipo normal con desplazamiento lateral sinistral que se observa en el campo por el desplazamiento que muestra el dique y que dio origen a las mineralizaciones de Falla del Cubo y Veta de San Alberto.

Las **figuras 4.8., 4.9. y 4.10** muestran las relaciones estructurales que se obtuvieron en el campo y que se pudieron interpretar de acuerdo a los datos colectados durante el presente estudio.

Cabe señalar que estas observaciones tendrían que ser verificadas con un análisis estructural más detallado.

4.2.6. Edad

Se puede inferir para este cuerpo intrusivo, con base en sus relaciones estratigráficas y de acuerdo a la posición estratigráfica reportada para el intrusivo Peregrina que el Dique Agua Verde sea posiblemente del Oligoceno posterior al Intrusivo Peregrina.

Cursor off the Stereonet.


MULFF

N=2B

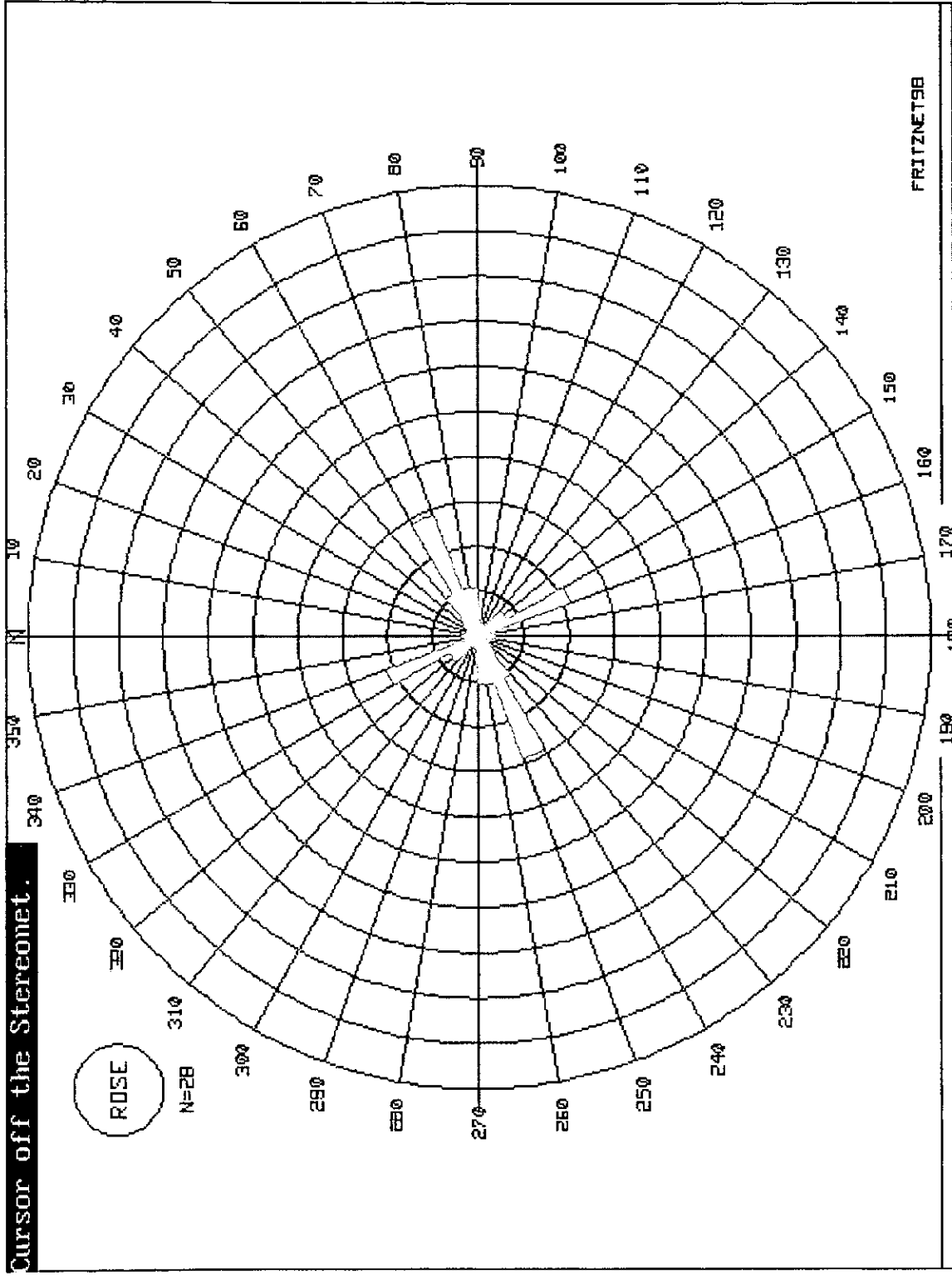
FRITZNET9B


EXPLANATION

- x DIQUE
- o FALLAS
- o VETILLAS

	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
Guadalajara, Gto. Área Dique Agua Verde.	
Diagrama de Wulff	
Compartimiento estructural	
Tesis Profesional	
Primitivo Juan Sánchez Agustín	
Fecha: 12- XI-99	Exhib: 1
Hoja: 1	Total: 4.B

Cursor off the Stereonet.

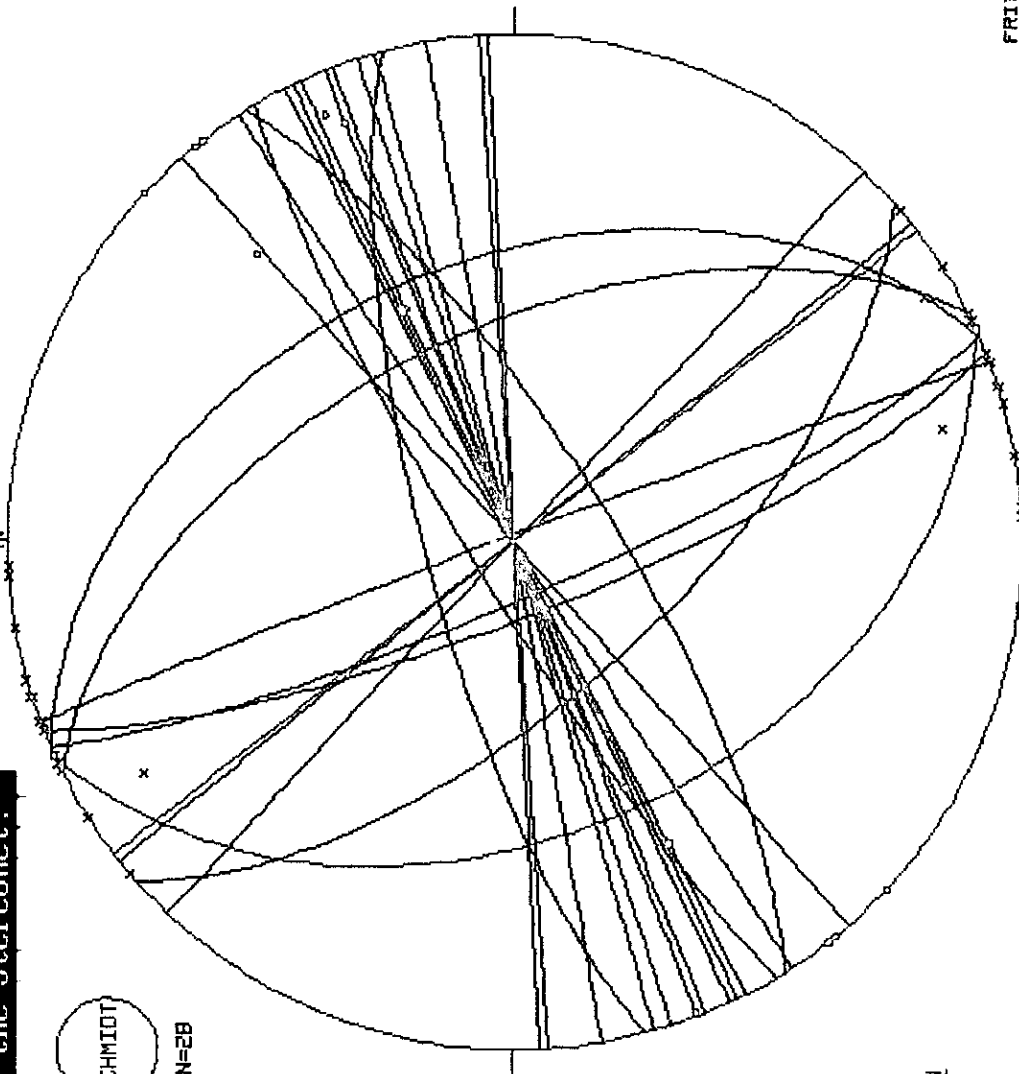


	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
Guadalajara, Gto. Área Dique Agua Verde	
ROSA DE LOS VIENTOS	
DIRECCIONES PREFERENCIALES DE MOVIMIENTO	
Tesis Profesional Pirritho Juan Sánchez Agustín	
FECHA: Dic-11-99	ESCALA: 1:1000
	PÁGINA: 4.9.

Cursor off the Stereonet.

SCHMIDT


N=2B



FRITZNETSB

EXPLANATION

- x DIQUE
- o FALLAS
- o VETILLAS

	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
Guadalajara, Gto. <small>Avenida Diques Agua Verde.</small>	
DIAGRAMA DE SCHMIDT	
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	
Nota Profesional	Primitivo Juan Sánchez Aguilar
Fecha: 12-XX-99	Escala: sin escala
	Hojas: 4.10.

4. 3. YACIMIENTOS MINERALES

Buchanan (1981) publicó una valiosa compilación de observaciones selectas de más de 60 depósitos de oro-plata, tipo veta, en ambientes volcánicos- subvolcánicos sin metamorfismo alguno. Estos datos y el modelo derivado dieron lugar a una interesante base de datos para posteriores análisis sobre las características de los depósitos epitermales.

Heald et al¹ (1986) señalan que se pueden distinguir dos tipos principales de depósitos epitermales y que la base de datos de Buchanan soporta esta conclusión. Los dos tipos principales de depósitos que se distinguen basados en la mineralogía de las vetas y su alteración son: adularia-sericita (baja sulfuración) y ácido- sulfato (alta sulfuración). Los depósitos adularia- sericita son más numerosos y a estos corresponde el Distrito Guanajuato por lo que a continuación se presenta un pequeño bosquejo general de este tipo de depósitos.

4.3.1.Generalidades

Entorno estructural: El más común entorno estructural para este tipo de depósitos es a través de las márgenes de calderas. La importancia de un ambiente de caldera radica en el excelente sistema para la circulación hidrotermal. Cabe señalar que pocas calderas al oeste de E. U. A. están mineralizadas.

Tamaño del depósito: Se presenta un gran rango en el tamaño de los depósitos tipo adularia- sericita. Guanajuato, un distrito rico en plata y metales base, cubre aproximadamente un área de 190 km². Los Distritos con bajo contenido en metales base tienden a ser pequeños (Oatman, 12 km²). La relación largo:ancho de la proyección superficial de las vetas mineralizadas en estos depósitos es generalmente del orden de 3:1. El nivel de mineralización vertical es del orden de 400-700 m comparado con longitudes de varios kilómetros.

Roca encajonante: La composición de las rocas encajonantes varía de riolitas a andesitas y la mena generalmente se encuentra alojada en varias unidades de diferente composición en un Distrito. En algunos distritos, los fluidos mineralizantes llegan a mineralizar sedimentos asociados (Creede, Guanajuato) o rocas intrusivas (Silver City, Idaho), pero la mena esta confinada en rocas volcánicas. La ocurrencia de la mineralización en diferentes litologías implica que la composición de las rocas encajonantes no es un factor de control de mineralización.

Mineralogía: La mineralogía se caracteriza por la presencia de adularia y sericita y por la ausencia de alunita y la asociación enargita+ pirita+covelita hipogenas ambas. La clorita es característica. La alunita puede estar presente en algunos depósitos pero es de tipo supergénico y cercana a la superficie, no relacionada al ambiente primario de formación del yacimiento.

Relaciones mineralógicas: La alta relación de producción de plata a oro, refleja la abundancia de plata nativa, sulfuros de plata y sulfosales. Los Distritos como Round Mountain, Nevada y Oatman, Arizona presentan bajas relaciones plata-oro. Los únicos metales preciosos que se encuentran en estos distritos son el oro nativo, la plata nativa y el electrum; las sulfosales y sulfuros de plata son raros. La producción de metales base es usualmente baja en los depósitos ricos en oro.

Alteración de la roca encajonante: Los patrones de alteración aun no están bien definidos. En general estos depósitos se caracterizan por el predominio de la alteración sericítica (de acuerdo con Hayba et al, 1985, este término se aplica a la asociación mica (p.e. illita) +cuarzo +pirita, incluyendo la asociación illita-smectita en donde predomina la illita) en donde se presentan límites silicificadas cercanos a la veta. Cerca de la veta, se tienen feldspatos potásicos de grano fino y/o clorita diseminada en la roca encajonante. La zona sericítica gradúa hacia fuera a una zona propilítica. Una zona argílica entre las zonas sericítica y propilítica suele presentarse. En algunos

¹ Hayba, D. O. et al. 1985

depósitos, la zona de alteración propilitica más externa parece ser formada antes que la mineralización y puede no estar relacionada al sistema hidrotermal mineralizante.

Historia termal: Los estudios de inclusiones fluidas tienden a señalar la secuencia paragenética y muestran que la deposición mineral ocurre a temperaturas entre 200 y 300°C con un estado tardío de deposición de fluidos típico de minerales de ganga de 140 a 200°C. (Hayba, D. O. et al, 1985)

Los depósitos tipo adularia- sericita contienen asociaciones de sulfuros indicativas de un estado de baja sulfuración asociados con sericita, argilización intermedia y cloritización. El agua meteórica es la principal fuente de fluidos, lo que sugiere una menor contribución magmática de salmueras ácidas volátiles o de baja salinidad. Este tipo de depósitos se encuentran asociados con rocas volcánicas de gran variedad composicional (Sillitoe, 1993)

A continuación se muestra una tabla con las principales características de los yacimientos epitermales tipo adularia-sericita, de acuerdo con Hayba et al (1985):

Entorno estructural	Estructuralmente complejo, ambientes volcánicos, comúnmente en calderas
Tamaño (relación largo: ancho)	Variable; muy largos, por lo general 3:1 o mayores
Roca encajonante	Volcánica, ácida a intermedia
Edad de mineralización y encajonante	Edades de encajonante y mineralización distintas (>1 m. y.)
Mineralogía	Argentita, tetraedrita, tenantita, oro y plata nativos, sulfuros de metales base clorita común seleniuros presentes Mn presente en la ganga bismutinita ausente
Producción	Ricos depósitos de oro y plata depósitos de metales base, variables
Alteración	Sericítica a argílica alunita supergénica caolinita ocasional abundante adularia
Temperatura	200 a 300°C
Salinidad	0 a 13 wt% NaCl eq.
Fuente del fluido	Dominantemente meteórica
Fuente de sulfuros, S	Profunda, probablemente derivado por lixiviación de la roca encajonante a profundidad, en el sistema

Fuente del Pb Rocas Precámbricas o Fanerozoicas
sobreyacidas por rocas volcánicas

De acuerdo con Sillitoe (1993), los depósitos epitermales de tipo adularia- sericita presentan las siguientes características:

Rocas volcánicas genéticamente relacionadas	Andesita-riodacita-riolita
Zonas de alteración	Comúnmente restringida y ligeramente visible
Alteración proximal. Minerales guía	Sericita o illita + adularia, roscoelita (V-mica) en depósitos asociados a rocas alcalinas; clorita en algunos casos
Cuarzo (ganga)	Calcedonia y/o cuarzo crustiforme, coloforme, texturas de reemplazamiento (carbonatos), relleno de cavidades
Carbonatos (ganga)	Comúnmente manganeso
Otras gangas	Barita y/o fluorita presente localmente, barita en la mineralización
Abundancia de S	1-20 vol. %, pero típicamente <5 vol. %, predominantemente pirita
Minerales guía (sulfuros)	Esfalerita, galena y tetraedrita son comunes. El Cu presente, principalmente como calcopirita
Metales presentes	Au y/o Ag (Zn, Pb, Cu)
Metales presentes (localmente)	Mo, Sb, As (Te, Se, Hg)

Los depósitos epitermales son muy variables en su forma debido a la baja presión y a las condiciones hidrostáticas en las cuales se formaron. Mucha de su variabilidad geométrica puede atribuirse a los efectos de las diferencias de permeabilidad de las rocas encajonantes. La permeabilidad de la roca controla la circulación del fluido y la deposición resultante de metales preciosos o metales base. La permeabilidad de la roca puede ser resultado del entorno estructural, hidrotermal y/o litológico (Sillitoe, 1993)

4.3.2. Distrito Minero de Guanajuato

El Distrito Guanajuato es un productor de plata y oro, con pequeñas aportaciones de metales base derivados de la Zona Baja en el alineamiento noroeste de las vetas del Terciario Medio. El sistema de Veta Madre es el más importante. Otro gran sistema subparalelo a Veta Madre es La Luz. Al este de Veta Madre se encuentra el Sistema de Vetas de la Sierra.

De menor importancia económica pero con potencial exploratorio es la mineralización del Mesozoico. Dos tipos de depósitos se presentan. El primero es de sulfuros masivos, principalmente en la zona de Santa Rosa y Los Mexicanos (Dentro del Distrito Guanajuato, ver figura 1.1.) y el segundo incluye vetas. Otro tipo de mineralización incluye polimetálicos y skarn de tungsteno, localizados en rocas calcáreas en la parte superior de la Fm Esperanza y fuera del Distrito Guanajuato.

En la figura 4.10. se presenta el modelo de Buchanan para el Distrito Guanajuato, de acuerdo con el grupo de geología de Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V.

VETAS RICAS EN Ag, NOROESTE

Vetas y stockworks son las dos clases de cuerpos que se encuentran en este sistema. Las vetas son tabulares con contactos definidos y pequeños reemplazamientos de las paredes de la roca encajonante. Las texturas de crustificación son comunes. Los clavos mineralizados van de pocos centímetros a 40 m de ancho y de pocas decenas de metros a 450 m horizontales. La relación Au/Ag va de 1/115 en la mina Las Torres a 1/72 en la mina de Peregrina. Localmente los más altos valores de Au en Veta Madre se concentran en donde es cortada por vetas y vetillas perpendiculares.

El stockwork ocurre al alto de Veta Madre desde la Fm Calderones y Conglomerado Guanajuato en la mina de Sirena hasta la Fm Bufa en la mina de Torres. Las vetillas en los stockworks varían de pocos milímetros a 30 cm de ancho.

De acuerdo con Buchanan se reconocen tres estados de mineralización en el Distrito, muchos de sus datos provienen de este sistema de vetas:

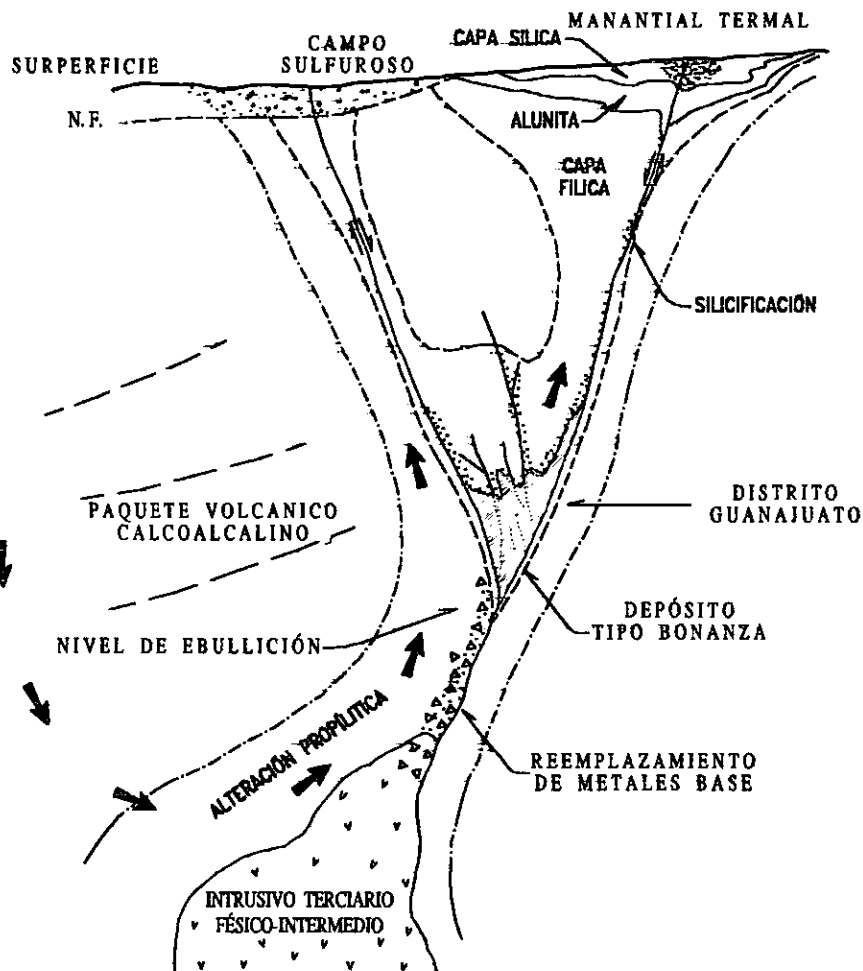
1. Premineral. Cuarzo, adularia y trazas de Au y Ag
2. Mena. a) asociaciones tempranas ricas en Ag - cuarzo, adularia, sericita y argentita
b) Ag tardía - mineralización deficiente - calcita con poco cuarzo.
3. Postmineral. Calcita, dolomita y fluorita, marcasita y zeolitas ocurren en cavidades.

La alteración hidrotermal fue caracterizada por Buchanan y consta de una amplia facie propilitica que se define de acuerdo al tipo de roca en la que se presenta y en la cual la roca gradúa de débil a fuertemente alterada cerca de las fracturas. Los minerales esenciales en esta asociación son clorita, calcita, epidota y pirita. La montmorillonita es aislada y se observa en la zona de propilitización verdosa y el cuarzo es un mineral accesorio común. (Randall et al, 1994)


VETAS RICAS EN Au, NORESTE (echado)

Incluye las vetas Tacuitapa, Pasadena, Albertina, San Cosme (bajo), La Cruz, Alto de Villalpando, Transversal, San Nicolás, Poniente y Marmajas, hacia el sureste incluye las vetas San Eusebio y otras estructuras como la Falla Cebolletas.

De importancia histórica es el más antiguo descubrimiento de oro que data de 1700 (Randall, 1990) pero este grupo de vetas no se explotaba porque se conocían generalmente como fallas postminerales, hasta el descubrimiento y desarrollo de la Mina de Las Torres a fines de los 60's y principios de los 70's. Láminas muy finas de oro están asociadas a carbón en zonas secundarias de enriquecimiento, especialmente en la zona de vetas Marmajas y particularmente en zonas donde la roca encajonante es una megabrecha. La fuente obvia del carbón es la Formación Esperanza.



Seccion transversal esquematica: Depositos Tipo Bonanza
 modificado despues: Buchanan, 1981
 Randall, 1980

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA		
Guanajuato, Gto. Area Dique Agua Verde.		
Modelo de Buchanan Distrito Guanajuato		
Tesis Profesional	Primitivo Juan Sánchez Agustín	
Fecha: 07/11/99	Emploje: —	Figuras: 4.

FUENTE: Archivo Interno Peñoles
 1998, Proyecto Guanajuato.

Las relaciones oro/plata varían de 1/1 a 1/40 en la zona de oro de Tacuitapa; en la zona de Albertina varía de 1/8 hasta 1/12. En las vetas de Marmajas, la relación varía de 1/5 a 1/30 con enriquecimiento secundario. Normalmente la relación oro/plata en los cuerpos mineralizados de estas vetas varía de 1/80 a 1/120, pero localmente cuando se encuentran relacionadas con la veta Villalpando que atraviesan el intrusivo Peregrina o cruzan la principal estructura en el nivel 14, los valores oro/plata se incrementan. (Randall et al, op. cit.)

De acuerdo con Compañía Minera Las Torres (resumen inédito, archivo interno Compañía Minera Las Torres), el modelo clásico para el Distrito Guanajuato presenta las siguientes características:

Clasificación: Yacimiento Epitermal Tipo Bonanza
 Bajo Azufre
 Edad: 27.4 - 30.7 m.a.
 Geometría: Vetas y stockwork asociado a estructuras cenozoicas
 (chimeneas brechadas).
 Dimensiones Típicas: 450 m X 450 m X 60 m
 Sistema estructural: 3 sistemas de orientación NW-SE
 La Luz, Veta Madre y La Sierra.
 Mineralogía: MENA. Oro, plata, electrum, aguilarita, naumanita, acantita,
 polibasita, tetraedrita, pirargirita, calcopirita
 GANGA. Cuarzo, adularia, calcita, fluorita.
 Alteraciones: Argílica, filica, potásica, propilítica.

5. EXPLORACION GEOQUIMICA

5.1. INTRODUCCION

La geoquímica es parte esencial de la mayoría de los programas de exploración. Los procesos que forman los yacimientos minerales y los que los modifican, generan una serie de patrones geoquímicos que dan origen a las llamadas anomalías geoquímicas que se detectan por medio de un muestreo de materiales naturales (roca, suelo, sedimentos de arroyo). Con este método se pueden definir posibilidades de mineralización en un área, presencia de un yacimiento o la extensión de yacimientos conocidos.

Un programa geoquímico se divide en las siguientes fases:

1. Planeación
2. Muestreo
3. Análisis químicos
4. Manejo de datos
5. Interpretación
6. Seguimiento

El geólogo de campo probablemente participe en las fases 1, 2, 4, 5 y 6, el análisis químico generalmente lo hace un laboratorio. (Evans, ed.; 1997.)

Una manera de manejar los datos es por medio de mapas de distribución geoquímica. Generalmente los resultados obtenidos para cada elemento se plantean en mapas separados. También se debe de contar con mapas geológicos y topográficos que permiten una rápida superposición de todos estos datos para que se facilite su interpretación.

En este estudio, los datos geoquímicos obtenidos del muestreo en roca se plasmaron de acuerdo a su rango de valores por medio de diferentes colores y con su valor anexo para una mejor visualización.

La tabla 5.1. muestra los resultados de los análisis químicos que se utilizaron para generar los mapas geoquímicos que se muestran en el apéndice D.¹

¹ La totalidad de análisis químicos (Au+34 elementos) así como sus coordenadas y datos generales se encuentran en el Apéndice E

Muestra No.	Au30 FA/AA (5 ppb)	Ag/ICP (0.2 ppm)	Cu/ICP (1 ppm)	Pb/ICP (2 ppm)	Zn/ICP (1 ppm)	Mn/ICP (1 ppm)	Co/ICP (1 ppm)	As/ICP (5 ppm)	Mn/ICP (1 ppm)	Ba/ICP (1 ppm)	Cr/ICP (1 ppm)	La/ICP (1 ppm)	Ca/ICP (0.01 %)
74101	14	0.6	10	70	436	3	5	8	740	111	12	20	0.66
74102	17	0.5	11	66	465	3	5	8	784	111	15	20	0.78
74103	17	0.6	12	31	185	12	7	9	1015	221	23	22	2.03
74104	2.5	0.6	6	78	476	4	5	2.5	1599	127	15	21	1.85
74105	7	0.7	9	73	433	3	5	2.5	1224	152	15	21	1.67
74106	16	0.1	8	20	70	5	3	7	283	278	15	20	0.92
74107	6	0.1	6	53	136	4	5	5	304	157	19	23	0.27
74108	10	0.1	9	49	231	2	4	2.5	566	172	11	27	0.28
74109	10	0.1	10	70	100	2	1	2.5	267	149	11	25	0.19
74110	7	0.5	23	24	106	10	5	9	891	251	17	27	3.29
74111	7	2.5	13	41	274	3	4	2.5	903	313	13	26	2.76
74112	2.5	0.5	8	39	325	3	4	2.5	1028	236	14	26	2.46
74113	2.5	2.6	36	42	242	3	4	2.5	989	380	13	24	1.42
74114	10	0.2	6	28	110	8	3	16	976	955	17	26	2.9
74115	2.5	7.1	37	73	109	5	4	2.5	513	191	18	16	0.43
74116	2.5	1.1	6	43	374	4	5	2.5	1365	129	14	22	1.89
74117	69	0.4	6	36	305	4	5	2.5	987	412	16	23	0.47
74118	2.5	0.4	10	46	324	7	7	2.5	1394	539	16	25	0.3
74119	2.5	0.1	6	44	283	3	4	2.5	893	245	10	23	2.02
74120	2.5	0.1	5	39	337	4	6	2.5	1282	206	10	26	0.14
74121	34	0.2	9	15	48	12	5	5	761	145	25	17	3.81
74122	11	0.1	8	10	69	7	17	6	788	80	52	13	4.76
74123	2.5	0.1	9	12	142	8	18	6	865	41	41	12	4.26
74124	2.5	0.3	8	10	141	7	16	2.5	1240	46	54	14	6.01
74125	14	0.1	10	17	60	17	7	13	842	51	34	12	3.01
74126	22	0.5	2	15	107	4	2	2.5	604	124	8	17	2.24
74127	165	0.5	3	28	234	3	5	2.5	812	149	13	24	0.64
74128	26	0.1	6	31	198	3	4	2.5	639	128	13	26	1.67
74129	9	0.1	4	29	121	2	5	2.5	561	91	11	19	1.99
74130	2.5	0.1	8	39	319	3	4	2.5	930	246	12	23	1.25
74131	5	0.7	13	50	236	5	4	2.5	961	240	15	26	1.03
74132	2.5	0.1	3	36	263	3	5	2.5	802	127	14	23	1.95
74133	2.5	0.1	7	48	412	4	5	2.5	1009	305	15	25	1.67
74134	2.5	0.1	3	40	295	4	4	2.5	804	174	28	14	0.83
74135	2.5	0.3	6	26	134	5	3	2.5	528	146	30	17	0.38
74136	2.5	0.1	5	32	156	6	4	2.5	497	102	38	21	1.35
74137	2.5	0.1	5	23	194	3	4	2.5	565	125	30	19	2.76
74138	-7	0.1	7	25	92	4	6	2.5	608	143	42	25	1.5
74139	2.5	0.1	6	32	423	4	4	2.5	690	193	20	34	2.25
74140	2.5	0.4	4	29	91	3	1	2.5	865	87	21	15	4.84
74141	7	0.3	5	42	66	4	2	2.5	778	113	21	24	1.78
74142	2.5	0.1	2	23	89	4	3	2.5	732	193	27	25	0.82
74143	5	0.1	34	16	57	15	14	12	848	166	39	11	1.74
74144	6	0.2	11	14	49	11	7	18	802	102	35	10	2.51
74145	2.5	0.1	7	15	103	7	16	2.5	819	29	55	11	3.81
74146	31	0.1	15	14	60	12	6	2.5	781	86	26	20	3.46
74149	2.5	0.1	5	17	54	5	1	2.5	355	1377	22	30	0.34
74147	15	0.1	5	17	47	2	2	12	323	141	6	18	0.73
74148	11	0.1	9	9	83	7	15	9	642	668	33	7	3.72
74150	15	0.1	25	5	68	29	16	20	767	40	33	0.5	4.5
74151	8	0.1	5	6	57	2	4	2.5	353	97	4	7	2.5
74152	7	0.1	25	5	70	28	13	10	795	148	29	1	4.17
74153	2.5	0.1	5	8	83	4	4	2.5	304	80	4	12	1.68
74154	2.5	0.1	8	8	57	3	4	2.5	172	118	4	16	0.82
74155	2.5	0.1	7	9	75	3	4	2.5	238	105	4	13	1.72
74156	2.5	0.1	8	12	102	2	4	2.5	337	64	4	13	2.19
74157	2.5	0.1	6	8	64	2	4	2.5	221	512	6	12	1.88
74158	2.5	0.1	10	12	70	3	4	2.5	322	230	6	10	2.06
74159	2.5	0.1	4	9	61	2	3	2.5	322	459	4	10	2.31
74160	2.5	0.1	5	13	85	2	3	2.5	413	146	3	10	2.67
74161	10	0.1	3	4	77	2	3	2.5	582	154	9	6	0.56
74162	7	0.1	8	22	248	2	4	2.5	678	206	7	15	0.95
74163	2.5	0.1	5	23	180	3	4	2.5	382	150	8	19	0.72
74164	2.5	0.1	4	21	244	2	4	2.5	525	131	4	15	2.51
74165	2.5	0.1	0.5	22	191	2	4	2.5	469	98	6	12	2.7
74166	9	0.1	1	24	166	2	4	2.5	496	123	8	14	2.3
74167	2.5	0.1	3	28	106	3	2	2.5	688	102	4	20	2.75
74168	2.5	0.1	4	21	164	4	4	2.5	826	148	4	37	2.26
74169	16	0.3	5	9	37	3	2	2.5	484	100	56	3	0.12
74170	7	0.3	11	72	312	2	4	6	248	48	11	11	0.34
74171	8	0.4	12	106	238	2	4	7	212	74	14	11	0.22
74172	19	0.7	11	10	36	4	3	72	140	71	36	9	0.11
74173	62	1	4	10	40	4	2	7	273	153	97	6	0.09
74174	16	0.8	3	8	32	3	2	12	245	44	98	4	0.04
74175	29	2.1	5	10	48	3	2	26	185	134	62	5	0.28
74176	2.5	0.2	5	46	524	3	4	2.5	1122	128	21	19	1.85
74177	2.5	0.7	7	62	487	2	4	2.5	1429	193	19	21	2.12
74178	2.5	1.6	7	54	344	3	4	2.5	956	304	9	23	1.86
78-B	2.5	1.6	7	61	357	3	4	2.5	944	302	11	23	1.71
74179	2.5	0.3	6	31	313	2	3	2.5	794	64	5	24	2.13
74180	2.5	0.8	0.5	36	104	3	1	2.5	400	51	11	25	2.01
80-B	2.5	0.9	0.5	38	102	3	2	2.5	401	48	8	25	1.95
74181	2.5	0.1	6	57	246	2	3	2.5	1012	100	6	30	1.67
74182	10	0.7	11	36	265	2	3	2.5	1029	86	7	25	2.75
74183	2.5	0.4	4	74	413	2	3	2.5	604	66	7	24	2.28
74184	2.5	0.1	7	61	459	3	5	2.5	750	132	9	22	0.4
74185	2.5	0.1	6	59	350	3	4	2.5	763	291	10	24	0.37
74186	2.5	0.2	11	445	263	3	3	2.5	446	128	6	24	0.12
74187	2.5	0.1	6	20	178	2	5	2.5	592	202	12	20	1.93
74188	2.5	0.2	6	36	363	3	5	2.5	813	123	13	19	1.67
74189	2.5	0.4	6	33	328	2	4	2.5	959	154	10	21	2.18
74190	18	0.3	6	8	42	5	3	8	693	151	98	11	4.06
74191	17	0.4	7	7	59	9	3	8	368	73	190	7	0.29
74192	44	1.2	6	11	52	4	5	16	313	543	111	4	0.2
74193	19	0.3	6	12	66	8	5	9	287	80	145	12	0.15

Tabla 5.1. Resultados obtenidos de los análisis químicos

Para la elaboración de los mapas geoquímicos se tomaron 4 intervalos de interés. (**Valor de fondo, umbral, anomalía baja y anomalía alta**).

A continuación se explican cada una de estas:

VALOR DE FONDO (background). Se define como el rango de concentración normal para un elemento (ó elementos en un área, excluyendo zonas mineralizadas). Resulta obvio que para conocer condiciones anómalas es necesario obtener el valor de fondo.

Para determinar el valor de fondo en un área determinada, es necesario utilizar un buen número de muestras de las rocas para analizar. Los materiales mineralizados se deben separar.

El intervalo de valores obtenidos para analizar las muestras puede ser grande pero lo más frecuente es que los valores tiendan a concentrarse en un rango restringido. Este rango (valor modal) es generalmente considerado como la abundancia normal o valor de fondo para este elemento en particular, en un lugar y tipo de roca específico.

UMBRAL (Threshold.) Se define como el límite superior de los valores normales del valor de fondo. Los valores por arriba del umbral se consideran anómalos. Un análisis estadístico de los datos obtenidos define el umbral más precisamente.

ANOMALIA. Una anomalía se define como una desviación de la norma. Desde el punto de vista de la exploración geoquímica Hawkes (1957)¹ define una anomalía como un área donde las propiedades químicas de un material natural indica la presencia de un depósito mineral en las cercanías. Otras definiciones señalan que una anomalía es una medida (valor) inusual que indica mineralización. Debido a que muchas anomalías se han determinado por medio de la interpretación de datos analíticos, el concepto de anomalía es una medida o una abundancia la cual se desvía de la norma en más de una línea, corrientemente en exploración geoquímica.

Únicamente cuando el background ha sido determinado para un elemento específico en un área entonces se pueden reconocer valores anómalos (ó áreas). (Levinson, 1980; Rose, Hawkes and Webb, 1990).

En este estudio se tomo el valor de dos desviaciones estándar para definir una anomalía, tomando en consideración que lo que se buscaba eran zonas con alta probabilidad de encontrarse mineralizadas.

5.2. METODOLOGIA

Se tomaron muestras de esquirlas de roca a lo largo de toda la estructura (a cada 30 m de separación) y se mandaron a analizar a los Laboratorios de Bondar Clegg en Canadá por un paquete de multielementos que incluía Au + 34 elementos, de estos se escogieron Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Mn, Ba, Cr, La, Ca; que eran los que presentaban las características idóneas para su manejo (nivel de detección óptimo, elementos traza o elementos económicos de importancia económica). Con los resultados de los análisis se elaboraron mapas geoquímicos en los que se presentan, basados en curvas de distribución estadística e histogramas, 4 tipos de valores: valor de fondo, umbral, anomalía baja y anomalía alta.

La interpretación de los datos obtenidos de los análisis químicos de las rocas se visualiza y vacía a un mapa.

La secuencia normal usada hoy en día para la interpretación es: la preparación de diagramas y mapas, la determinación de valor de fondo y umbral y el reconocimiento de anomalías, también se preparan histogramas y tablas de distribución de frecuencia.

¹ En Evans, A. 1997

En este estudio se usó el programa de INTERDEX para caracterizar y obtener los valores correspondientes en los histogramas y curvas de distribución.

Con base en los diagramas del Apéndice C que se elaboraron con los cálculos estadísticos anteriores se procedió a localizar los valores correspondientes a cada uno de los elementos examinados que fueron: valor de fondo, umbral, anomalías baja, y anomalía alta. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos. Tabla 5.2.

Elemento	Valor de fondo	Umbral	Anomalía Baja	Anomalía Alta
Au (ppb)	10.7	30.64	50.57	165
Ag (ppm)	0.43	1.27	2.12	7.1
Cu (ppm)	8.14	14.74	21.34	37
Pb (ppm)	34.97	82.89	130.81	445
Zn (ppm)	186.98	321.77	456.55	524
Ca (ppm)	1.76	3.06	4.36	6.01
La (ppm)	17.87	25.46	33.06	37
Cr (ppm)	24.6	55.07	85.53	190
Ba (ppm)	188.78	378.52	568.25	1377
Mn (ppm)	681.9	1002.28	1322.65	1599
As (ppm)	5.47	13.75	22.03	72
Co (ppm)	4.92	8.49	12.05	18
Ni (ppm)	4.82	9.43	14.03	29

Tabla 5.2. Valor de fondo, umbral y anomalías para el dique Agua Verde

Posteriormente se procedió a vaciar los datos en los mapas de distribución geoquímica con el paquete INTERDEX, caracterizando con círculos de colores y un número a la muestra correspondiente el número corresponde a su posición y # de muestra y el color a la concentración (valor) en contenido del elemento. Los mapas y las curvas de distribución de frecuencia se presentan en los Apéndices C y D.

5.3. ESTADISTICA

5.3.1. Generalidades

En la actualidad la estadística ha llegado a ser un instrumento de uso cotidiano para todos los profesionistas que están en contacto con fenómenos de naturaleza aleatoria y que a partir del conocimiento de ciertos datos cuantitativos del fenómeno, deben tomar decisiones sobre su comportamiento general (Borras G.,H. et al, 1985)

Los geólogos obtienen en su labor cotidiana infinidad de datos numéricos: el número de muestras de mano colectadas de una formación, rumbo y echado de un estrato o una falla, análisis químicos de rocas, medidas de porosidad, ensayos químicos de vetas, carbón o petróleo, etc. Y cada geólogo analiza estos datos numéricos cuando prepara un reporte para comunicar sus hallazgos a los demás. Este análisis es muy útil en la geología para la obtención de datos más relevantes y que ayuden a la comprensión de los fenómenos estudiados. El geólogo puede englobar sus datos en un marco general y señalar tendencias, como un rumbo y echado general de la zona o un promedio químico o del análisis modal de una roca.

El geólogo que tiene gran cantidad de datos de un mismo fenómeno puede usar la estadística. Los problemas de relación de tiempo y espacio pueden resolverse con métodos estadísticos. La dificultad para los geólogos radica en trasladar la teoría estadística a la solución de sus problemas inmediatos. (Koch and Link, 1980)

De las diferentes maneras de clasificar los datos geológicos, una de las más sencillas es de acuerdo al método de colección. Cuatro clases de datos pueden distinguirse de acuerdo al método de colecta de estos y son: medición, conteo, identificación y posición.

Medición. Involucra operaciones como medir el ancho de una línea de rayo X o el espesor de un cuerpo sedimentario. Algunos ejemplos son: medida de rumbo y echado de un plano, análisis químicos, distancias y mediciones microscópicas como el ángulo de extinción o el índice de refracción.

Conteo. Ejemplos: el numero de zircones en el campo de un microscopio o el número de campos petroleros en un estado.

Identificación. En el descubrimiento de un fósil, si es el primer braquiópodo en la región, su descubrimiento y veracidad de su identificación son más importantes que el número de especímenes u otro dato numérico.

Posición. Ejemplos de esto son: descripciones de color, que tan favorable es una roca para alojar un depósito mineral o petrolero, la posición de los campos petroleros o prospectos mineros de acuerdo al orden en que van a ser perforados.

Muchas de las dificultades en el análisis estadístico de los datos geológicos provienen de la fuente de los datos. En la ciencia, los datos se derivan de experimentos controlados. En la geología muchos datos se obtienen de procesos naturales no controlados como la emanación de gases volcánicos o los terremotos o bien, son el resultado de eventos que concluyeron en un pasado geológico como el flujo de los basaltos o la granitización de las rocas. (Koch and Link, 1980)

Para su estudio, la estadística se divide en: estadística descriptiva e inferencia estadística. La estadística descriptiva se encarga de la recopilación, organización, resumen y presentación de los datos numéricos obtenidos de la observación de un fenómeno, mientras que la inferencia estadística se encarga de obtener conclusiones probables sobre el comportamiento general del fenómeno, a partir de algunas observaciones particulares del mismo.

5.3.2. Estadística Descriptiva

Para el estudio de la estadística descriptiva se necesita definir algunos conceptos:

Población. Es un conjunto de objetos (elementos), que tienen en común una o varias características particulares que se desean estudiar.

Muestra. Es un subconjunto de la población que representa las características de la población de manera general. La selección de una muestra es una etapa importante dentro del estudio estadístico debido a que la información que presenta la muestra es la base para hacer suposiciones o inferencias sobre lo que ocurre en la población. Para que una muestra sea representativa de la población se debe establecer un proceso de muestreo en el que todos los elementos de la población tengan la misma posibilidad de ser seleccionados y que la selección de cada elemento sea independiente de las demás.

Cuando los datos de una muestra se encuentran desordenados es difícil obtener información directa de ellos. Una forma natural de ordenarlos es de manera ascendente o descendente, sobre todo cuando la muestra es pequeña, sin embargo cuando la muestra es muy grande el procedimiento anterior se dificulta y una vez ordenada la muestra es difícil su manejo.

Para la manipulación de los datos de una muestra es necesario su ordenamiento y para facilitar su control y manejo se han realizado algunas operaciones que facilitan esta tarea.

A continuación se presentan de manera resumida algunos de los procedimientos para la manipulación de los datos y sus definiciones.

Rango. Se define como la diferencia entre el mayor y el menor de los elementos y se denota con la letra R.

Intervalos de clase. Son intervalos de valores que se definen de acuerdo al criterio del analista y se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos: 1) El número de intervalos depende de la cantidad de datos que contiene la muestra y de la dispersión de los mismos, en general, de 5 a 15 intervalos. Se debe de tener cuidado en la fijación de los límites de cada intervalo para evitar la posibilidad de que un mismo elemento pertenezca a dos intervalos diferentes.

Marca de clase. Si todos los datos comprendidos en un intervalo se distribuyen de manera uniforme, se considera que el punto medio del intervalo puede representar a todos los valores de la muestra que se encuentran en él.

Frecuencia del intervalo. Se le llama así al número de elementos de la muestra que pertenece a un intervalo de clase. La suma de las frecuencias debe de ser igual al número total de elementos de la muestra. $\sum_{r=1..m} fr = n$

Frecuencia relativa. Es el cociente de la frecuencia entre el número total de datos muestrales.

$$fr' = fr/n$$

Frecuencia relativa acumulada. Es la suma de las frecuencias relativas hasta el r-ésimo intervalo

$$Fr' = \sum_{j=1..r} f'j$$

Para determinar la distribución de probabilidad de una variable aleatoria que representa un fenómeno o el modelo probabilístico teórico más aproximado a ella, es útil construir la gráfica de frecuencias, frecuencias relativas o frecuencias relativas acumuladas.

Histograma. Se usa para representar las frecuencias o frecuencias relativas. En el histograma la frecuencia se considera constante en todos los puntos de cada intervalo de clase, por lo que se representa como una sucesión de rectángulos del mismo ancho y cuyas alturas

corresponden a las frecuencias o frecuencias relativas acumuladas de los intervalos correspondientes.

Polígono de frecuencias. Es una gráfica que muestra la distribución de frecuencias. Para construirlo se marca sobre el mismo sistema de ejes del histograma una sucesión de puntos, cuyas abscisas son las marcas de clase y las ordenadas son las frecuencias o frecuencias relativas correspondientes. Posteriormente se unen mediante rectas todos los puntos consecutivos

Polígono de frecuencias relativas acumuladas u ojiva. La manera de graficarlo consiste en unir, mediante rectas, una sucesión de puntos cuyas abscisas son los límites superiores de cada intervalo de clase y las ordenadas son las frecuencias relativas acumuladas.

En una distribución de frecuencias se pueden establecer medidas descriptivas y se utilizan para estimar los parámetros correspondientes que describen a la población, debido a que si la muestra es representativa, sus características son semejantes a las de la población.

Por lo general, se utilizan cuatro tipos de medidas descriptivas que son: de tendencia central, de dispersión, de sesgo o asimetría y de curtosis. En nuestro estudio sólo se utilizaron las medidas de tendencia central y las de dispersión por lo que no se detallan las medidas de sesgo y de curtosis.

Medidas de Tendencia Central.

Con estas medidas se busca un valor que pueda representar toda la muestra, por encontrarse en el centro de ella, desde diferentes puntos de vista.

Media. Se define como el promedio aritmético de los datos de una muestra. Es la suma de todas las observaciones dividida entre el número de observaciones. $\bar{X} = (1/n) \sum_{i=1}^n x_i$

Mediana. Es el valor que corresponde a la mitad de los datos ordenados de una muestra. Es el valor intermedio en la distribución de frecuencia.

Moda. Es el elemento de la muestra que tiene la máxima frecuencia. Una muestra puede tener dos o más modas. (Borras, G. H. et al, 1985)

Medidas de Dispersión.

Reflejan la separación o alejamiento de los elementos de una muestra. Existen varias pero sólo se usan la varianza y la desviación estándar.

Rango. Indica la máxima separación entre los datos.

Varianza. Se puede definir como el promedio cuadrado de la desviación de todas las observaciones posibles de la población media y se define por la ecuación

$$\sigma^2 = (\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2) / n$$

La varianza de una población (σ^2), está dada por esta ecuación. La varianza de una muestra se denota por el símbolo s^2 . Debido a que la varianza es el promedio cuadrado de la desviación de la media, estas unidades son el cuadrado de las unidades de la medida original. Una roca por ejemplo, presenta fenocristales de feldespato que tienen su eje más largo en un promedio de 13.2 mm y una varianza de 2 mm². (Davis, J. C., 1976)

Desviación estándar. Proporciona un valor estadístico que describe la dispersión de los datos de la media. Esta se define como la raíz cuadrada de la varianza y se denota como σ para los parámetros poblacionales y como s para las muestras estadísticas. Una pequeña desviación estándar indica que las observaciones están agrupadas en torno al valor central. Por el contrario, una desviación estándar grande señala que los valores están dispersos alrededor de la media y la tendencia a concentrarse es débil. (Davis, J. C., 1976)

5.3.3. Interdex

Interdex es un programa que proporciona un fácil manejo de datos químicos y que permite evaluar de manera rápida y precisa las áreas que están en exploración. La interpretación de los datos generados con este programa es responsabilidad del geólogo y es conveniente señalar que este programa es solamente una herramienta que hace más fácil el manejo de los datos.

Para el uso de los datos obtenidos de los ensayos químicos de los laboratorios de Bondar Clegg, se contó con el programa conocido como Interdex lo que permitió una manipulación más rápida y fácil de dichos datos y facilitó el cálculo de la estadística básica. Así, estos cálculos se hicieron de manera inmediata, se insertó la base de datos generada con los datos químicos, en una hoja de cálculo de excel que se transformó a una plantilla de texto con tabulaciones que reconoce el programa y en donde sólo es necesario delimitar los parámetros a evaluar. El cálculo es inmediato y con los datos obtenidos es posible definir los intervalos de interés de acuerdo a las gráficas generadas y que se muestran en el apéndice C. Estos intervalos de interés son valor de fondo, umbral, anomalía baja y anomalía que son descritos ampliamente en el apartado 5.1.

Posteriormente se elaboraron los mapas de anomalías geoquímica para los 13 elementos seleccionados, y se colocaron todas las muestras en ellos, por medio de puntos de colores que se diferencian entre sí, de acuerdo a los intervalos que se muestran en los histogramas de la parte inferior izquierda de cada uno de los mapas. Los colores representan los 4 intervalos de interés. Teniendo así:

- negro, que señala el valor de fondo
- amarillo, que representa el umbral
- verde, representa anomalía baja
- rojo, valores anómalos en el área de estudio.

El representar por medio de diferentes colores los valores obtenidos permitió además una rápida visualización de las zonas de interés.

Cabe señalar que para caracterizar los valores anómalos se tomó como base que su valor estuviera por arriba de dos desviaciones estándar para representar realmente una anomalía en el área de estudio.

5.3.4. Matriz de correlación

Para verificar si existía alguna relación entre los elementos por los que se analizaron las rocas se procedió a usar una matriz de correlación para tal efecto. Pero primero se identificaron los diferentes grupos que existían, de tal forma que se separaron las muestras en dos grandes grupos. El primero, de las muestras procedentes del Dique Agua Verde como tal y el segundo grupo corresponde al grupo de vetas y fallas que son perpendiculares al dique Agua Verde.

Al realizar la discriminación de elementos para la matriz de correlación del dique, se eliminaron 13 elementos que fueron: Au, Ag, Mo, Bi, A, Sb, Te, Sn, W, Nb, Sc, Ta y Ti debido a que más del 60% de los valores de las muestras no rebasaban el límite de detección para tales elementos y nos podían arrojar resultados erróneos.

En el caso de las vetas se eliminaron Cd, Te, Ga, Nb, Sc, Ta, Ti y Zr.

Para correr la matriz de correlación para el dique se utilizaron 84 muestras y para las vetas se utilizaron 9 muestras. Dichas matrices se trabajaron en excel y los resultados se muestran en las **tablas 5.3. y 5.4.**

De la matriz de correlación del Dique Agua Verde se pueden tener las siguientes correlaciones Ni-Co, Zn-Mn, Ni-Al, etc (que se pueden apreciar en la **tabla 5.4.**), que corresponden básicamente a la composición de la roca en general y que no señalan elementos que puedan

conducir a la localización de algún tipo de mineralización económica, por lo que se desechó el usar la matriz de correlación como guía para la elaboración de los mapas de distribución geoquímica y se tomaron en cuenta los criterios descritos anteriormente (elementos químicos de interés económico, trazadores (pathfinders) o porque el nivel de detección permitía una buena dispersión de los valores obtenidos).

En la matriz de correlación de las vetas de la Sierra es posible observar algunas correlaciones interesantes como Cu-Zn, Pb-Zn, Cu-Co, Cu-As, Cu-Fe, Pb-Fe y Pb-Mn que señalan rasgos de mineralización de sulfuros por lo que sería interesante verificar este tipo de correlaciones para los diferentes sistemas de vetas que existen en el distrito, pero que en el presente caso no se trataron a profundidad por ser sistemas ajenos al cuerpo en estudio, aún cuando cortaban o eran cortados por el dique Agua Verde. En este caso se debe tener en cuenta que solo se utilizaron 9 muestras por lo que sería conveniente para reforzar nuestra tesis que en estudios posteriores se realizara un muestreo más exhaustivo de este tipo de vetas.

Tabla 5.3. Corrección ponderal de los elementos de los veicos presentes en el área de estudio

	Au	Ag	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	Ni	Co	As	Fe	Mn	Cr	V	Mo	Ca	K	Mg	Na	Y
Au	0.43181874																			
Ag	-0.2640076	-0.1270072																		
Cu	-0.4220843	-0.1136386	0.35028885																	
Pb	-0.3333816	-0.0687268	0.65578171	0.89203225																
Zn	-0.3188578	-0.3689289	0.2893773	-0.2980023																
Hg	0.00892837	-0.290414	0.04118677	-0.4851347																
Ni	-0.0174247	-0.1872484	0.73348871	-0.1719485	0.22384421	0.41387015	0.42874846													
Co	0.04886046	0.28687213	0.60347302	-0.2785119	-0.2888988	0.42487019														
As	-0.2184958	0.2748958	0.02681334	0.67038437	0.71883336	0.37306834	0.17545253	0.63034516	-0.1396022	0.72516324										
Fe	-0.5031125	-0.2748958	0.02681334	0.67038437	0.71883336	0.37306834	0.17545253	0.63034516	-0.1396022	0.72516324										
Mn	0.63710210	0.28804126	-0.3097218	0.1881829	0.19795201	-0.0857803	-0.2487763	-0.0348706	-0.1648052	0.73348871										
Ba	0.27662278	-0.1164828	-0.3007808	-0.4733385	-0.4733385	0.3430654	0.9152523	0.2328854	0.1834022	0.73348871										
V	-0.2174784	-0.3391888	0.7074767	0.53318527	0.75533078	0.25100876	0.35378724	0.64498103	-0.1483936	0.92317201	0.63318863	0.01488426	-0.1818411	0.01710348	0.01710348	0.01710348	0.01710348	0.01710348	0.01710348	0.01710348
La	-0.4109282	-0.2108948	0.13761759	0.8514837	0.81754381	0.00618703	-0.2712258	0.27107863	0.05807178	0.75244382	0.62843314	0.489869	0.11541858	-0.0189197	0.18558831	0.85112263	0.4889476	0.70220254	0.67453035	0.74953431
Al	-0.4338878	-0.5335443	0.3763181	0.45702189	0.62203334	0.50330443	0.45894881	0.37884823	0.06807178	0.75244382	0.62843314	0.489869	0.11541858	-0.0189197	0.18558831	0.85112263	0.4889476	0.70220254	0.67453035	0.74953431
Mg	-0.3974813	-0.2377177	0.03091869	0.6222159	0.41088542	0.2497489	-0.1847731	-0.1682078	-0.0874922	0.8352335	0.44758984	0.16857248	0.39815087	0.75253813	0.87637781	0.46385878	0.585539	0.79442237	0.74501827	0.81615583
Ca	-0.4914448	-0.4288189	0.41897021	0.1060545	0.8773839	0.29786188	0.05151958	0.06643118	-0.4338878	0.8352335	0.44758984	0.16857248	0.39815087	0.75253813	0.87637781	0.46385878	0.585539	0.79442237	0.74501827	0.81615583
K	-0.571387	-0.3726015	0.2143233	0.8773839	0.4828458	0.2897173	0.05151958	0.06643118	-0.4338878	0.8352335	0.44758984	0.16857248	0.39815087	0.75253813	0.87637781	0.46385878	0.585539	0.79442237	0.74501827	0.81615583
Na	-0.371387	-0.3726015	0.2143233	0.8773839	0.4828458	0.2897173	0.05151958	0.06643118	-0.4338878	0.8352335	0.44758984	0.16857248	0.39815087	0.75253813	0.87637781	0.46385878	0.585539	0.79442237	0.74501827	0.81615583
Y	-0.4974784	-0.3974813	0.03091869	0.6222159	0.41088542	0.2497489	-0.1847731	-0.1682078	-0.0874922	0.8352335	0.44758984	0.16857248	0.39815087	0.75253813	0.87637781	0.46385878	0.585539	0.79442237	0.74501827	0.81615583
U	-0.5245415	-0.6392891	0.3582448	0.42882	0.8584128	0.2897173	0.05151958	0.06643118	-0.4338878	0.8352335	0.44758984	0.16857248	0.39815087	0.75253813	0.87637781	0.46385878	0.585539	0.79442237	0.74501827	0.81615583

5.4. DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS

Con el programa denominado interdex se procedió a calcular los valores significativos para los mapas (Valor de fondo, umbral, anomalía baja y anomalía alta), posteriormente se procedió a crear los mapas de anomalías geoquímicas para poder observar la distribución que guardaba cada elemento en el área de estudio y se presentan en el **apéndice D**.

Aquí se presentan algunas consideraciones para cada uno de los elementos estudiados.

Au El oro se encuentra íntimamente relacionado con las vetas y fallas transversales al dique A. V. En la parte noreste del mapa se aprecia un ligero incremento en sus valores (hacia la veta Santa Teresa), que corresponden al umbral. Por lo que se puede decir que la respuesta del oro es casi nula y no está relacionado con el emplazamiento del Dique Agua Verde.

Ag La plata presenta un comportamiento similar al del oro pero en este caso, los valores anómalos ocurren relacionados a la Falla del Cubo y también se presenta un ligero incremento hacia la parte noreste del área estudiada, pero de ninguna manera corresponden a valores anómalos.

Cu El cobre prácticamente presenta valores por arriba del valor de fondo en toda la estructura, los valores considerados como anomalías corresponden a la zona noreste del área de estudio principalmente relacionados a las estructuras transversales al dique A. V.

Pb El plomo presenta 2 comportamientos. Hacia la zona al suroeste del Bajo de San Alberto sus valores corresponden al valor de fondo, pero hacia la zona noreste presenta un ligero incremento en sus valores, lo que corresponde a valores de umbral principalmente.

Zn El zinc presenta un comportamiento similar al del plomo, hacia la parte suroeste del Bajo de San Alberto sus valores corresponden básicamente a umbral y anomalía baja pero hacia la zona noreste del Bajo de San Alberto, se tiene un buen comportamiento de los valores que se presentan como anomalía baja u anomalía alta, principalmente en la zona comprendida entre Falla del Cubo y Veta Santa Teresa que es donde se concentran los valores anómalos.

As El arsénico aparentemente no presenta valores significativos en toda la estructura, solo ligera presencia hacia la zona noreste pero sin importancia.

Ni El níquel aparentemente presenta el mismo comportamiento del arsénico y no se refleja zona anómala a excepción de 2 valores hacia el extremo suroeste, que aparentemente no tienen relación con alguno de los elementos anteriormente descritos.

Co El cobalto presenta las mismas características que el níquel, hacia la zona suroeste se aprecian las mismas muestras con valores anómalos pero fuera de eso, en el dique solo se tienen valores de fondo y umbral.

Cr A diferencia de los dos elementos anteriores, se tiene para el cromo un comportamiento totalmente distinto, presenta valores de fondo y umbral en toda la estructura a excepción del extremo noreste en donde su comportamiento en la zona de veta Santa Teresa muestra pequeñas zonas anómalas.

Ba El comportamiento del bario no presenta anomalía significativa a excepción de la zona de Falla del Cubo en donde se tiene una muestra anómala, pero el comportamiento general no muestra variación sobresaliente.

Mn El manganeso presenta las mismas características que el plomo y el zinc, hacia la zona suroeste del Bajo de San Alberto se tienen solo muestras con valor de fondo pero hacia la zona este-noreste de esta estructura se incrementan los valores principalmente en las zonas cercanas a Falla del Cubo y Veta Santa Teresa.

Ca El calcio aparentemente no presenta anomalía alguna, pero es interesante observar que hacia las zonas donde se tienen las estructuras transversales al dique, específicamente San Alberto, Bajo de San Alberto y Santa Teresa se tienen valores anómalos, también en el extremo suroeste se presentan valores anómalos, comportamiento parecido al del níquel y cromo.

La El lantano presenta el mismo comportamiento que Pb, Zn y Mn, hacia el extremo oeste-suroeste de Bajo de San Alberto se tienen valores de valor de fondo y umbral principalmente y hacia el extremo este-noreste se presentan valores de umbral-anomalía baja. Cabe señalar que entre el Bajo de San Alberto y San Alberto se presentan los únicos valores anómalos de la zona de estudio. Pero que corresponden a valores de 34-37 ppm.

De acuerdo con lo observado en los mapas de distribución geoquímica se pueden tomar las siguientes consideraciones:

Pb-Zn-Mn presentan una asociación definida que se puede corroborar con la matriz de correlación del sistema de Vetas de la Sierra.

Ni-Co otra asociación definida

Au-Ag-Cu-Pb-Zn se encuentran asociados a las estructuras que corresponden a vetas y fallas de orientación NW-SE principalmente

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Dique Agua Verde se caracteriza por ser un cuerpo tabular de más de 1 km de longitud, de ancho variable de 1 a 4 m y se encuentra intersectado por el grupo de vetas conocido como Vetas de la Sierra que son explotadas en las minas de Peregrina y El Cubo

Del análisis de elementos mayores por fluorescencia de Rayos X y la interpretación hecha con el programa IGPET, se concluye que el Dique Agua Verde aparentemente es un cuerpo intrusivo de composición intermedia **dacítico calci-alcálido**, sin embargo en el estudio petrográfico se observan plagioclasas de tipo más cálcico por lo que es difícil establecer realmente cual es la naturaleza original de este cuerpo intrusivo y que debido a la fuerte alteración hidrotermal que presenta, esta clasificación es una buena aproximación a su composición original.

En cuanto a las alteraciones existentes se tienen principalmente: la propilitización que se puede observar a simple vista y se manifiesta por la presencia de clorita, calcita y pirita a lo largo del dique; la clorita es la que tiene una mayor expresión y la pirita se presenta en forma de cubos de tamaño milimétrico. Oxidación presente básicamente como producto de la alteración de los minerales máficos y de la pirita presentes en el dique, principalmente hematita; este tipo de alteración se presenta también en las zonas de contacto con las rocas encajonantes. Argilización, presente como resultado de la alteración de las plagioclasas a minerales arcillosos, principalmente sericita. Y silicificación, muy incipiente, principalmente, en los afloramientos que se encuentran en el arroyo de Peregrina.

Se determinó la firma geoquímica de tierras raras del Dique Agua Verde en donde se observa una tendencia de disminución de tierras raras ligeras, Ortega O., A. et al. (1998) señalan que esta disminución de tierras raras es mayor en las zonas que presentan altos contenidos de oro en el Distrito Guanajuato.

De acuerdo a los estudios estructurales realizados en el área de estudio, el Dique Agua Verde presenta un rumbo preferencial de NE65SW con echado casi vertical, en tanto que las estructuras mineralizadas en la zona, presentan un rumbo preferencial de NW25SE (Sistema de Vetas de la Sierra) por lo que es una estructura poco favorable para el depósito de yacimientos mineralizados y sólo estuvo afectado por la alteración hidrotermal a escala regional. Los estudios estructurales y estereogramas señalan esfuerzos de tipo compresional-extensional perpendiculares entre ellos (NW25SE y NE65SW) que dieron origen al sistema de vetas (vetas de la Sierra) y al dique Agua Verde en diferentes épocas geológicas.

En el campo se observó que el Dique Agua Verde corta afloramientos del Intrusivo Peregrina al cual se le atribuye una edad de 30 m.a. (Oligoceno) por lo que tentativamente se le asigna al Dique Agua Verde una edad del Oligoceno, posterior al emplazamiento del Intrusivo Peregrina. La edad de la mineralización en el Distrito es de 28-32 m. a. por lo que el Dique Agua Verde se emplazó posiblemente en una etapa tardía de mineralización en el Distrito Guanajuato y fué afectado por el paso de los fluidos hidrotermales lo que provocó la fuerte alteración hidrotermal que presentan los afloramientos de este cuerpo intrusivo. La alteración hidrotermal que se manifiesta en este cuerpo intrusivo puede ser debida al paso de fluidos hidrotermales tardíos que ya no contenían metales preciosos en su composición por lo que sólo llegaron a depositarse algunos sulfuros de Fe (pirita) en el intrusivo y además provocaron una intensa alteración propilítica en el dique. También se tiene la presencia de arcillas interestratificadas (illita-smectita, clorita-smectita), que señalan la presencia de fluidos hidrotermales en la zona de estudio.

De acuerdo a la geoquímica multielemental se presentan valores anómalos de Au en las zonas de intersección del dique que corresponden a la zona de vetillas perpendiculares a este y que corresponden a Bajo de San Alberto y Falla del Cubo. Además se tienen pequeños valores asociados a Veta San Alberto y Veta Santa Teresa. Estas estructuras presentan orientación NW-SE y se encuentran en un arreglo más o menos paralelo, que pertenecen al sistema de Vetas de la Sierra. El Ni-Co están asociados al dique AguaVerde (composición de la roca madre, principalmente) y la asociación Au-Ag-Cu-Pb-Zn se encuentra relacionada al sistema de vetas de la Sierra. Además cabe señalar que los valores anómalos se presentaron en la zona NE del área de estudio que corresponde a la zona en donde se localizan las vetillas que corresponden al Sistema de Vetas de la Sierra. Los valores de Au y Ag de acuerdo con los mapas geoquímicos se encuentran relacionados directamente y también parece existir relación con Cu.

El Dique Agua Verde, en sí no contiene mineralización asociada, pero las estructuras de rumbo NW-SE señalan posibles zonas mineralizadas que están relacionadas al Sistema de Vetas de la Sierra. Los elementos químicos Au-Ag-Cu presentan un comportamiento similar hacia el extremo N-E en donde es factible pensar en una zona anómala como posible prospecto para desarrollar una campaña de exploración más intensa hacia Falla del Cubo y Veta Santa Teresa.

Se recomienda un programa intensivo de prospección en la zona con el fin de verificar la mineralización detectada en el sistema de vetas de la Sierra en el área de estudio, pues actualmente este sistema de vetas es explotado en la mina del Cubo con excelentes resultados; en el área conocida como Apolo VII y que forma parte de este trabajo no se han hecho trabajos de exploración a detalle a pesar de que tiene conocimiento de que existía este sistema de vetillas en el área pero no se habían cartografiado a detalle ni se relacionaban con el Sistema de Vetas de la Sierra. Se tiene conocimiento que este sistema de vetas ha sido explotado hacia la parte NW que corresponde a la mina de Peregrina. En la zona de estudio se tiene poca prospección debido a lo accidentado del terreno y a la vegetación que existe en los cerros circundantes por lo que es necesario hacer levantamientos a detalle de todos los afloramientos existentes con el fin de detectar nuevas áreas mineralizadas.

Los resultados de la exploración del Dique Agua Verde señalan que esta estructura no contiene mineralización económica asociada.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarez jr., Manuel. 1961. **Provincias fisiográficas de la República Mexicana.** Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo XXIII, No. 2. p.14

Aranda Gómez, J. J.; McDowell, F. W. 1998. **Paleogene extension in the Southern Basin and Range Province of Mexico: syndepositional tilting of Eocene red beds and Oligocene volcanic rocks in the Guanajuato Mining District.** International Geology Review. Vol. 40. Num. 2 pp. 116-134.

Aranda Gómez, J. J.; Nieto Samaniego, A. F. 1989. **Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la porción meridional de la Mesa Central.** Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista. vol. 8. pp.33-46.

Antúnez Echegaray, F. 1964. **Monografía histórica y minera sobre el Distrito de Guanajuato.** Consejo de Recursos Minerales no Renovables. Publicación 17 E. p. 111-155..

Borras G., H.; Iriarte B., R. Y Frontana de la Cruz, B. 1985. **Apuntes de probabilidad y estadística.** Facultad de Ingeniería. UNAM.

Bostford, C. W. 1909. **The Zacatecas district and its relation to Guanajuato and other camps.** Engineering and Mining Journal. v. 87.

Buchanan, L. J. 1980. **Ore controls of vertically stacked deposits, Guanajuato, México.** Soc. Min. Eng. AIME, preprint No. 80-82.

Buchanan, L. J. 1981. **Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southwest.** In Dickinson, W. R. And Payne, W. D. eds. Relations of tectonics to ore deposits in the South Cordillera. Arizona Geol. Soc. Dig. Vol. XIV. pp. 237-261.

Cepeda Dávila, L. J. 1967. **Estudio petrológico y mineralógico de la región de "El Cubo", Mpio. de Guanajuato, Gto.** Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. v. 19. Nums. 7-12. Julio-Diciembre. pp. 39-107.

Cervantes Sánchez, A. 1988. **Principales características estructurales del relieve de la Sierra de Guanajuato.** Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista. vol. 10. Num. 1.

Código Estratigráfico Norteamericano. 1983. Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica. Trad. y edición: Instituto de Geología de la UNAM. Sociedad Geológica Mexicana y Asociación de Geólogos Petroleros. México. 1984.

Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. 1992. **Resumen inédito.** Reporte interno.

Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. **Resumen inédito.** Reportes internos. Varios.

- Consejo de Recursos Minerales. 1992. **Monografía Geológico- Minera del Estado de Guanajuato**. SEMIP. Pub. M-6E.
- Chico, Eduardo, 1975?. **The Las Torres silver-gold deposit and associated mines. Guanajuato District, Mexico**. Informe Privado Cía Minera Las Torres (inédito)
- Davis, John C. 1976. **Statistics and data analysis in geology**. John Wiley and Sons. pp. 54-67.
- Duarte Barraza, E. A. 1979a. **Algunos conceptos geológicos modernos aplicados en la exploración del Distrito Minero de Guanajuato**. Compañía Minera Las Torres S. A. pp. 261-293.
- Duarte Barraza, E. A. 1979b. **Exploración en el Distrito Guanajuato**. Memoria XIII Convención Geológica Nacional AIMMGM. pp. 261.
- Echegoyen Sánchez, J.; Romero Martínez, S. y Velázquez Silva, S. 1970. **Geología y yacimientos minerales de la parte central del Distrito Minero de Guanajuato**. Consejo de Recursos Naturales no Renovables. Boletín 75. 35 p.
- Edwards, 1956. **Studies of some early tertiary red conglomerates of Central México** . U. S. Geological Survey. Profesional Paper 246-15. pp. 153-185.
- Evans, Anthony M. ed. 1997. **Introduction to mineral exploration**. Blackwell Science Ltd.
- Ferrusquía Villafranca, I. 1987. **Reubicación geocronológica del Conglomerado Guanajuato basada en nuevos mamíferos**. Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Programas y resúmenes. pp. 21-25.
- García Dobarganes, B.; Aguilar Maese, A. L. 1990. **Análisis geomorfológico y estructural de la región de La Luz- Santa Rosa, Sierra de Guanajuato**. Tesis profesional. Universidad de Guanajuato. 204 p.
- Gross, W. H. 1975. **New ore discovery and source of silver-gold veins, Guanajuato, México**. Economic Geology. vol. 70. pp. 1175-1189.
- Guiza, Jr. Reynaldo?. 1949. **Estudio geológico del Distrito Minero de Guanajuato, Gto. (Zona de la Veta Madre)**. Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales. Bol. 22. 75 p.
- Hayba, D. O.; Bethke, P. M.; Heald, P. and Foley, N. K. 1985. **Geologic, mineralogic and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits**. In Berger, B. R. y Bethke, P. M. eds. *Geology and geochemistry of epithermal systems*. Reviews in Economic Geology. Vol. 2. pp. 129-167.
- Humphrey, W. H. 1956. **Notes on the geology of northeast Mexico**. Geol. Soc. Ann. Field Trip. May. 1956.
- Koch, J. S. Jr and Link, R. F. 1980. **Statistical analysis of geological data**. Vol. 1 Dover Publications. pp. 3-25.

Labarthe Hernández, G.; Tristán González, M.; Jimenez López, L. S. et al. 1995. **Cartografía Geológica 1:25000 de la Sierra de Guanajuato**. Inédito. Informe Interno Compañía Minera Las Torres. 128 p.

Labarthe Hernández, G.; Tristán González, M.; Mata Segura, J. L. et al. 1996. **Cartografía Geológica 1:10000 del Distrito Minero de Guanajuato, Sierra del Chorro y Lote Villalpando**. Informe Inédito. Compañía Minera Las Torres S. A. de C. V. 119 p.

Levinson, A. A. 1980. **Introduction to exploration geochemistry**. Applied Publishing.

Lugo Hubp, J. 1990. **El relieve de la República Mexicana**. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista. vol. 9. Num. 1. pp. 82-111.

Mango, Helen. 1988. **A fluid inclusion and isotope study of The Las Rayas Ag-Au-Pb-Cu mine, Guanajuato, México**. Unpublished M. Sc. Thesis, Dartmouth College, 109 p.

Mango, Helen. 1992. **Origin of epithermal Ag-Au-Cu-Pb-Zn, mineralization on The Veta Madre, Guanajuato, México**. Unpublished Ph. D. Dissertation, Dartmouth College, 201 p.

Martínez Reyes, J. 1987. **Resumen de la geología y excursión a la Sierra de Guanajuato**. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Gto. Programa, resúmenes y guía de la excursión. pp. 50-91. (Resúmenes y guía).

Nieto Samaniego, A. F. 1990 (1992). **Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato**. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista. vol. 9. num. 2. pp. 146-155.

Nieto Samaniego, A. F.; García Dobarganes, B.; Aguilar Maese, A. L. 1992. **Interpretación estructural de los rasgos geomorfológicos principales de la Sierra de Guanajuato**. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista. vol. 10. num. 1. pp. 25.

Nieto Samaniego, A. F.; Macías Romo, C.; Alaniz Alvarez, S. 1996. **Nuevas edades isotópicas de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 13. núm. 1 pp. 117-122.

Ordóñez C., Jorge editor. 1986. **Minas Mexicanas**. Tomo I. SEG. AIME.

Ortega Osorio, A.; de la Garza, V. and all exploration team. 1998. **A geochemical study of trace and rare earth elements from an epithermal vein system, Guanajuato, Mexico**. Geol. Soc. Amer. Annual Meeting. Abstracts with Programs. Vol. 30. No. 7. pp 59

Ortiz Hernández, L. E.; Chiodi, M.; Lapierre, H. et al. 1990 (1992). **El arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato. Características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas; implicaciones geodinámicas**. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista. vol. 9. num. 2 . pp. 126-145.

Randall, J. A. 1976. **Exploration possibilities at the Sirena mine, Guanajuato, Gto**. Reporte privado. (inédito)

Randall, J. A. 1990. **Geology of El Cubo mine area, Guanajuato, México.** Soc. Econ. Geol. Guidebook 6. pp. 218-227.

Randall, J. A.; Saldaña, E.; Clark, K. F. 1994. **Exploration in a volcano-plutonic center at Guanajuato, México.** Economic Geology. vol. 89. pp. 1722-1751.

Raisz, Erwin. 1964? . **Orografía de México.** Texto del mapa preparado para la División de Geografía de la Oficina de Investigación Naval. pp.1-8.

Rollinson, Hugh. 1993. **Using geochemical data. Evaluation, presentation, interpretation.** Longman Scientific & Technical. pp. 48-66.

Rose A. W.; Hawkes, H. E. and Webb, J. S. 1990. **Geochemistry in mineral exploration.** Academic Press.

Secretaría de Gobernación, Gobierno del Edo. de Guanajuato editores. 1988. **Los municipios de Guanajuato.** Colección Enciclopedia Los Municipios de México. Pp. 7-15, 79-88.

Sillitoe, R. H. 1993. **Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features.** In Kirkham, R. V.; Sinclair, W. D.; Thorpe, R. I. and Duke, J. M. eds. Mineral Deposit Modeling: Geol. Assoc. Canada. Special Paper 40. pp. 403-417.

Wandke, A. and Martínez, J. 1928. **The Guanajuato Mining District. Guanajuato, México.** Economic Geology. vol. 23. pp. 1-44

APENDICE A

DESCRIPCIONES PETROGRAFICAS DEL DIQUE AGUA VERDE

ESTUDIO PETROGRÁFICO

INTRODUCCIÓN:

El siguiente estudio tiene como objetivo principal caracterizar las rocas provenientes del área Apolo VII en Guanajuato, Gto. y que corresponden a un cuerpo intrusivo aflorante en la región del arroyo Las Raíces que parte de la Presa de La Peregrina.

MÉTODO DE ESTUDIO:

El estudio se realizó a 20 muestras de roca y abarcó los siguientes pasos:

- a) Descripción megascópica de la muestra (ejemplar de mano bajo el microscopio estereoscópico).
- b) Elaboración de lámina delgada.
- c) Descripción de la lámina delgada bajo el microscopio petrográfico.
- d) Toma de fotomicrografías al microscopio empleando campos observados con nícoles cruzados y luz transmitida. Nota las fotomicrografías fueron tomadas con un objetivo de 2.5 pol. y un ocular de 10 X.

Los resultados del estudio se presentan a continuación¹ :

¹ Cabe señalar que no se anexan la totalidad de los estudios petrográficos porque las muestras presentaron mínimas variaciones al estudiarse al microscopio petrográfico y solo se muestran las descripciones que se consideraron más representativas de lo observado.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74118

1. Descripción Megascópica:

Roca de color gris con tonalidades verdosas, con fuerte silicificación y presencia de cristales cúbicos de pirita, se pueden apreciar aún algunos cristales euedrales de plagioclasa con alteración argílica.

2. Descripción Microscópica:

Roca con textura porfídica, presenta una matriz de cuarzo y plagioclasa parcialmente devitrificada, materiales arcillosos y minerales opacos, con intensa alteración hidrotermal, principalmente silicificación y propilitización (clorita). Fenocristales de plagioclasa (fantasmas) que señalan un intenso reemplazamiento por sericita y clorita. Cristales de cuarzo anedral y en agregados aciculares (calcedonia). No hay presencia de carbonatos.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasas	<i>Fantasmas de estos minerales, reemplazamiento parcial- total a clorita, sericita. No se puede identificar la plagioclasa por la intensa alteración que presenta.</i>
Cuarzo	<i>Presente en la matriz como cristales anedrales y como material de alteración (silicificación) en esferulitas de calcedonia.</i>
Clorita	<i>Como producto del intenso reemplazamiento y alteración hidrotermal de la roca, principalmente de las plagioclasas.</i>
Minerales opacos	<i>Presentes en agregados, diseminados y en pequeñas vetillas, principalmente pirita.</i>
Esfena	<i>Presente en agregados y como material diseminado en la matriz.</i>
Zircón	<i>Escasos cristales diseminados en la matriz.</i>
Sericita	<i>Como material de alteración de las plagioclasas.</i>
Apatito	<i>Cristales anedrales finos y pequeños incluidos en el cuarzo y las plagioclasas.</i>

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de posible composición intermedia difícil de determinar por la intensa alteración hidrotermal que presenta.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74131

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración grisácea, compacta, con silicificación moderada y oxidación (hematita) incipiente.

2. Descripción Microscópica:

Roca con presencia de fenocristales de plagioclasa y cuarzo en una matriz seritizada, con silicificación y clorita, presenta minerales opacos diseminados (pirita), esfena y óxidos de Fe. La matriz presenta devitrificación incipiente.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
<i>cuarzo</i>	Fenocristales anedrales y policristales alargados formando esferulitas
<i>plagioclasas</i>	Fenocristales euedrales con parcial reemplazamiento a sericita y ligera silicificación. Presentan maclas, principalmente labradorita-andesina.
<i>minerales opacos</i>	Pequeños cristales diseminados en la matriz
<i>esfena</i>	Pequeños cristales diseminados en la matriz y como inclusiones en las plagioclasas
<i>óxidos de Fe</i>	Como alteración de minerales opacos, diseminados en la matriz, principalmente hematita

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia a básica, posiblemente dacita, afectada por intensa alteración hidrotermal por lo que no se puede determinar con precisión su naturaleza. Cristales muy pequeños.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74138-b

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración grisácea, presenta una argilización intensa y ligero vetilleo de calcita, muestra colectada en área cercana a zona de falla de rumboNW38. La orientación del intrusivo es de NE36.

2. Descripción Microscópica:

Roca con una matriz de cuarzo y plagioclasa con materiales arcillosos, parcialmente devitrificada (sílice microcristalino) afectada por silicificación, argilización y calcita. Estas alteraciones afectan principalmente a fenocristales de plagioclasa y cuarzo. Presencia de minerales opacos, esfena y apatitos que se encuentran diseminados en la muestra. Los fenocristales de plagioclasa se encuentran maclados o totalmente reemplazados a sericita.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
plagioclasas	Fenocristales anedrales parcial a totalmente reemplazados a sericita y carbonatos. Identifican labradorita-bitownita
cuarzo	Fenocristales anedrales en golfos y también formando parte de la matriz de la roca
carbonatos	Como parte del reemplazamiento de las plagioclasas, asociados a la matriz
minerales opacos	Diseminados, cubos de pirita alterados a óxidos de Fe
esfena	Pequeños cristales diseminados en la matriz de la roca
apatitos	Pequeños y finos cristales incluidos en cuarzo
clorita	Restringida a la matriz, coloración verdosa

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva con fuerte reemplazamiento de sus componentes originales, afectada por hidrotermalismo, de composición intermedia a básica.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74153

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración grisácea, se observan cristales anedrales de cuarzo (subredondeados) y algunas plagioclasas alteradas a sericita, presenta oxidación superficial, muy fracturada.

2. Descripción Microscópica:

Roca de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa (fantasmas) con parcial a total reemplazamiento por carbonatos (calcita). La matriz está silicificada con algunas vetillas de cuarzo, y se encuentra afectada esta roca por intensa alteración hidrotermal, presenta carbonatación; hay esfenas diseminadas, minerales opacos (algunos de sección cuadrada), minerales arcillosos, sericita y clorita.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasas	Fantasmas de cristales de plagioclasa con reemplazamiento a carbonatos.
Cuarzo	Se observa cuarzo microcristalino en la matriz y en algunas vetillas, asociado a carbonatos.
Carbonatos	Calcita como reemplazamiento parcial de la matriz de cuarzo microcristalino y de los fenocristales anedrales.
Esfena	Cristales euedrales diseminados en la matriz.
Minerales opacos	Diseminados, principalmente pirita de sección cuadrada, y en finas vetillas de cuarzo.
Clorita	Como producto de alteración hidrotermal en agregados y cristales radiales.
Sericita	Como producto de alteración de feldespatos y como agregados en la matriz.

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de posible composición intermedia, no determinada con exactitud por la fuerte alteración que presenta toda la muestra.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74161

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de color grisáceo con tonalidades verdosas, se observan cristales de cuarzo anedral, presenta fuerte silicificación. Muestra tomada cerca de la zona de contacto con Formación Calderones.

2. Descripción Microscópica:

Roca con textura porfídica se aprecian fenocristales anedrales a euedrales de feldespatos, algunos fracturados y fenocristales de cuarzo amiboidal, diseminados en una matriz microcristalina de feldespatos y cuarzo con fragmentos silicificados (cuarzo criptocristalino), con vetillas de cuarzo y carbonatos (calcita) con asociación de óxidos de Fe y minerales opacos y presencia de minerales arcillosos como producto de alteración, principalmente sericita y clorita.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasa	Fantasmas de plagioclasas, por alteración hidrotermal
Cuarzo	En vetillas y en la matriz, presencia de cuarzo criptocristalino
Micas	Muy escasa, diseminada, principalmente biotita.
Carbonatos	Asociados a minerales opacos y óxidos de Fe, principalmente calcita.
Minerales opacos	Asociados a las vetillas de calcita y diseminados en la matriz, principalmente pirita de sección cuadrada.
Sericita	Como producto de alteración de las plagiocalasas.
Clorita	Como producto de alteración de los minerales ferromagnesianos.
Apatito	Finos cristales euedrales incluidos en las plagioclasas.

4. Clasificación y Observaciones

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia, posiblemente dacita.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74162-b

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración grisácea, presenta fuerte argilización, muy oxidada y con ligeras tonalidades verdosas que señalan la presencia de clorita.

2. Descripción Microscópica:

Roca con matriz sericitizada-silicificada, con presencia de carbonatos y clorita, presenta fenocristales de cuarzo y plagioclasas parcialmente reemplazadas a carbonatos y sericita, se tiene diseminación de minerales opacos, esfena y óxidos de Fe. Además se aprecian estructuras esferulíticas compuestas por calcita, cuarzo y clorita (monominerales o unidas).

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
cuarzo	Fenocristales anedrales y policristales alargados formando esferulitas
plagioclasas	Fenocristales euedrales con parcial reemplazamiento a sericita y ligera silicificación. Presentan maclas Albita-Carlsbad, principalmente labradorita- andesina.
esferulitas:	Cuarzo, carbonatos, clorita
minerales opacos	Cristales diseminados en la matriz, de forma cúbica (pirita)
esfena	Pequeños cristales euedrales diseminados en la matriz y como inclusiones en las plagioclasas
óxidos de Fe	Como alteración de minerales opacos (pirita), diseminados en la matriz, principalmente hematita

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia a básica, posiblemente dacita, afectada por intensa alteración hidrotermal por lo que no se puede determinar con precisión su naturaleza y las relaciones entre los minerales. Cristales muy pequeños.

Se pueden definir tres fases de cristalización: Una de plagioclasa y cuarzo, otra de plagioclasa y la última de cuarzo con material arcilloso.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74163

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración grisácea, presenta fuerte argilización, con ligera oxidación y tonalidades verdosas que señalan la presencia de clorita. Las rocas se encuentran muy fracturadas en esta zona.

2. Descripción Microscópica:

Roca con textura porfídica, presenta fantasmas de plagioclasas con reemplazamiento total a parcial por carbonatos diseminados (calcita) en una matriz microcristalina de cuarzo y plagioclasas, con cristales de esfena, minerales opacos y como minerales de alteración clorita, sericita y óxidos de Fe.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Cuarzo	Presente en fenocristales radiados y circulares (calcedonia), en la matriz.
Plagioclasas	Fantasmas de plagioclasas con reemplazamiento parcial a total por carbonatos (calcita). La determinación del tipo de plagioclasas no es posible por la intensa alteración que presenta.
Carbonatos	Principalmente calcita en la matriz como agregado de cristales, asociado a minerales opacos; carbonatos como reemplazamiento parcial a total de las plagioclasas.
Minerales opacos	Algunos con sección cuadrada (pirita), diseminados en vetillas y en agregados radiales asociados a calcita.
Esfena	Pequeños cristales euedrales diseminados en la matriz.
Zircón	Cristales euedrales diseminados en la matriz
Clorita	Como producto de alteración de los minerales ferromagnesianos.
Sericita	Como producto de alteración de las plagioclasas.
Apatitos	Cristales euedrales diseminados en la muestra.

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia, difícil de clasificar por la intensa alteración que presenta, no se puede clasificar el tipo de plagioclasas.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74181-b

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración gris verdosa con intenso fracturamiento, presenta argilización intensa y oxidación (hematita), ligera silicificación en pequeñas zonas del intrusivo, que están en contacto con el intrusivo Peregrina.

2. Descripción Microscópica:

Roca ígnea con textura porfídica y fuerte alteración hidrotermal (silicificación, propilitización), se aprecia una matriz de cuarzo microcristalino, con fenocristales de plagioclasa (oligoclasa-andesina). Presenta alteración parcial de sericita, minerales opacos, zircones, apatito y clorita.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasa	De composición intermedia (oligoclasa-andesina), maclas de Albita-Carlsbad, parcialmente alteradas a sericita.
Cuarzo	En cristales anedrales amiboides, en la matriz como cuarzo calcedónico y en vetillas.
Minerales opacos	Diseminados en las vetillas, de forma cúbica (pirita).
Zircón	Cristales euedrales asociados a apatitos en mosaicos en una matriz silicificada.
Apatito	Cristales euedrales en una matriz silicificada.
Sericita	Como producto de alteración de las plagioclasas
Clorita	Como producto de alteración de los minerales ferromagnesianos

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia por la presencia de plagioclasas intermedias (oligoclasa-andesina). Posiblemente de tipo dacita.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: 74188

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica de coloración gris verdosa, presenta argilización intensa y oxidación (hematita), silicificación moderada.

2. Descripción Microscópica:

Roca con intensa alteración hidrotermal, se aprecian fenocristales de plagioclasa reemplazados a calcita, cuarzo, micas, minerales opacos, sericita y clorita. Presenta vetillas de minerales opacos, cuarzo en la matriz y plagioclasas. Excelentes cristales de zircón y apatito.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasas	Fantasmas de andesina debido a la intensa alteración hidrotermal, presentan parcial a total reemplazamiento.
Cuarzo	En vetillas, en la matriz y en escasos fenocristales tipo amiboide
Carbonatos	Principalmente calcita como reemplazamiento de plagioclasas y en vetillas
Micas (biotita)	Escasos fenocristales, presentan alteración en los bordes, calcita.
Apatito	Escasos cristales diseminados en las plagioclasas y el cuarzo.
Esfena	Como minerales diseminados en la matriz.
Zircón	Escasos cristales euedrales diseminados en la matriz.
Clorita	En parches, como alteración de los minerales ferromagnesianos.
Sericita	Presente como alteración de las plagioclasas

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia (andesina), posiblemente dacita.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: "DAV-1-98"

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica, intrusiva, de coloración grisácea con ligeras tonalidades verdosas. Se aprecian cristales anedrales de cuarzo y de plagioclasa alterados a sericita.

2. Descripción Microscópica:

Roca con textura porfídica en donde se observa una matriz de minerales arcillosos, fenocristales de plagioclasa alterados a clorita- sericita, presencia de minerales opacos y esfena.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasas	Fenocristales anedrales a euedrales, parcialmente alterados a minerales arcillosos y cuarzo. Presentan maclas, de donde se determino la naturaleza intermedia de los cristales, principalmente andesina- labradorita.
Cuarzo	En vetillas de cristales anedrales y microcristalinos asociados a minerales arcillosos, minerales opacos y óxidos de Fe. También se observan fenocristales anedrales de cuarzo con bordes corroídos.
Minerales opacos	En secciones cuadradas (pirita) con inclusiones de esfenas, alterados por óxidos de Fe.
Sericita	Como alteración de plagioclasas.
Esfena	Cristales euedrales en agregados y fracturas, diseminados en la muestra.
Apatitos	Cristales euedrales finos y pequeños, diseminados en las plagioclasas y en la matriz.

4. Clasificación y Observaciones:

Roca ígnea intrusiva de composición intermedia, posiblemente dacítica.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

No de Muestra: "DAV-1-98B"

1. Descripción Megascópica:

Roca ígnea porfídica, intrusiva, de coloración grisácea con ligeras tonalidades verdosas. Se aprecian cristales anedrales de cuarzo y de plagioclasa alterados a sericita.

2. Descripción Microscópica:

Roca con textura porfídica en donde se observa una matriz de minerales arcillosos, fenocristales de plagioclasa alterados a clorita-sericita, presencia de minerales opacos y esfena.

3. Mineralogía:

MINERALES	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasas	Fenocristales anedrales a euedrales, parcialmente alterados a minerales arcillosos y cuarzo. Presentan maclas, de donde se determino la naturaleza intermedia de los cristales, principalmente andesina- labradorita.
Cuarzo	En fenocristales anedrales con textura en golfos,
Calcita	Presentes en vetillas que intrusionan fenocristales de plagioclasas, asociadas a minerales opacos
Esfena	Presente en agregados y en cristales fracturados.
Zircón	Cristales euedrales muy diseminados en la matriz.
Micas	Principalmente biotita, diseminada.

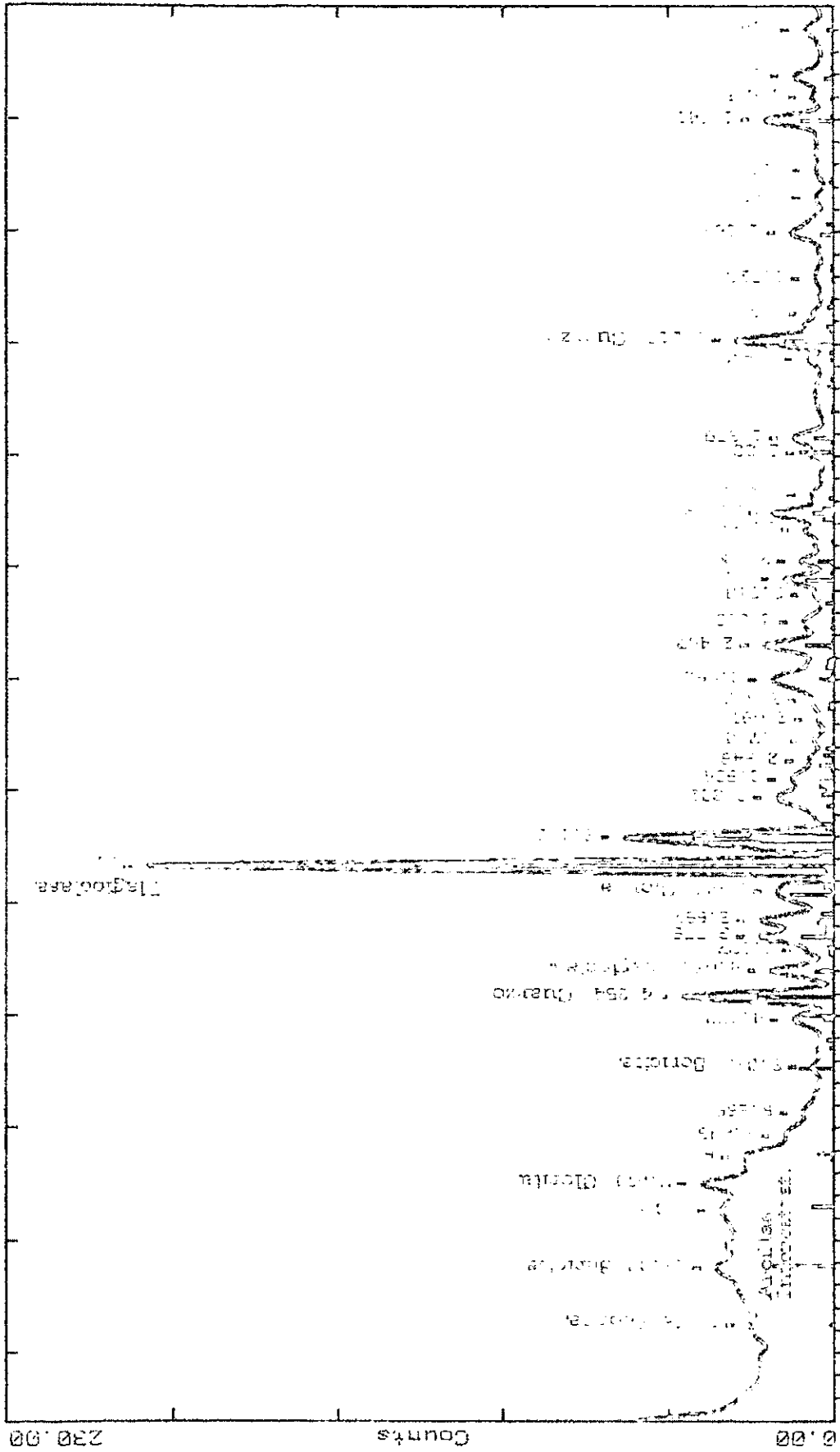
4. Clasificación y Observaciones:

Es una roca de composición intermedia, fuertemente alterada por hidrotermalismo. Se puede clasificar como dacita.

APENDICE B

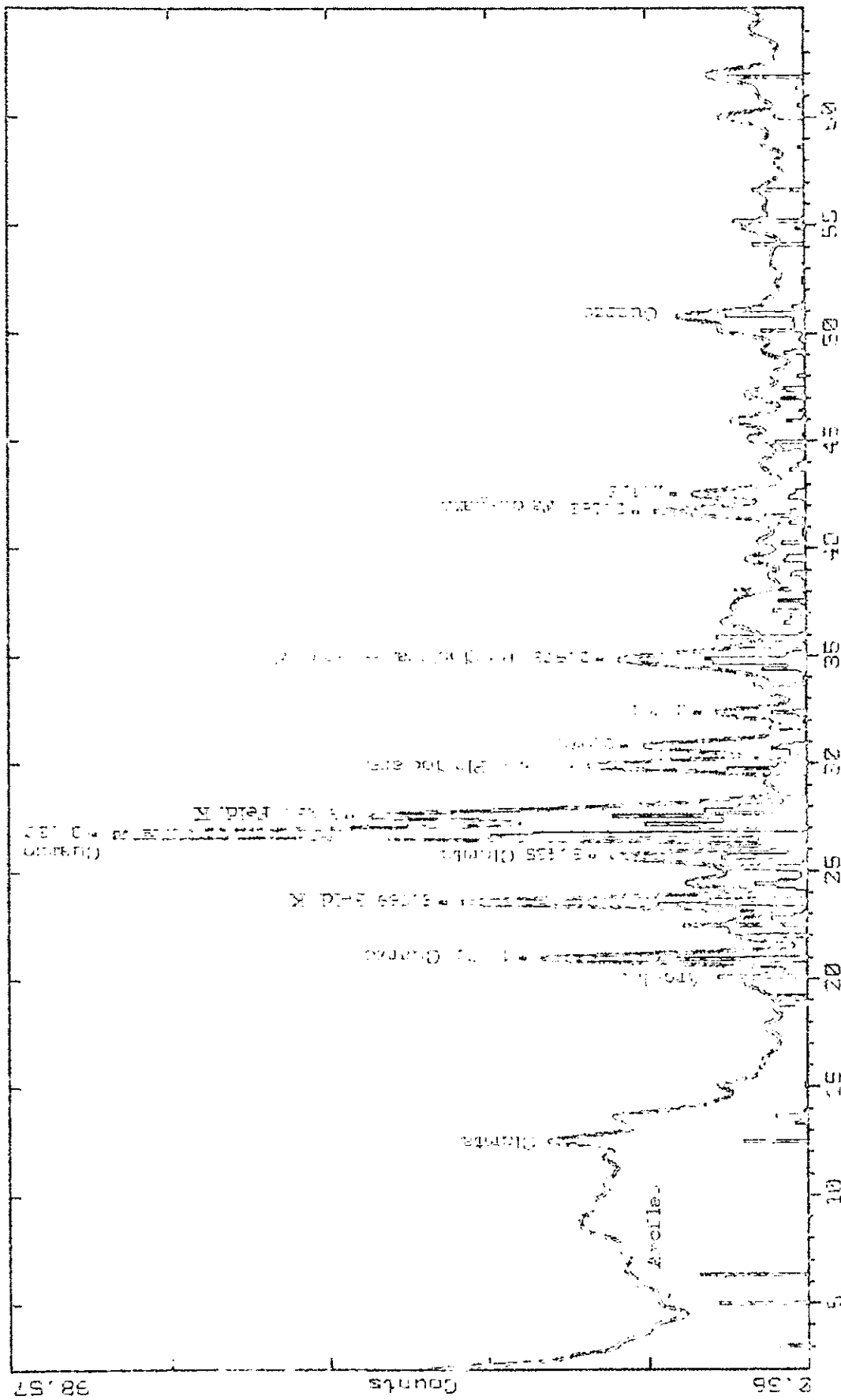
GRAFICAS DE ESTUDIOS POR DIFRACCION DE RAYOS X

**Realizados en el Instituto de Geología
UNAM**



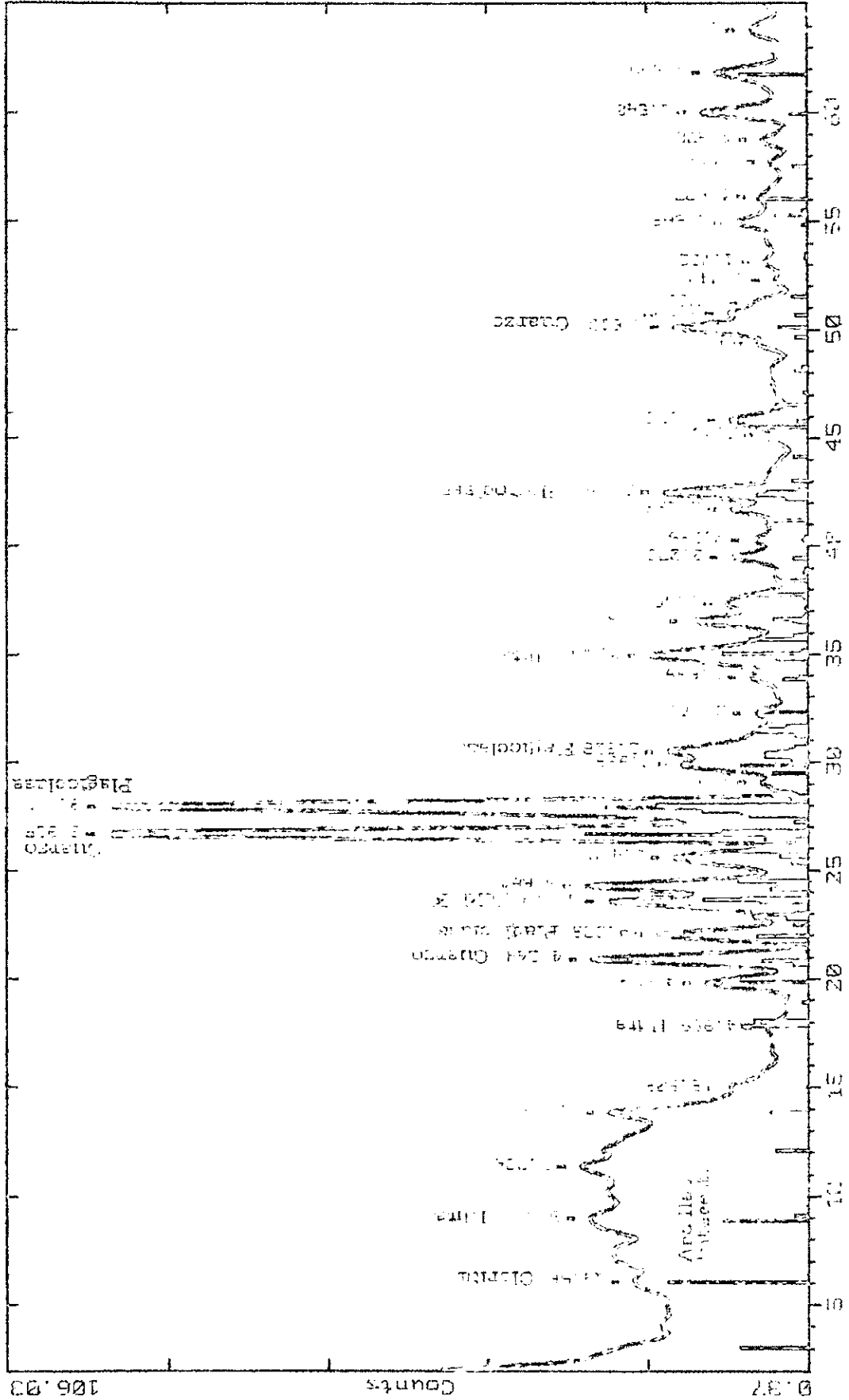
- 15-1161 SiO2 Quartz, syn (WL: 1.5406Å)
- 15-0416 NaAlSi3O8 (WL: 1.5406Å)
- 11-1486 * CaAl2Si2O8 Anorthite, ordered (WL: 1.5406Å)
- 19-0331 Na0.5Al6(Si4Al)8O28(OH)12·H2O Chlorite-vermiculite-montmorillonite (WL: 1.5406Å)

2-theta - Scale



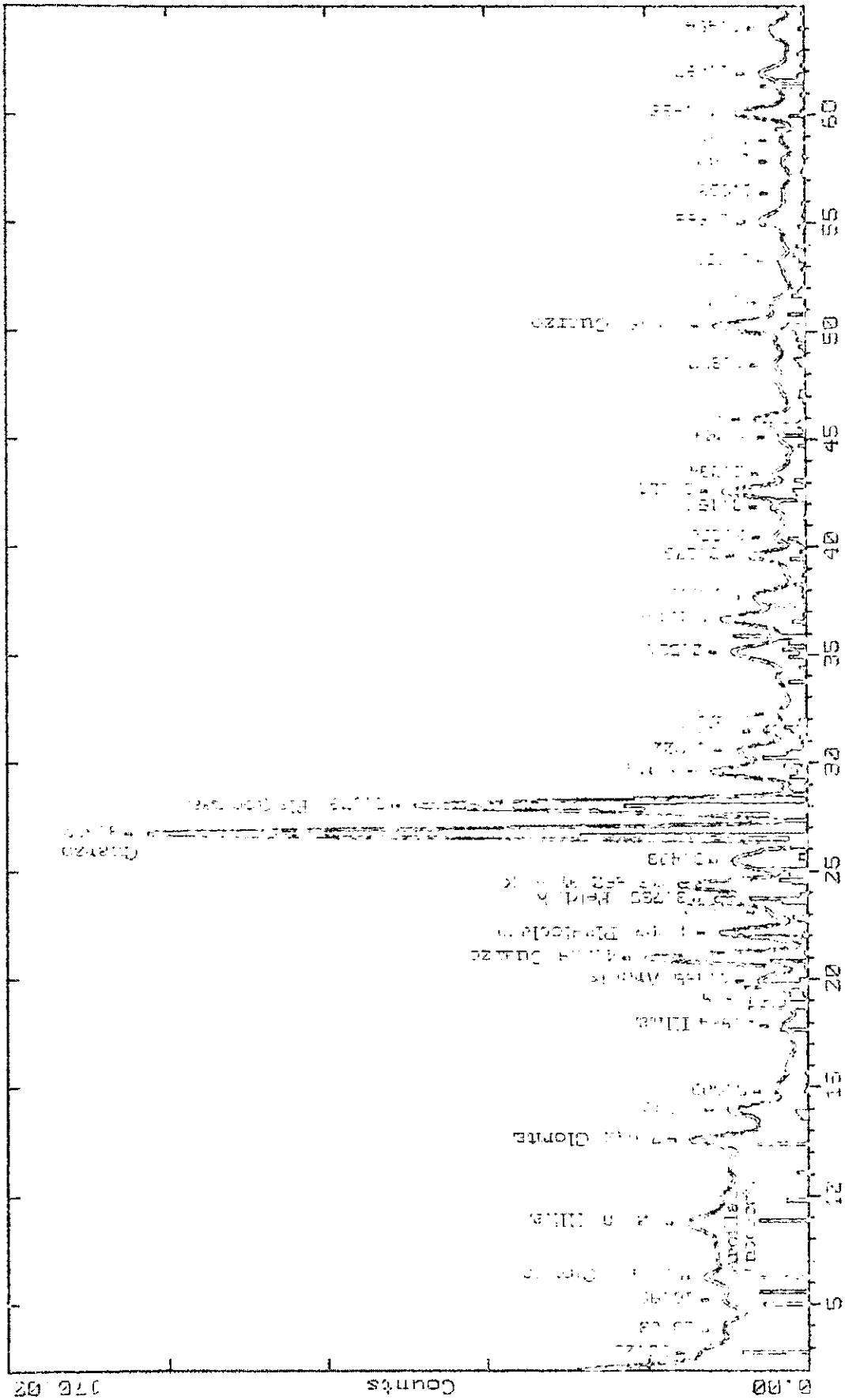
- 4-1191 1 5402 Quartz, 590 (WL: 1.5406Ao)
- 19-1194 1 NaAlSi3O8 Albite, ordered (WL: 1.5406Ao)
- 25-2618 1 KAlSi3AlO8 Sanidine, disordered (WL: 1.5406Ao)
- 1-2592 1 Ca0.2Al2Si4O12(OH)2.6H2O Montmorillonite-17A (WL: 1.5406Ao)
- 19-2152

2-Theta - Scale

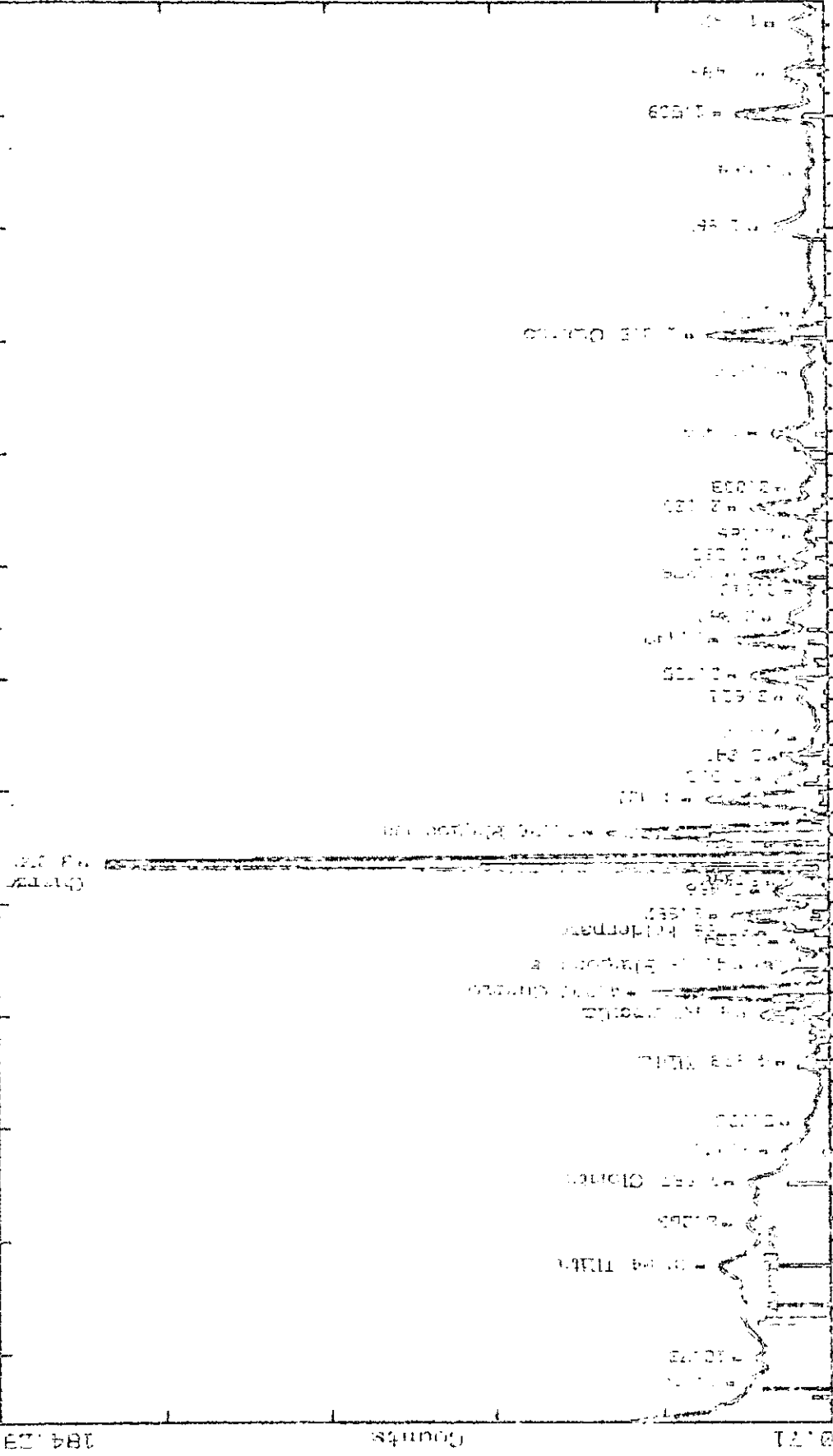


13-1152 Quartz, 97 (WL: 1.5406A)
 16-1202 I (Ca,Na)(Si,Al)4O8 Anorthite, sodian, intermediate (WL: 1.5406A)
 13-0190 P₂O₅·8Al₂O₃·20H₂O Corrensite (WL: 1.5406A)
 13-0190 P₂O₅·8Al₂O₃·20H₂O Corrensite (WL: 1.5406A)

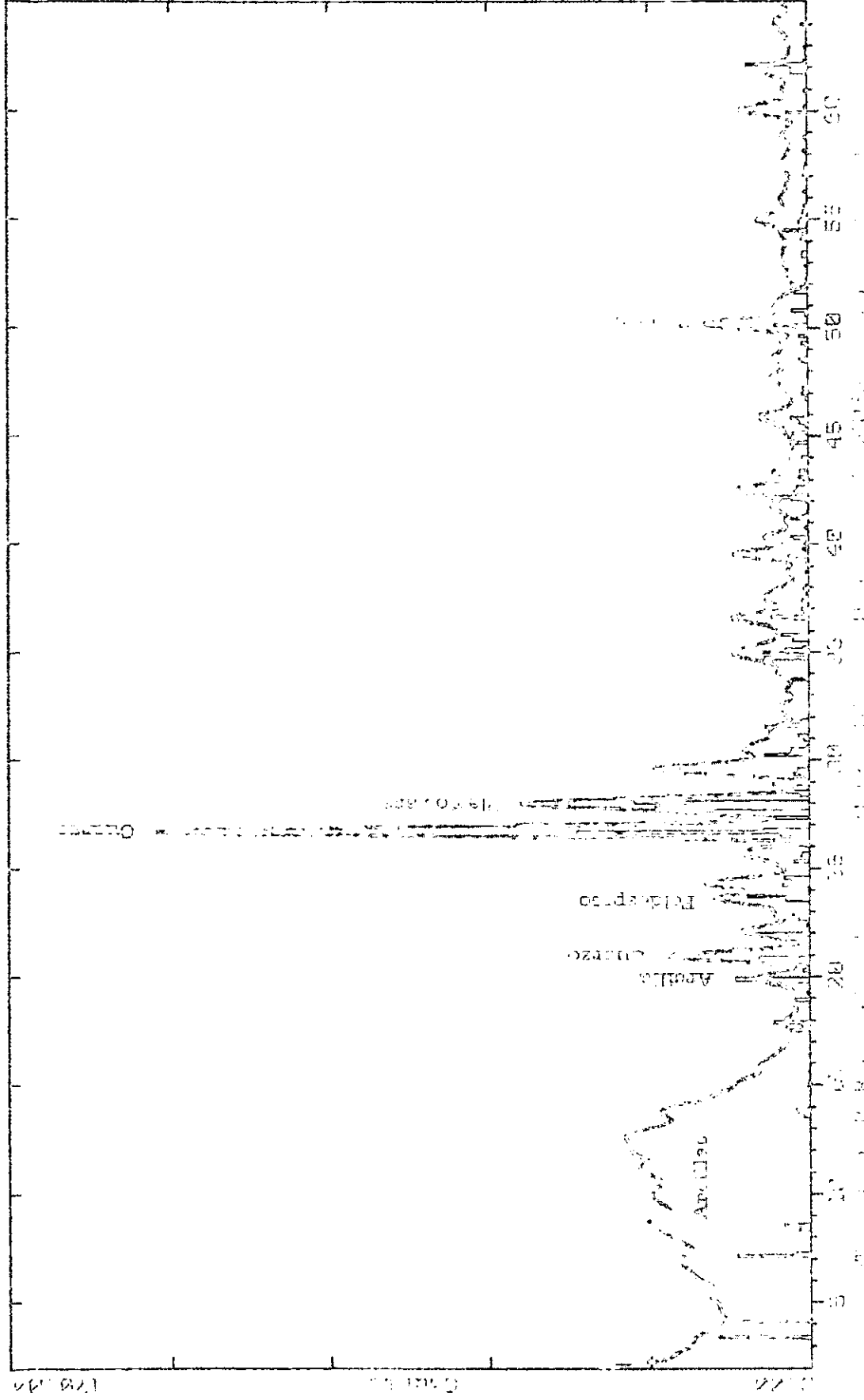
Theta - Scale



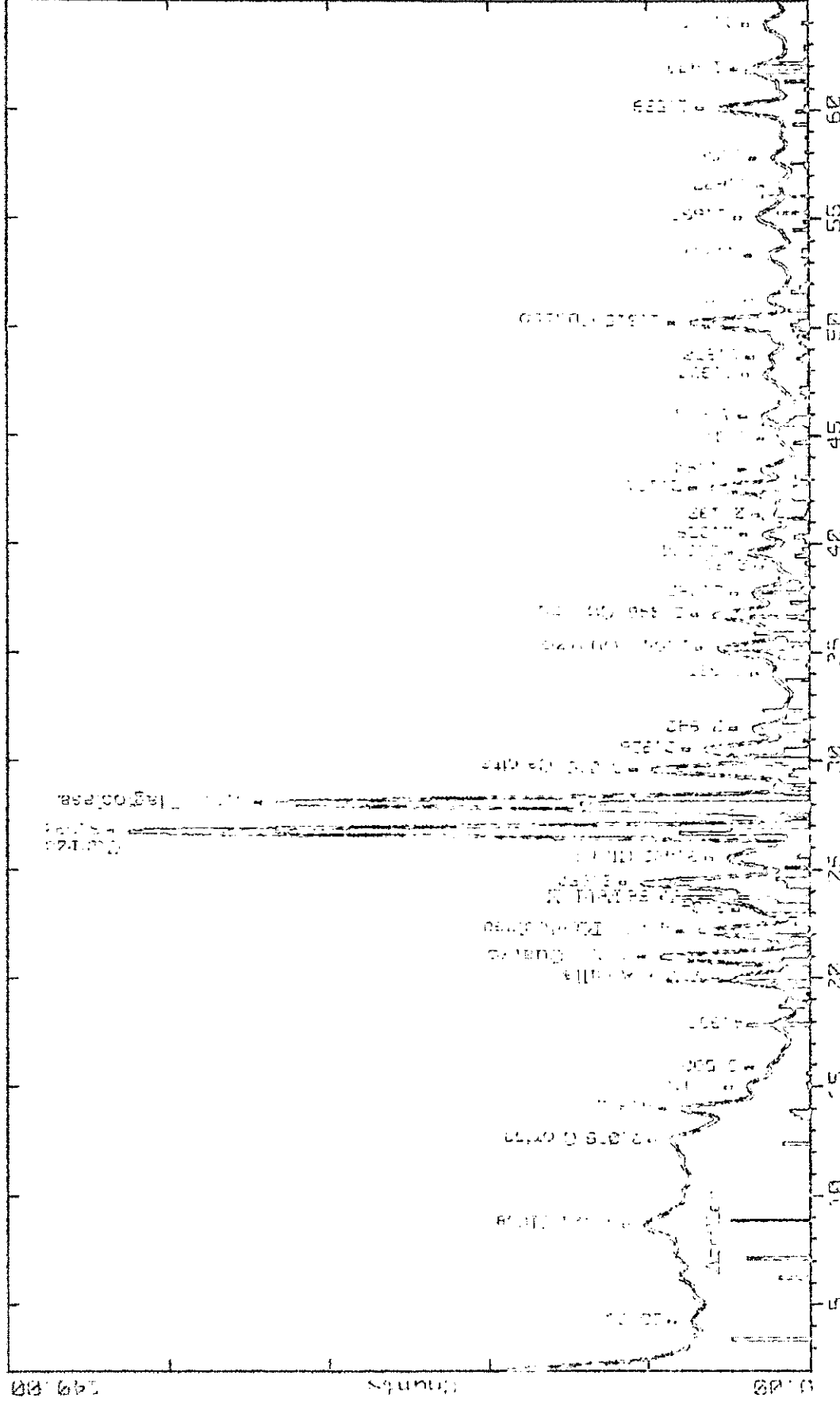
- 04-01151 # SiO2 Quartz, syn (WL 1.5406Å)
- 10-02099 # NaAl3Si3O10(OH)2 Beryl, ordered (WL 1.5406Å)
- 11-1486 # CaAl2Si2O8 Anorthite, ordered (WL 1.5406Å)
- 16-0911 # (K,H3O)Al2Si13Al10(OH)2 Illite-2M1 (WL 1.5406Å)
- 19-0615 # Na2O·SiO2·SiO2·SiO2·SiO2 Illite-1M1 (WL 1.5406Å)
- 12-00229 # MgO(OH)·Al(OH)3·2H2O·2H2O Gonnardite (WL 1.5406Å)
- 12-02219 # Na0.3(AlMg)2Si14Al2O38·2H2O Montmorillonite-18A (WL 1.5406Å)



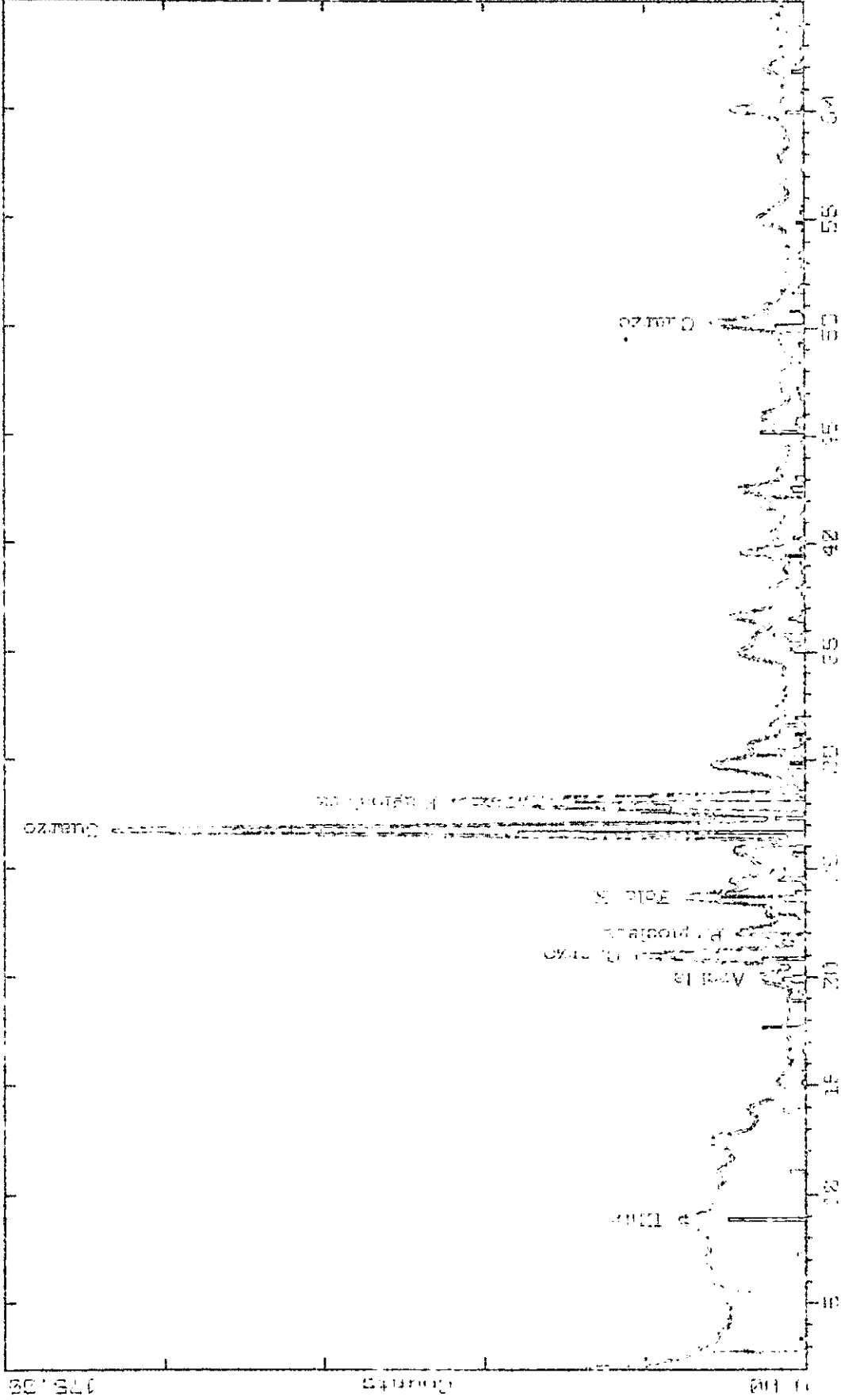
- 11-0794 I 2Mg,Al79(OH)10,Al18O20(OH)2 x H2O Corrensite (WL: 1.5406Ao)
- 13-0759 Q Na2Si4H12O22(OH)2 x H2O Manninonite-14A (WL: 1.5406Ao)
- 07-0784 P NaAlSi3OH8(OH)2 x 12H2O Manninonite-14B (WL: 1.5406Ao)
- 16-0241 I (K,H3O)Al2Si3AlO10(OH)2 Illite-2M1 (WL: 1.5406Ao)
- 11-1486 x CaAl2Si2O8 Anorthite, ordered (WL: 1.5406Ao)
- 00-0000 NaAlSi3OH8(OH)2 x 12H2O Manninonite-14A (WL: 1.5406Ao)
- 39-1151 * SiO2 Quartz, syn (WL: 1.5406Ao)



- 11-1481 * SiO2 Quartz (JCPDS 01-070-0397)
- 11-1485 * CaAl2Si2O8 Anorthite, ordered (WL 1.5426Ao)
- 29-1455 * K1.2Al4.5Si6O20(OH)4.4H2O Rectorite (WL 1.5406Ao)
- 27-1133 * CaAl2Si2O8 Epidote (JCPDS 01-070-0397)
- 27-0930 * CaAl2Si2O8 Epidote-Montmorillonite (JCPDS 01-070-0397)
- 34-2433 * Ca0.72Si2.1(Si)Al3.4O12(OH)2 Illite-3MZ (WL 1.5436Ao)



1-0330 D Kev:40Si:1.8022:0.474:4H2O 1 Litu Monticillonite regular (WL: 1.5406A0)
 1-0330 D Kev:40Si:1.8022:0.474:4H2O 1 Litu Monticillonite regular (WL: 1.5406A0)
 33-1161 * SiO2 Quartz, syn (WL: 1.5406A0)
 10-0393 * NaAlSi3O8 Albite, ordered (WL: 1.5406A0)
 15-0487 * Quartz, ordered (WL: 1.5406A0)
 15-0751 * Mg2SiO4 Olivine (WL: 1.5406A0)

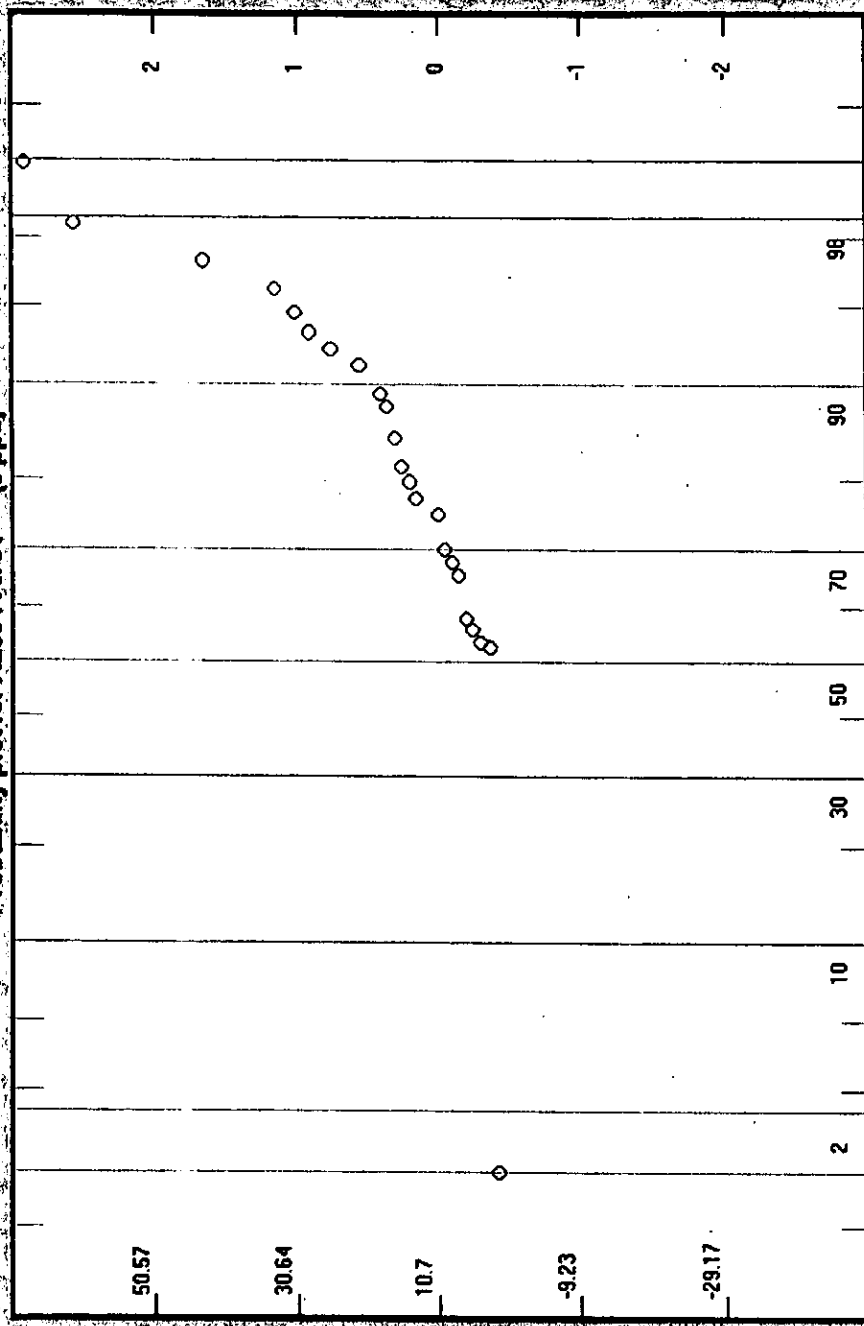


26-0911 1 (K,H3O)Al₂S₂(OH)₂ (WL: 1.540660)
 33-1161 1 SiO₂ Quartz, syt (WL: 1.542653)
 01-070-0100 1 Quartz, syt (WL: 1.540660)
 01-070-0100 1 Quartz, syt (WL: 1.540660)

APENDICE C

Gráficas de distribución estadística por elemento

Probability plot for AuSO₄/FAAA (5 ppb)

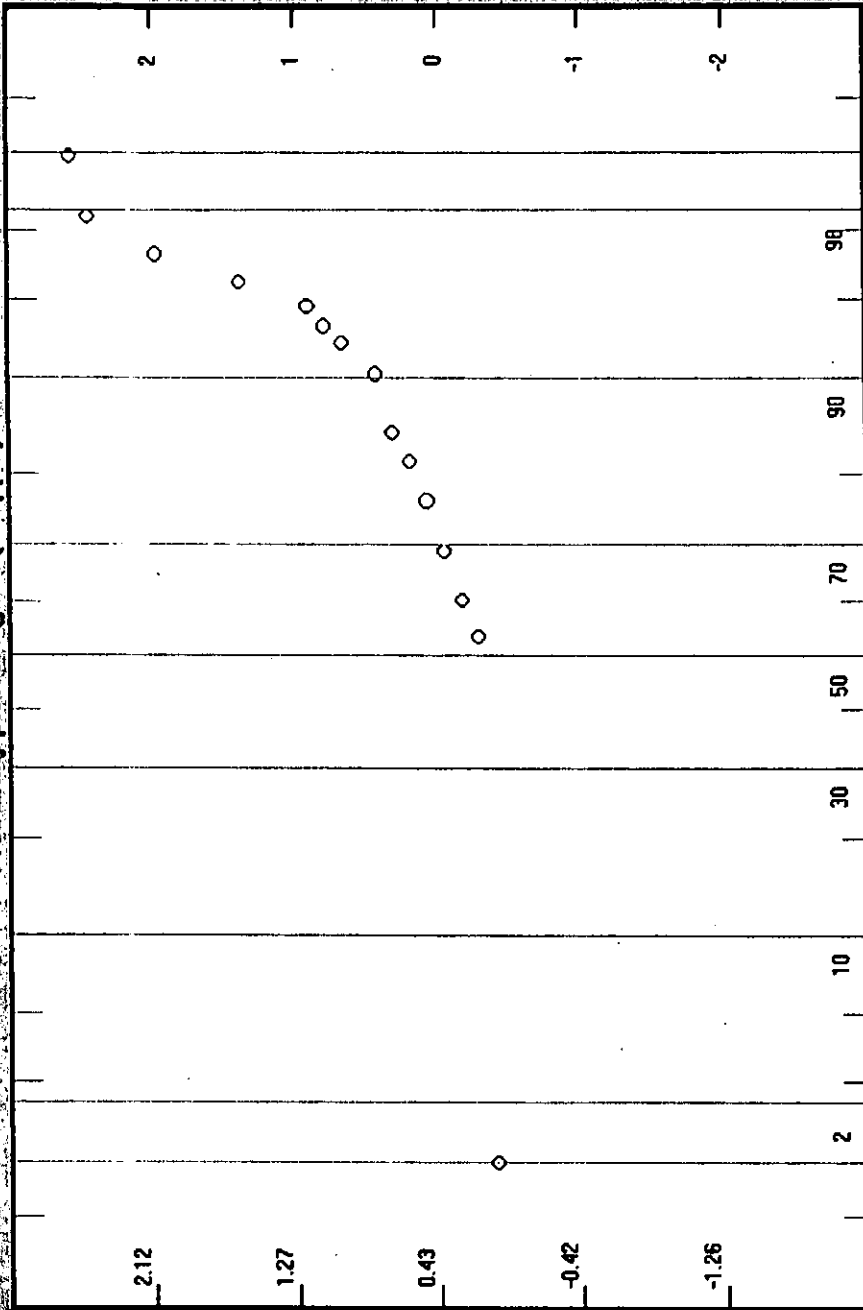


Z-Score
Standard
Deviation
Units

Cumulative Frequency Percent

Data Value 69.95 Percentile 3.68 Subsample Size 11

Probability plot for Ag/ICP (0.2 ppm)

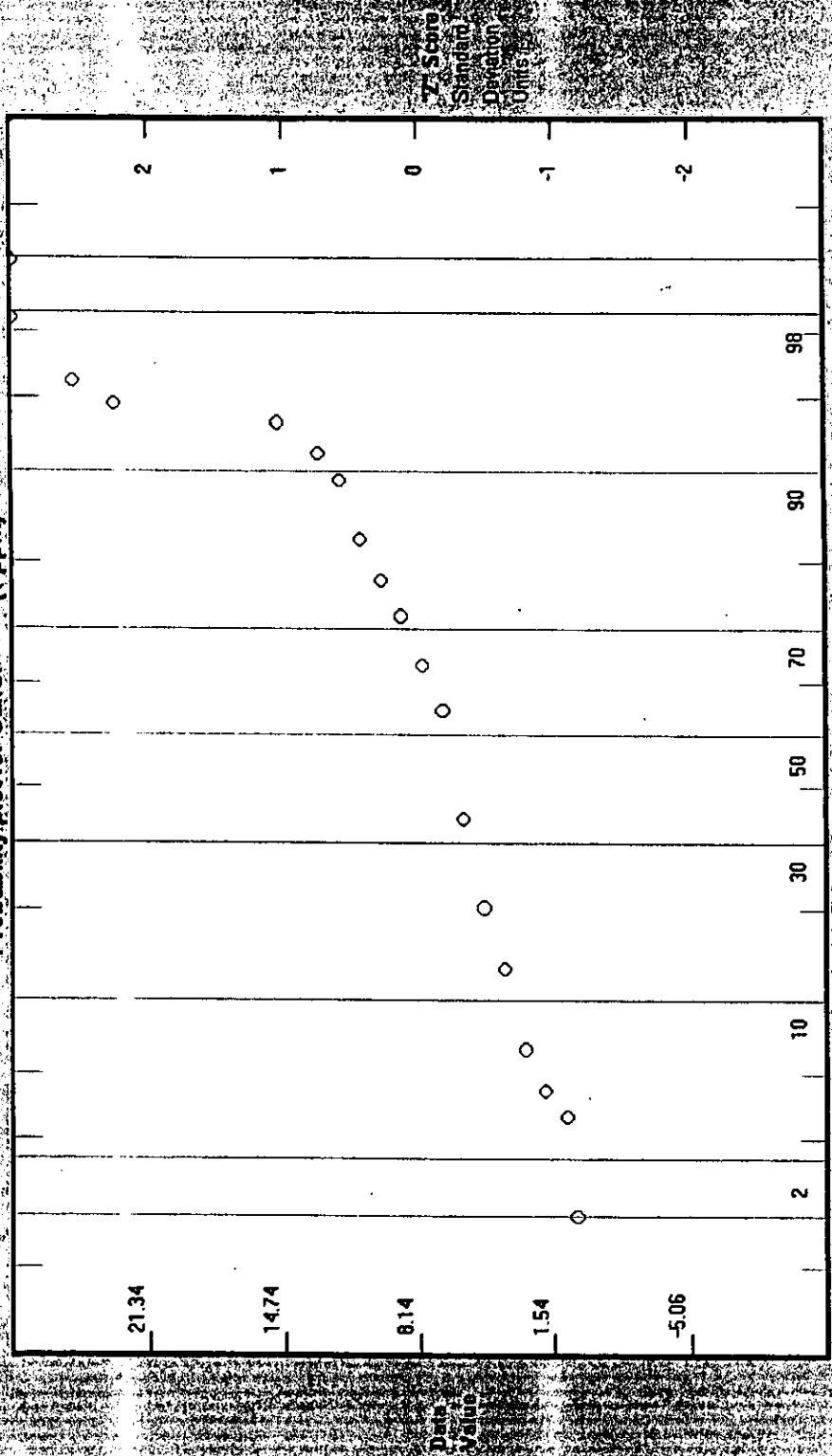


Z Score
Standard
Deviation
Units

Cumulative Frequency Percent

Date Value 283 Percentile 7.28 Subsample rate 1

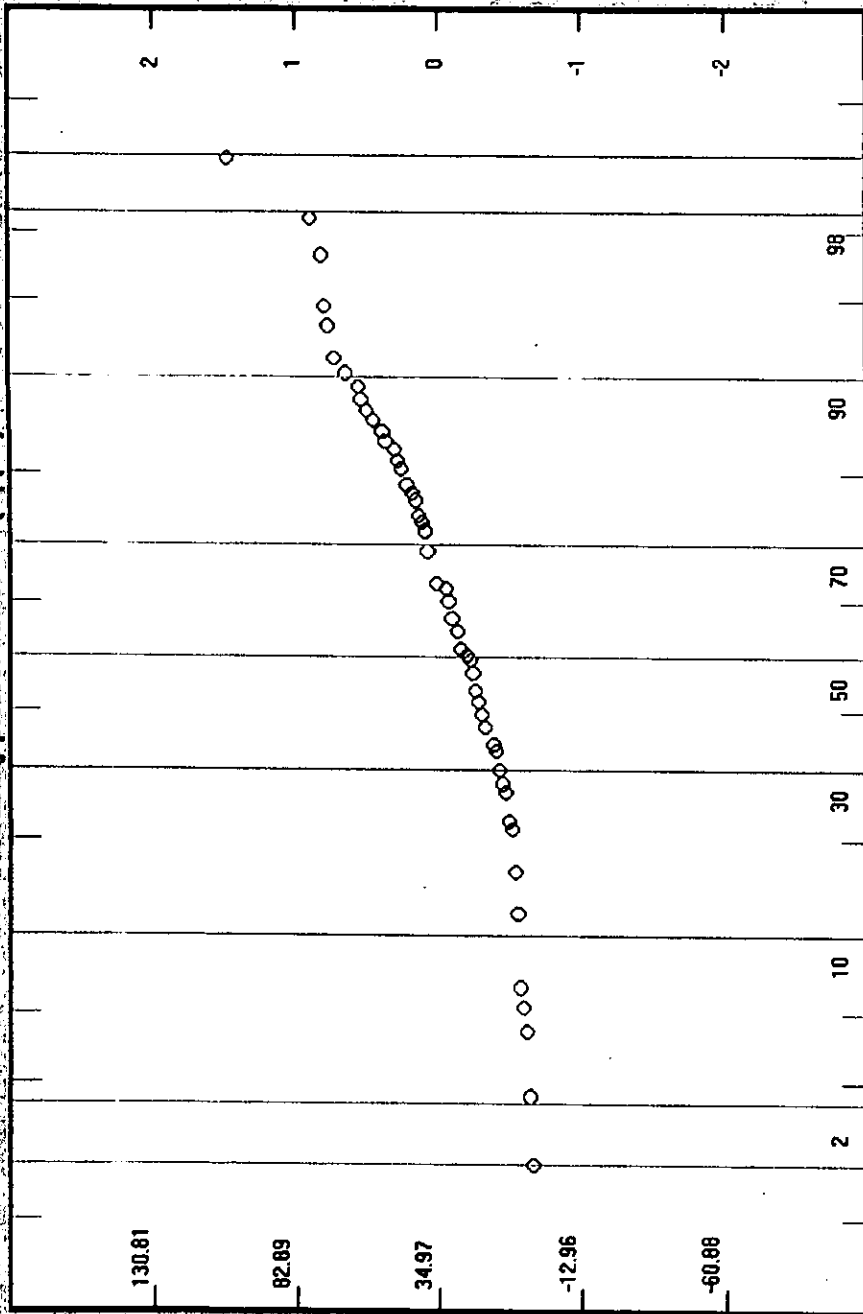
Probability plot for CutCP (1 ppm)



Cumulative Frequency Percent

Data Value 26.76 Percentile 3.49 Subsample rate 1

Probability plot for Pb/ICP (2 ppm)



130.81

82.69

34.97

-12.96

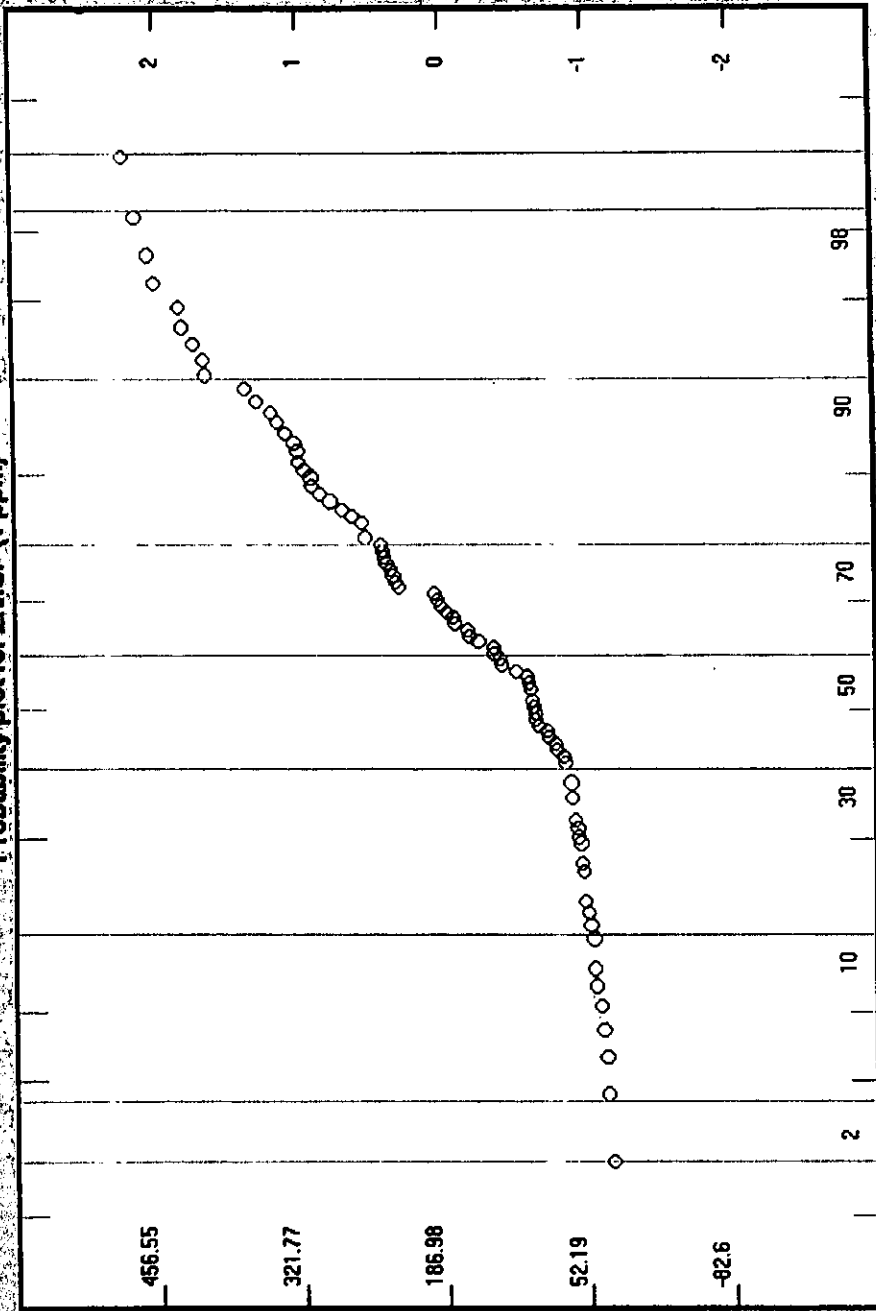
-60.88

Data Value

Cumulative Frequency Percent

Data Value 170.69 Percentile 624 Subsample Size 1

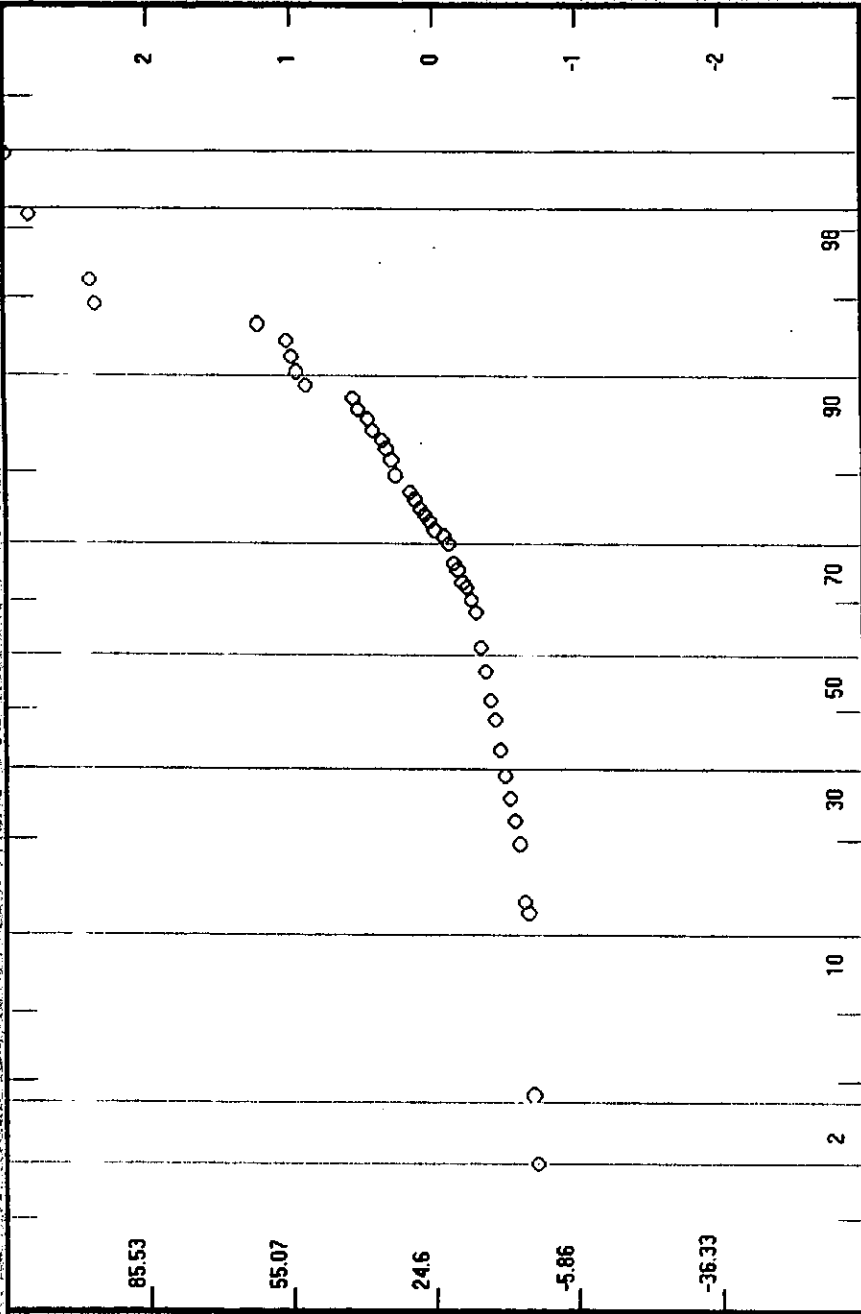
Probability plot for Zn/ICP (1 ppm)



Cumulative Frequency Percent

Data Value 392.18 Percentile .5 Subsample rate 1

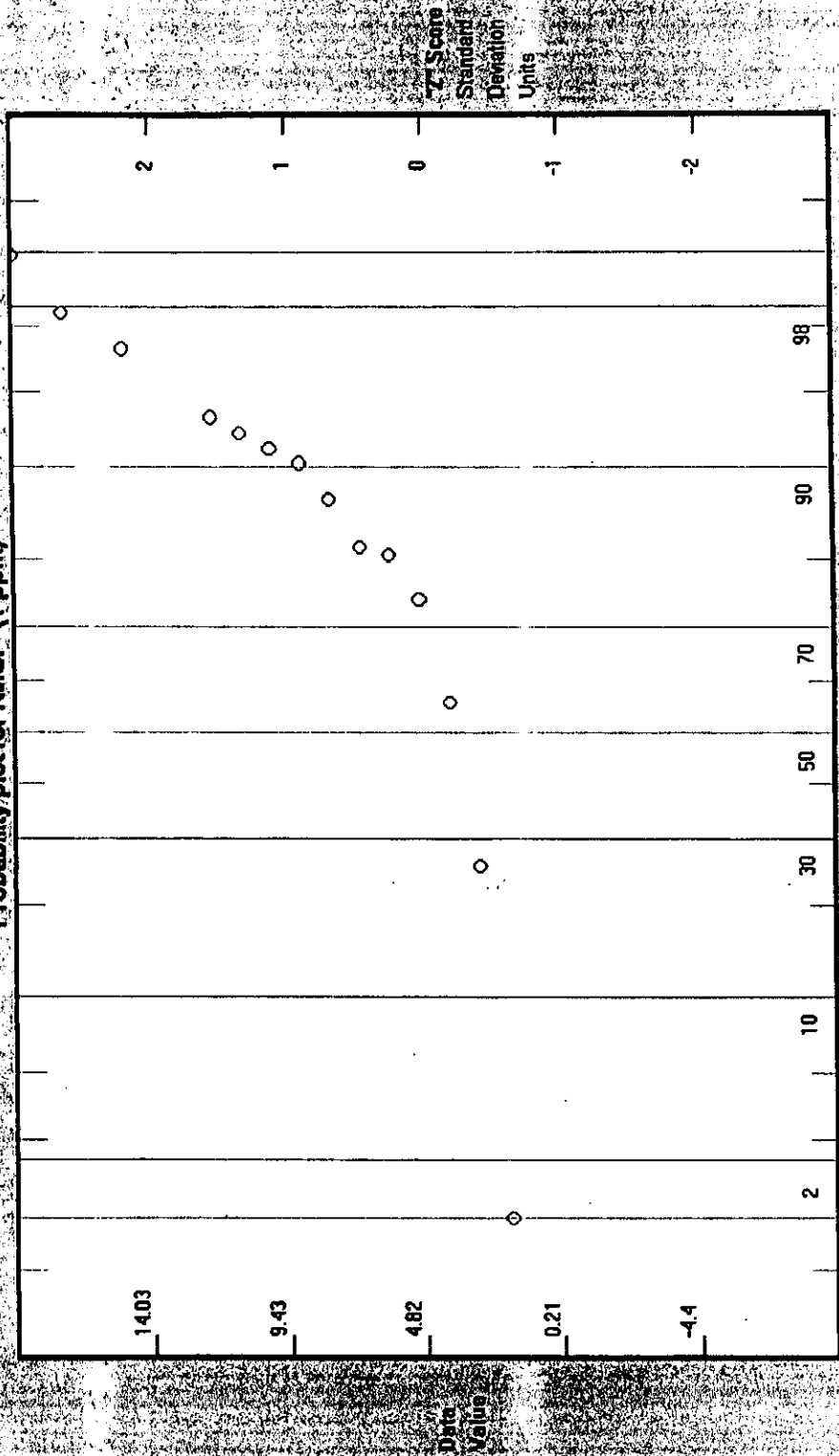
Probability plot for CritCP (1 ppm)



Cumulative Frequency Percent

Data Value	63.48	Percentile	1.21	Subsample rate	1
------------	-------	------------	------	----------------	---

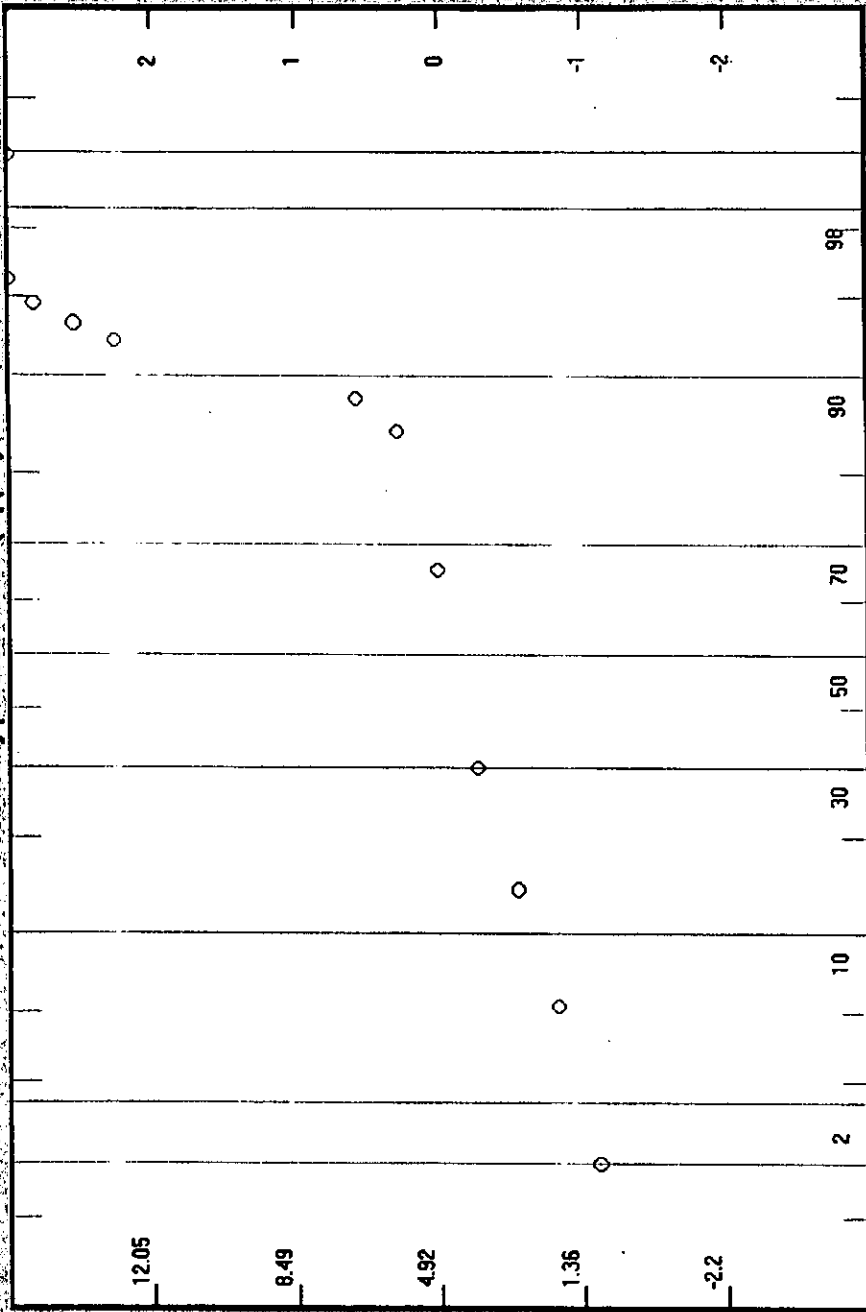
Probability plot for NiMCP (1 ppm)



Cumulative Frequency Percent

Data Value	Value	Percentile	Value%	Subsample rate
				1

Probability plot for ColCP (1 ppm)

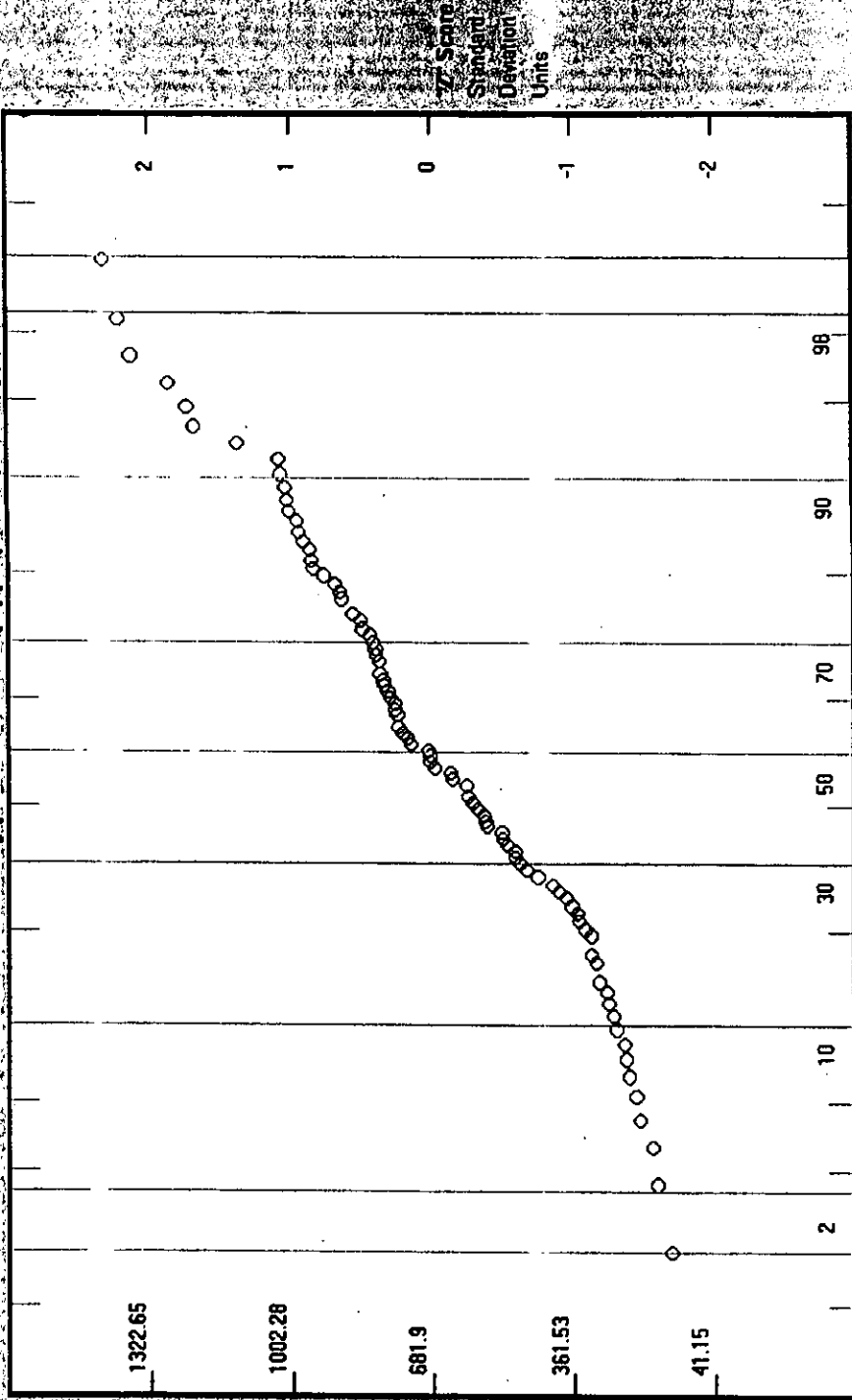


Z-Score
Standard
Deviation
Units

Cumulative Frequency Percent

Data Value 15.62 Percentile 1.21 Subsample rate 1

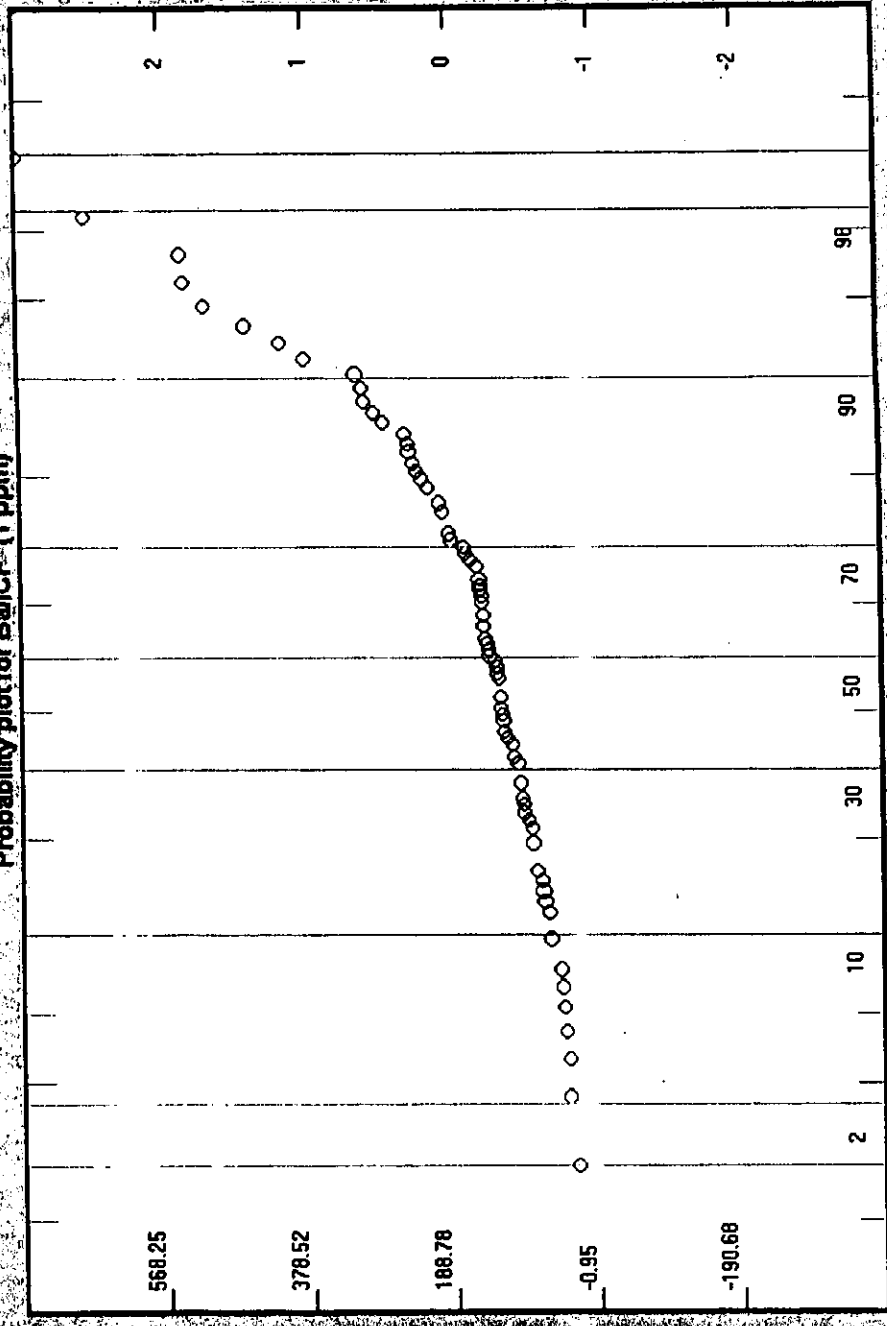
Probability plot for Mn/ICP (1 ppm)



Cumulative Frequency Percent

Data Value Percentile Value% Subsample rate 1

Probability plot for Ba/CP (1 ppm)

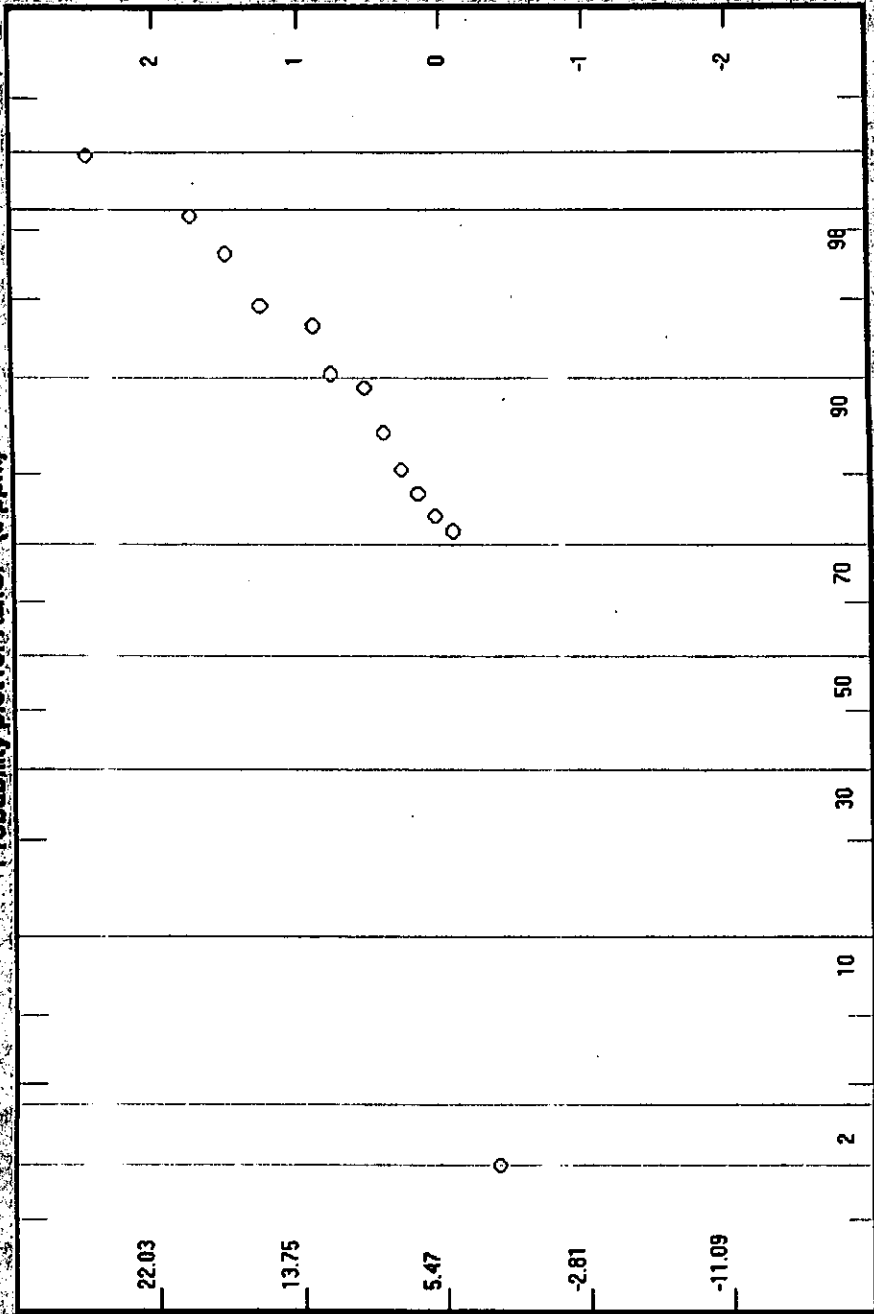


Scale
Standard
Deviation
Units

Cumulative Frequency Percent

Data Value 730.38 Percentile 1.52 Subsample rate 1

Probability plot for As/CP (6 ppm)

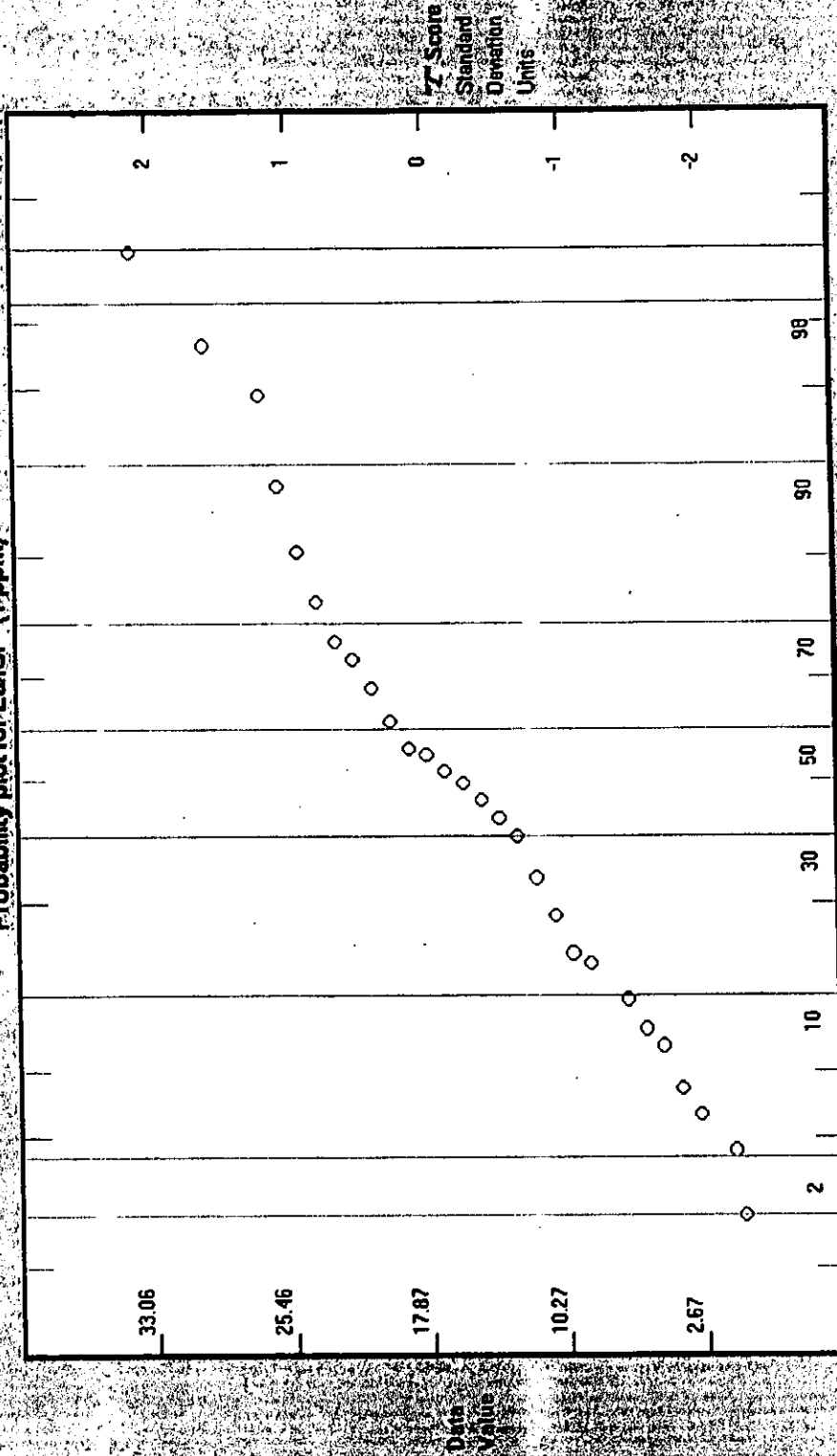


Z-Score
Standard
Deviation
Units

Cumulative Frequency Percent

Data Value 29.94 Percentile 1.15 Subsample rate 1

Probability plot for LallCP (1:ppm)

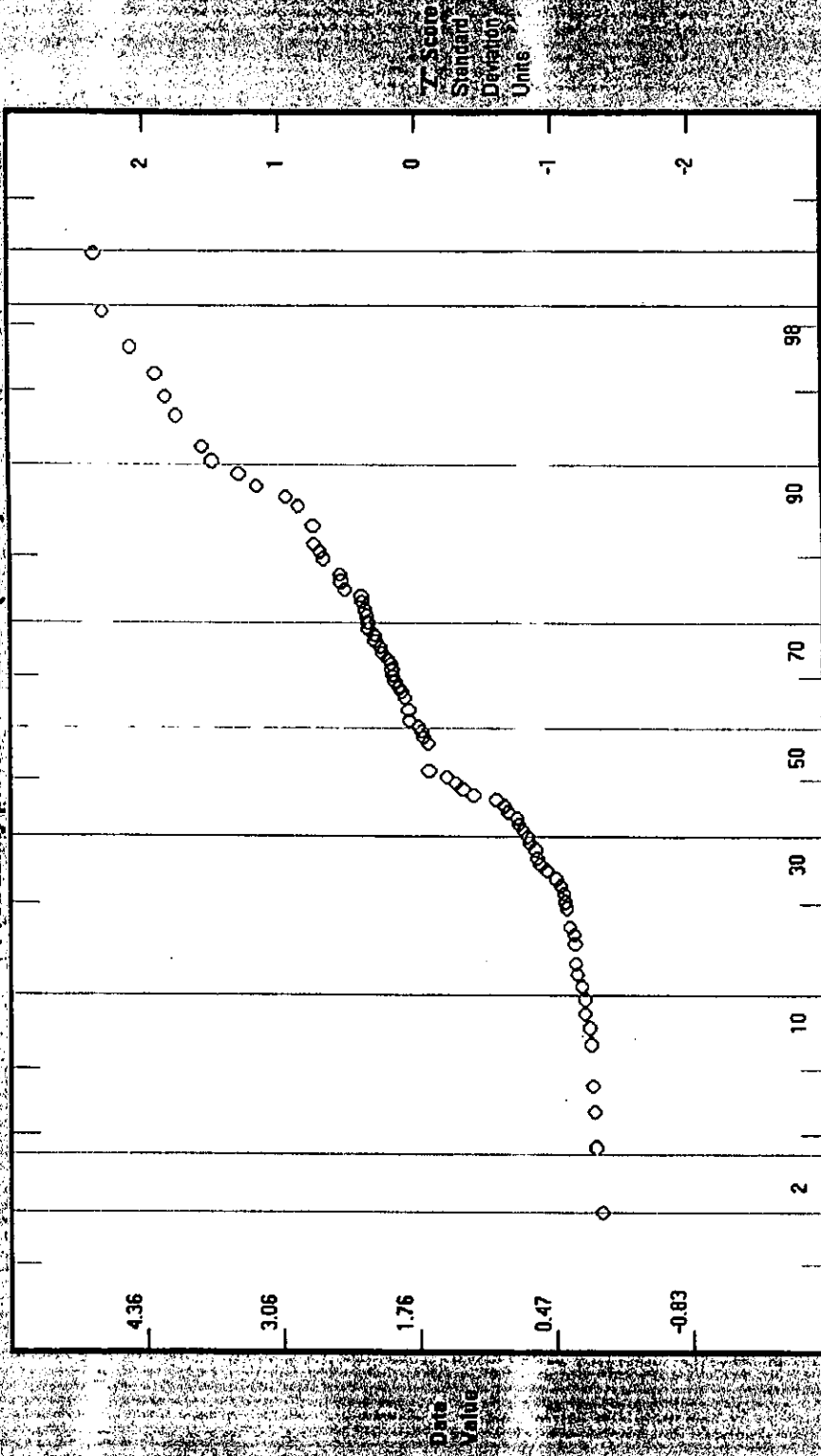


Cumulative Frequency Percent

Data Value	40.23	Percentile	2.59	Subsample rate	1
------------	-------	------------	------	----------------	---

Data Value

Probability plot for CallCP (0.01 %)

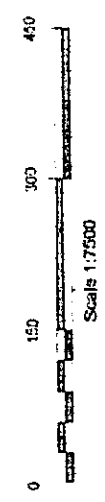
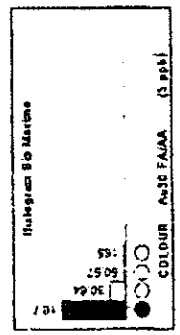
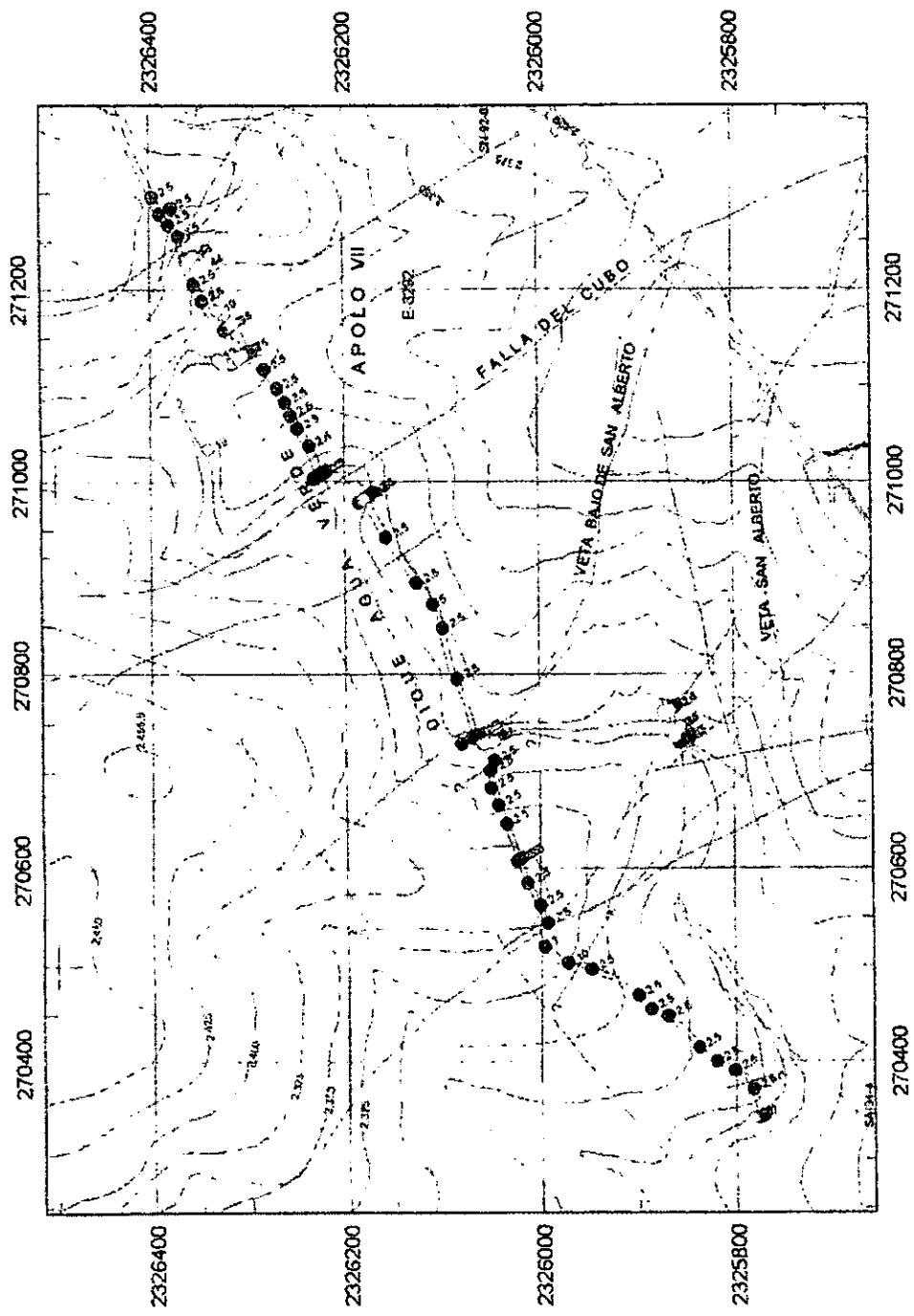
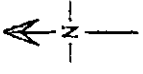


Cumulative Frequency Percent

Data Value	5.59	Percentile	1.5	Subsample rate	1
------------	------	------------	-----	----------------	---

APENDICE D

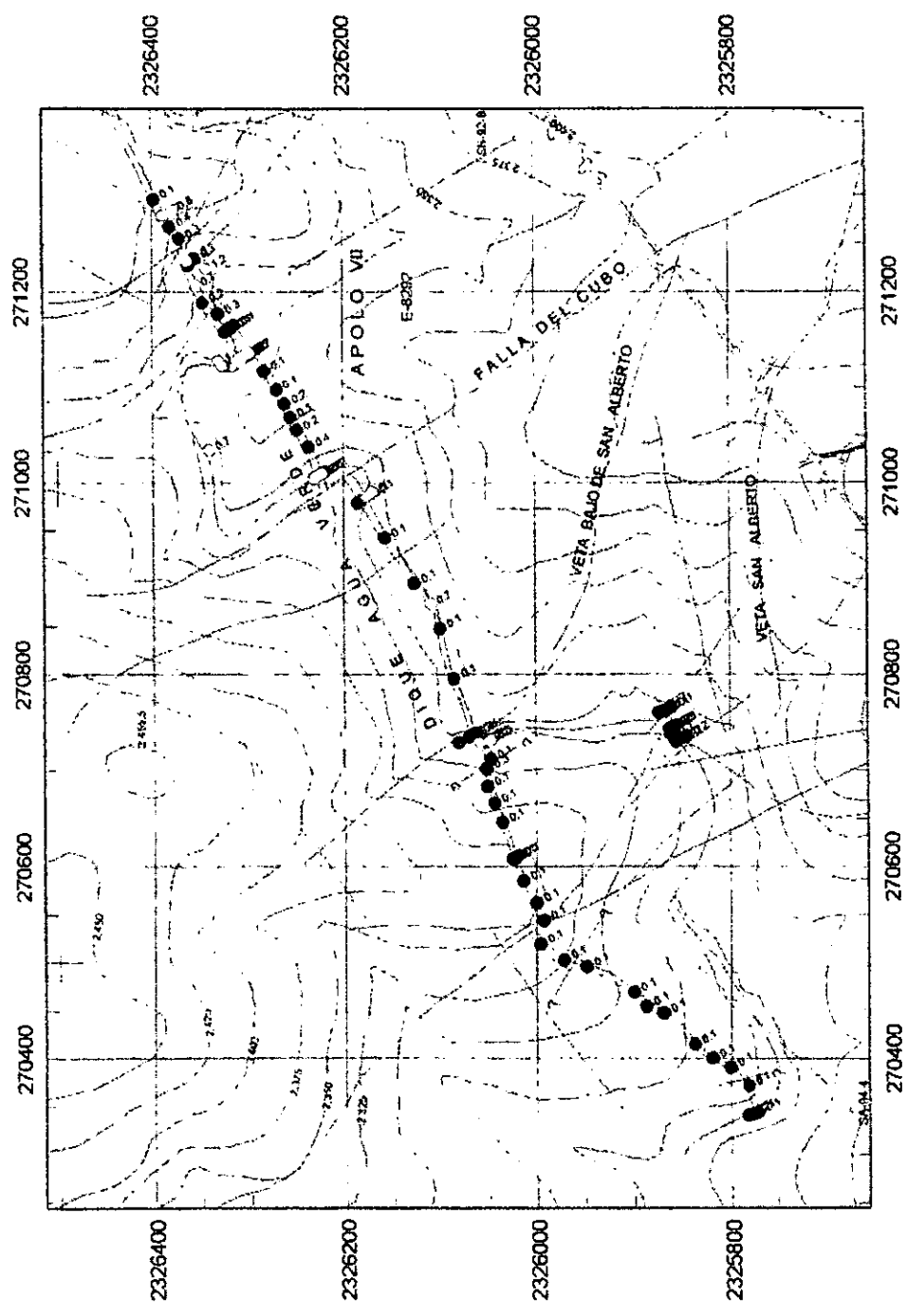
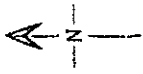
Planos de Distribución Geoquímica



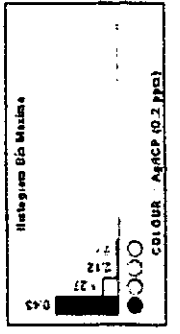
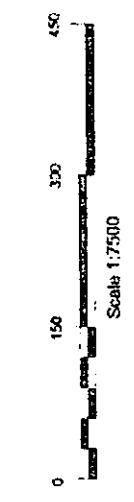
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
Distribución Geométrica de No (ppb) I
Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Primitivo J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA 11-01-1989 ESCALA 1:7.500
LAMINA



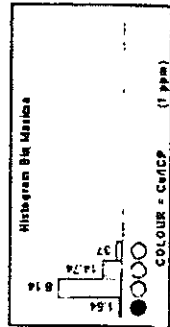
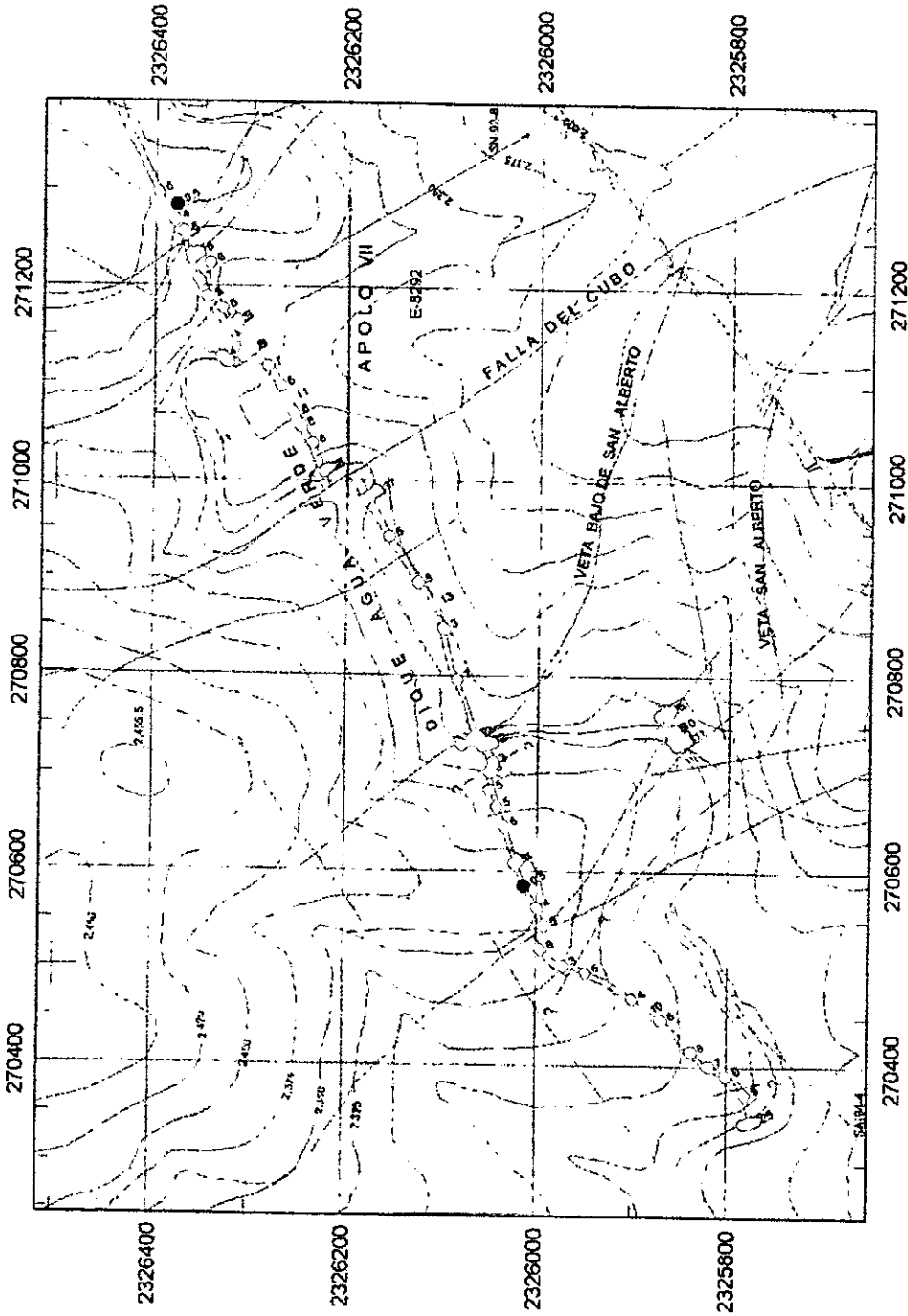
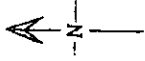


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
Distribución Geométrica de Ag (ppm)
Area Dique Agua Verde



INGENIERO PROFESIONAL Primitivo J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA: 1-01-1999 ESCALA: 1:7500
LAMINA





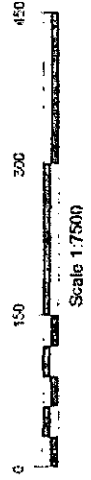
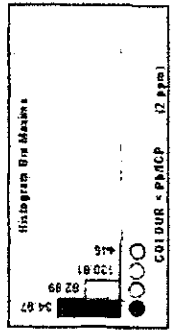
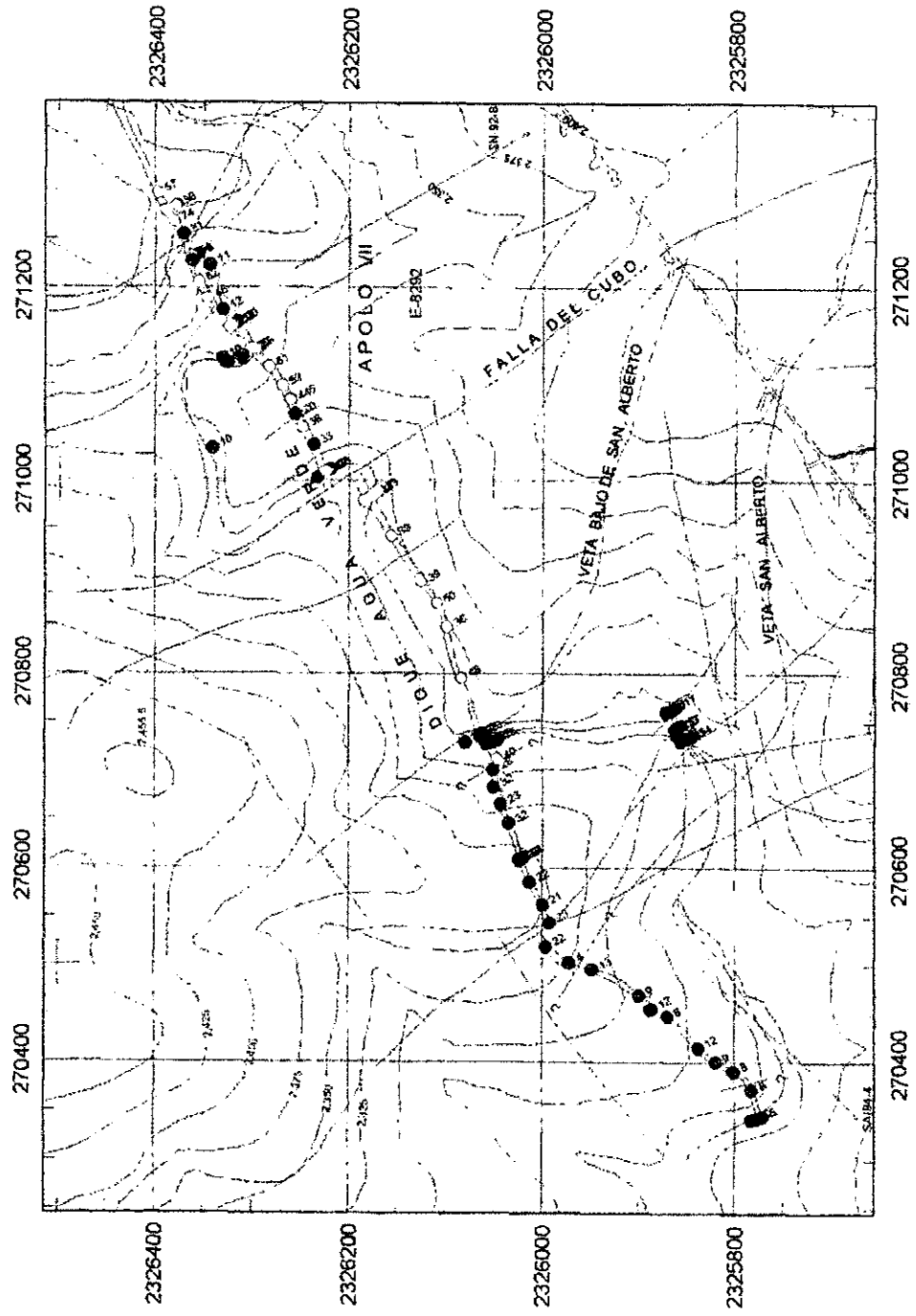
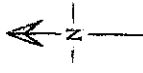
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de Cu (ppm)

Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Primitivo J. Sánchez A. GUANAJUATO, GTO.
LAMINA FECHA 11-01-1999 ESCALA 1:7500





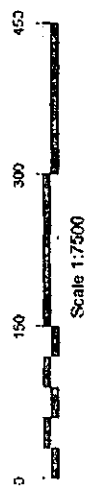
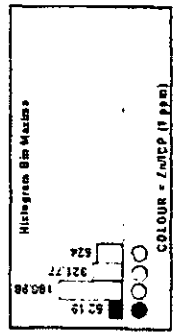
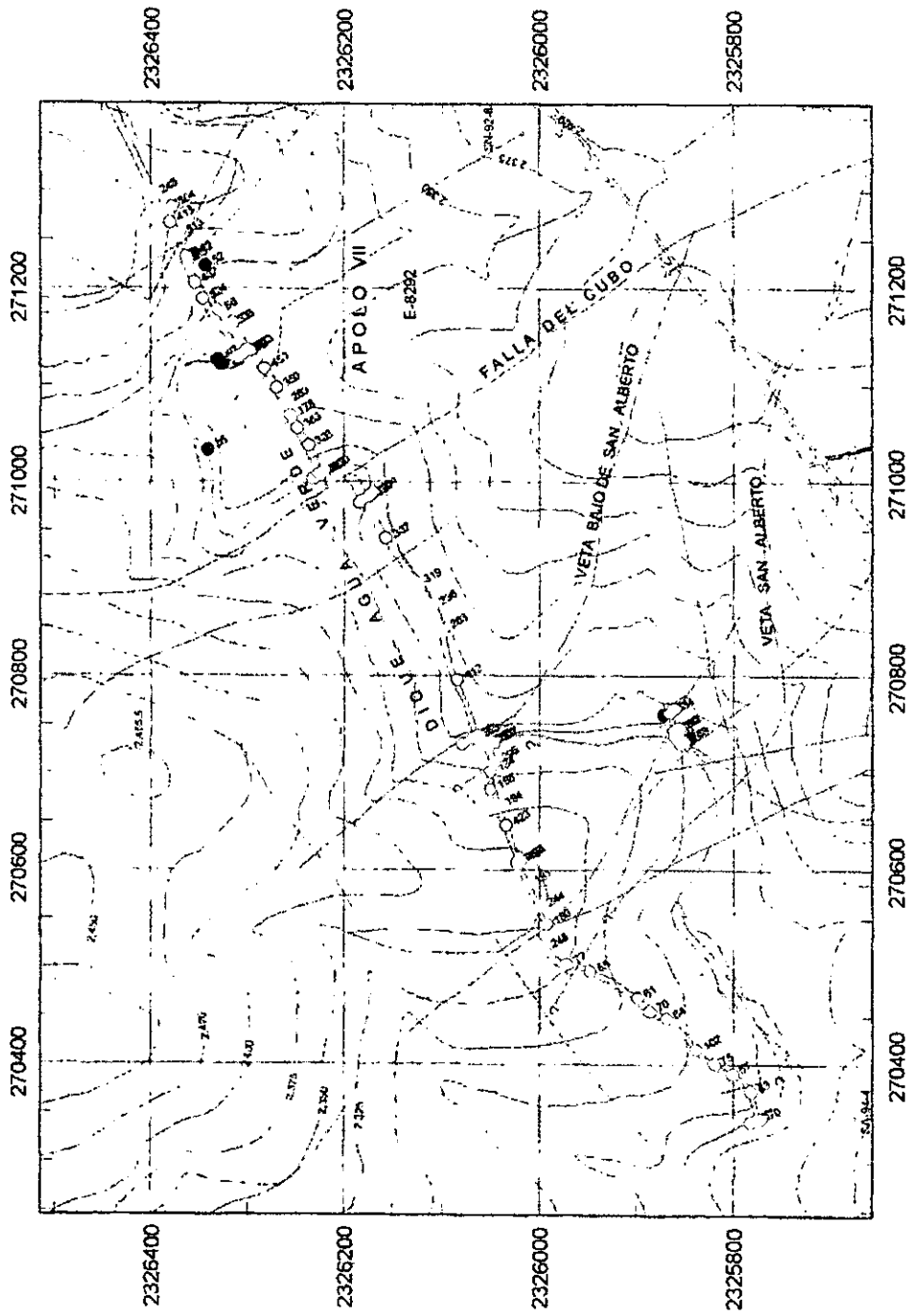
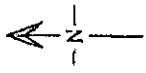
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geométrica de PD (ppm)

Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Primitivo J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
LÁMINA: FECHA: 11-01-1969 ESCALA: 1:7500





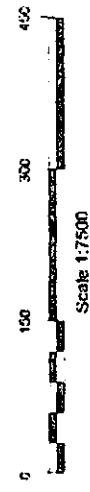
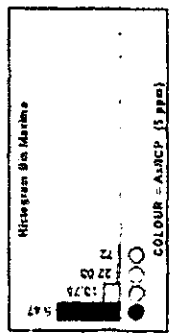
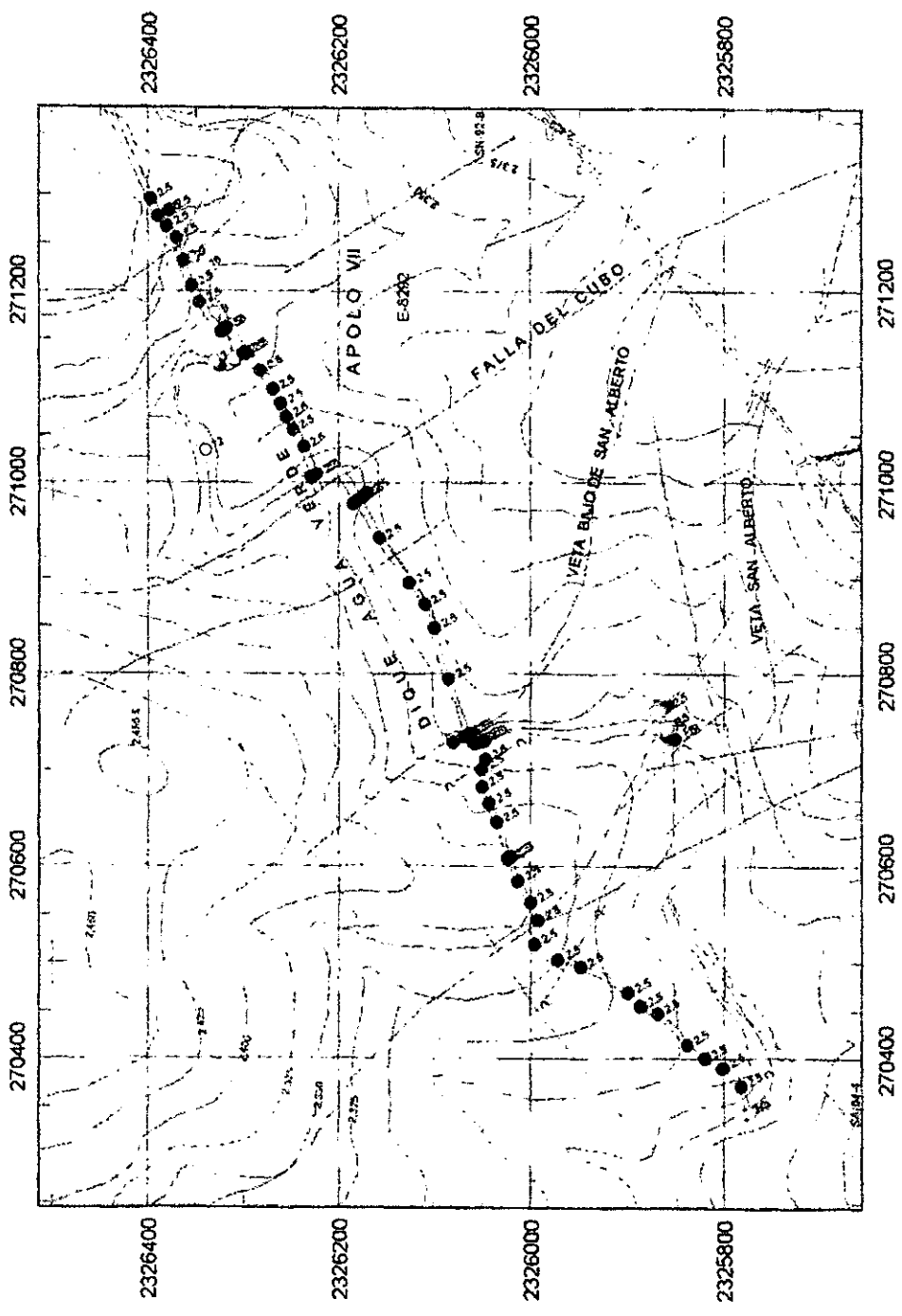
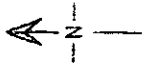
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de Zn (ppm)

Área Níque Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Primitivo J. Sánchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA: 11-01-1999 ESCALA: 1:7500
LAMINA





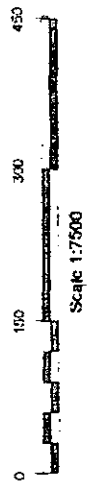
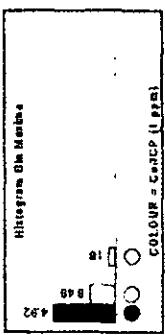
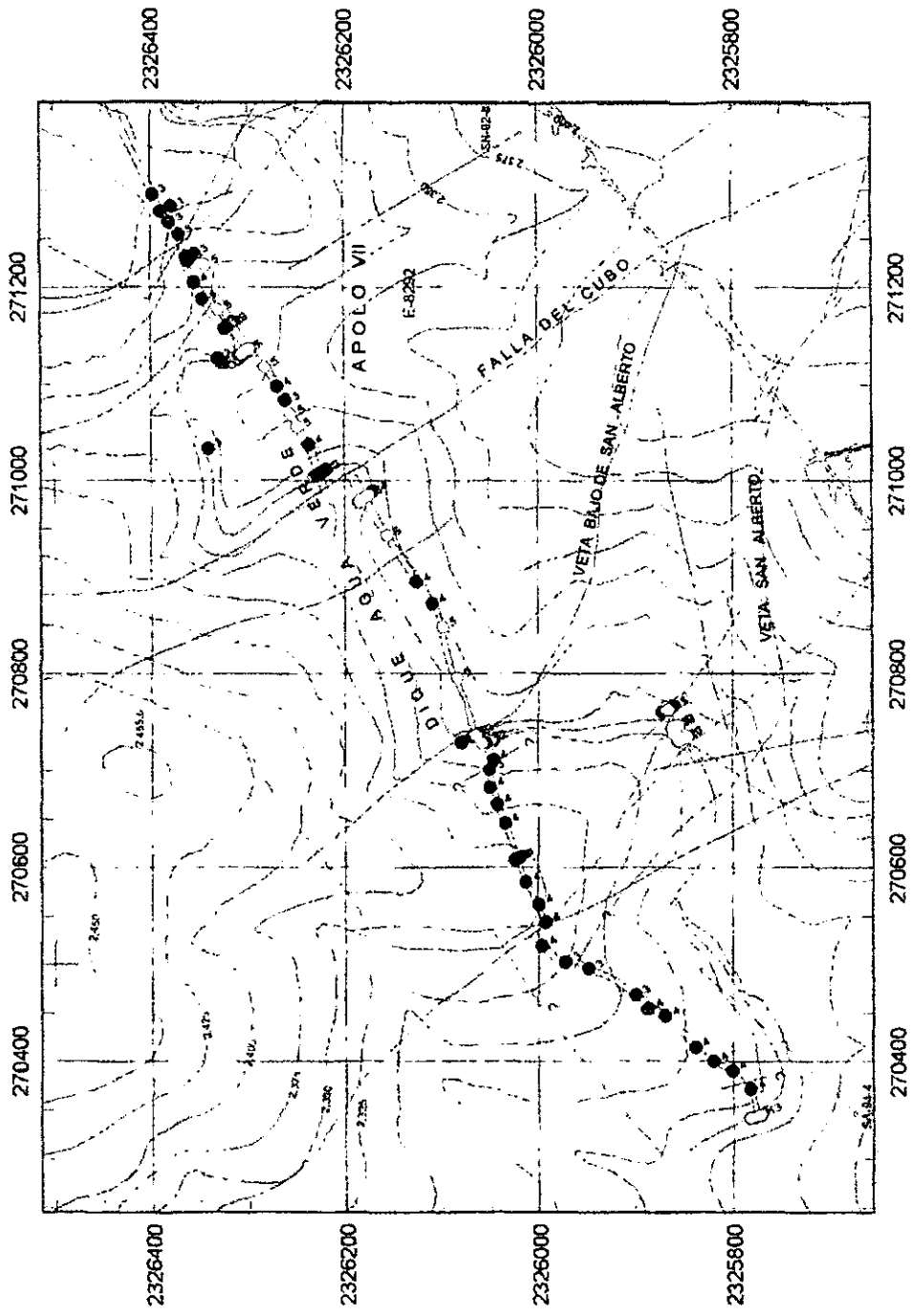
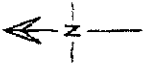
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de As (ppm)

Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Primitivo J. Sánchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA: 11-01-1999 ESCALA: 1:7500
LAMINA





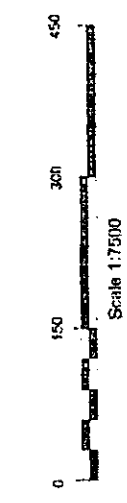
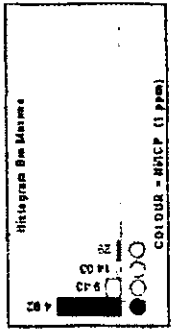
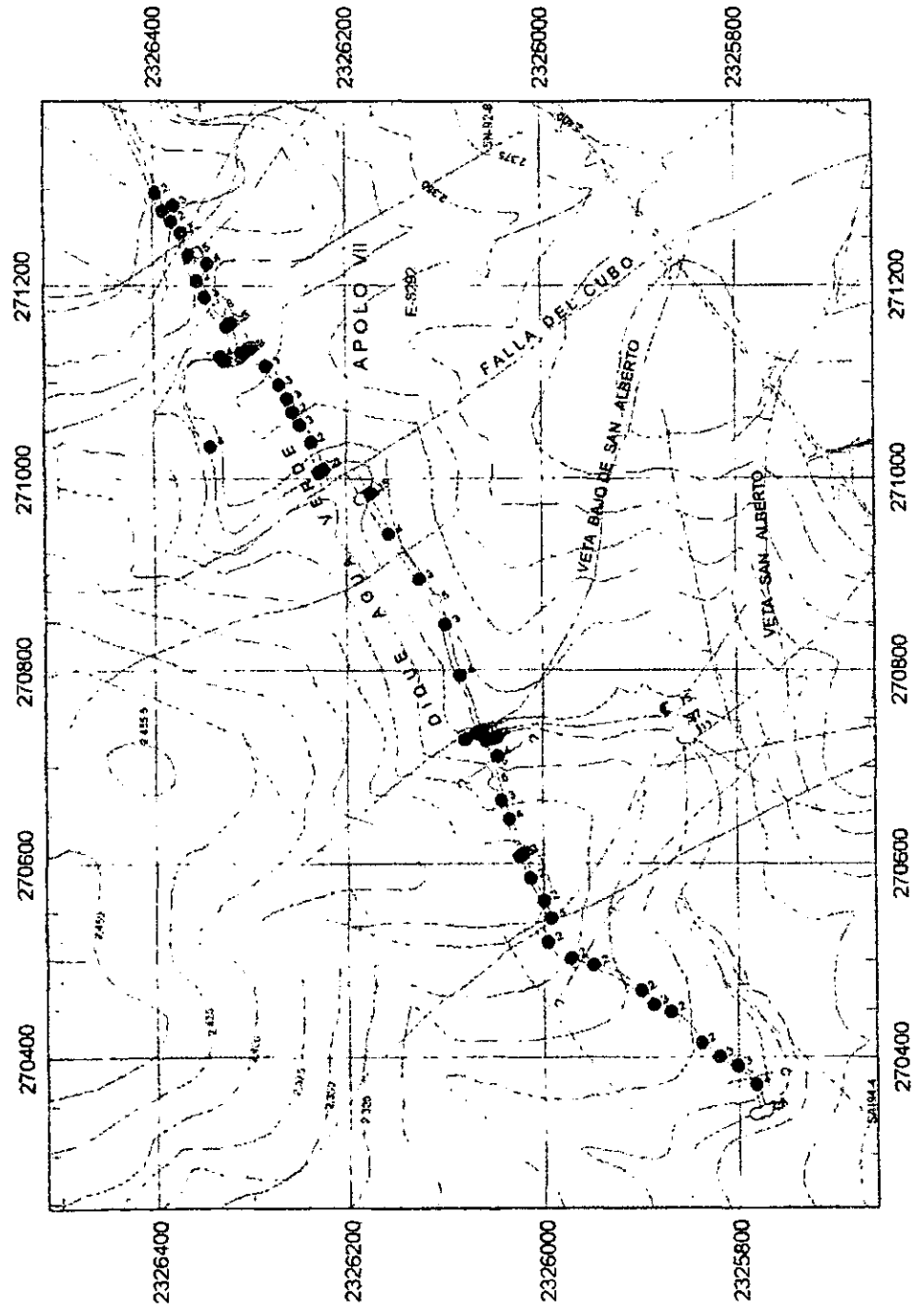
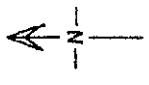
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de Pb (ppm)

Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Plinio J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA: 11-01-1968 ESCALA: 1:7500
LAMINA



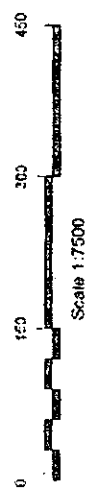
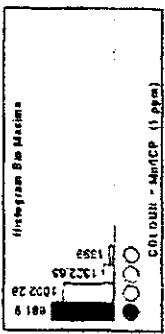
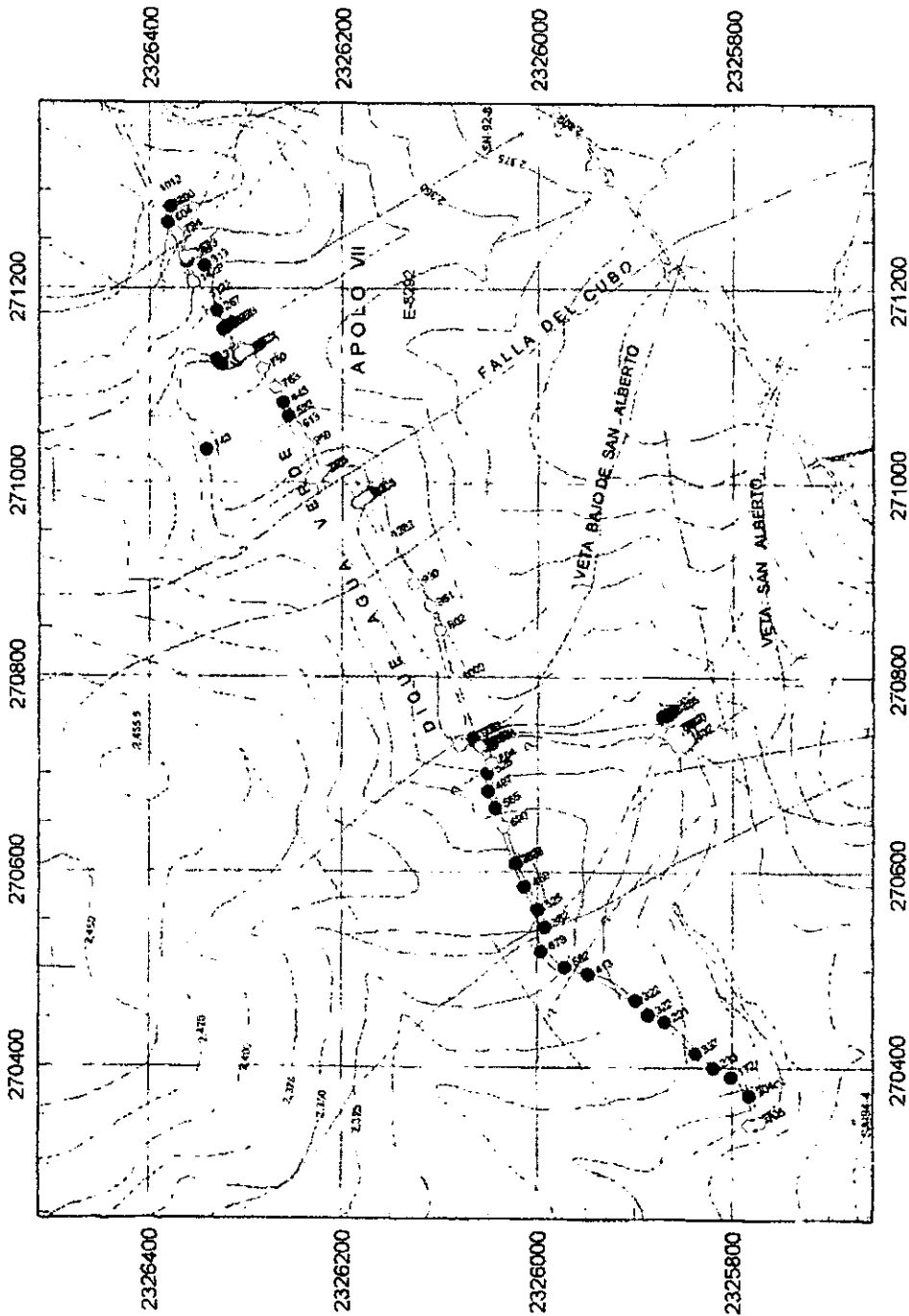
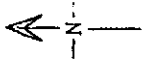


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
Distribución Geoquímica de Ni (ppm)
Area Dique Agua Verde

IESIS PROFESIONAL (P) Emilio J. Sánchez A. GUANAJUATO, GTO.
LÁMINA FECHA: 11-01-1995 ESCALA: 1:7.500



BITINDEX



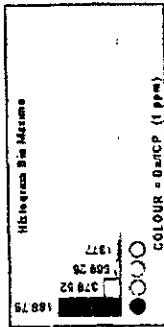
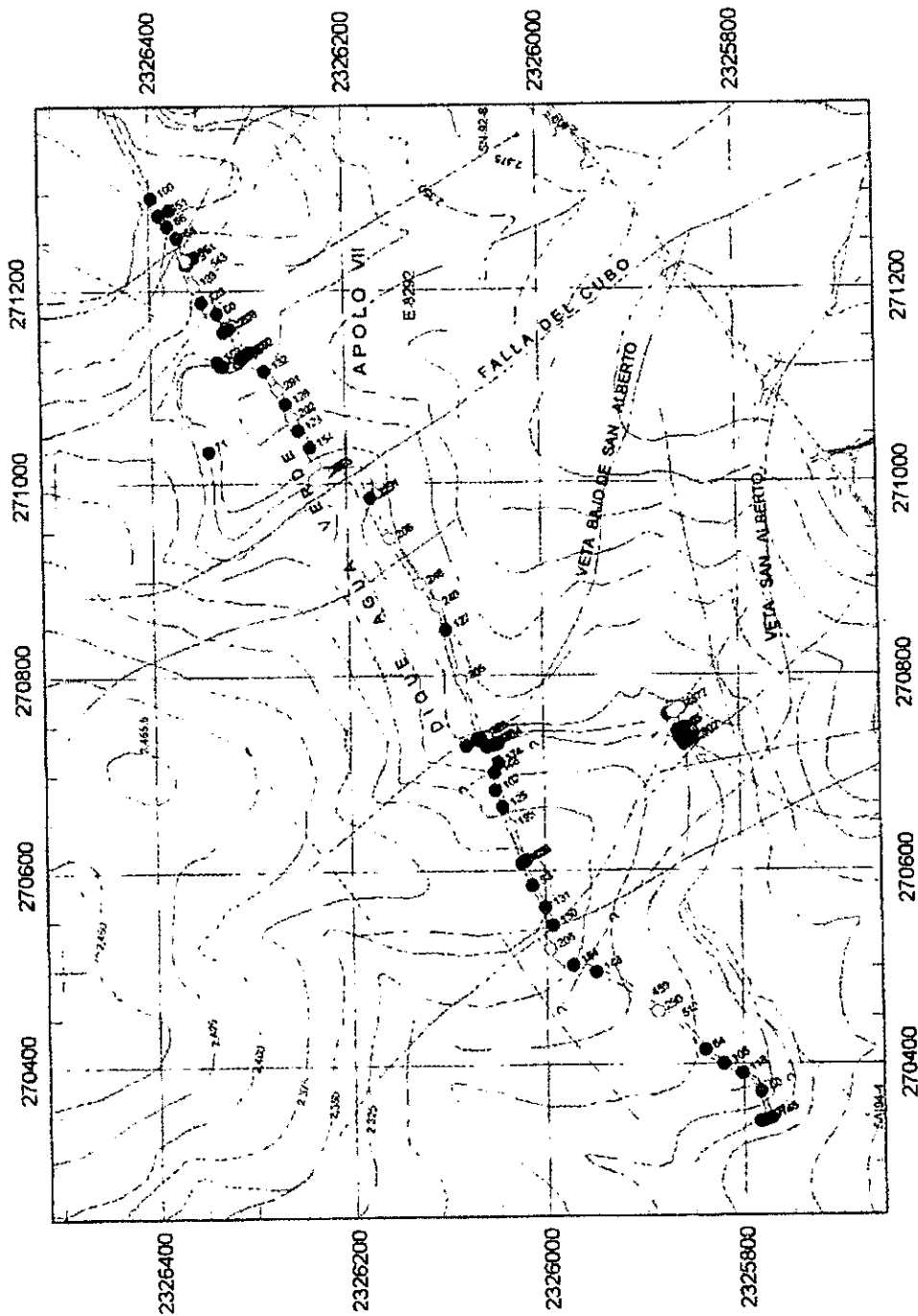
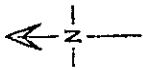
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de Mn (ppm)

Area Dique Agua Verde

INGENIERO PROFESIONAL: Primitivo J. Sánchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA: 11-01-1969 ESCALA: 1:7500
LAMINA





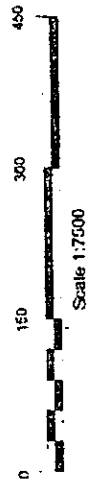
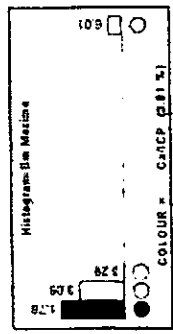
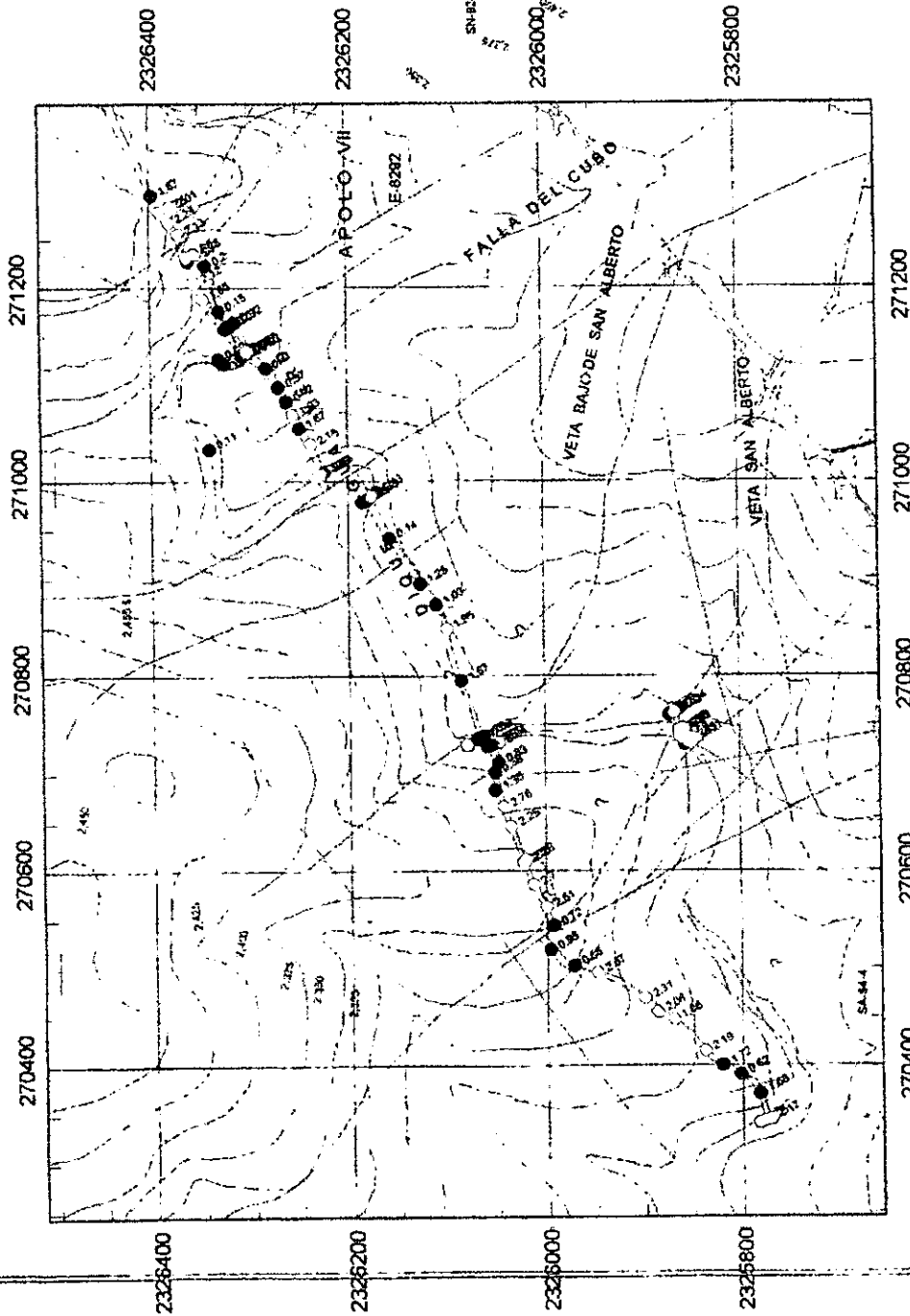
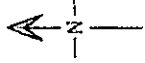
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de Ba (ppm)

Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Plinio J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA 11-01-1999 ESCALA 1:7500
LAMINA





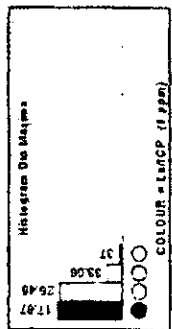
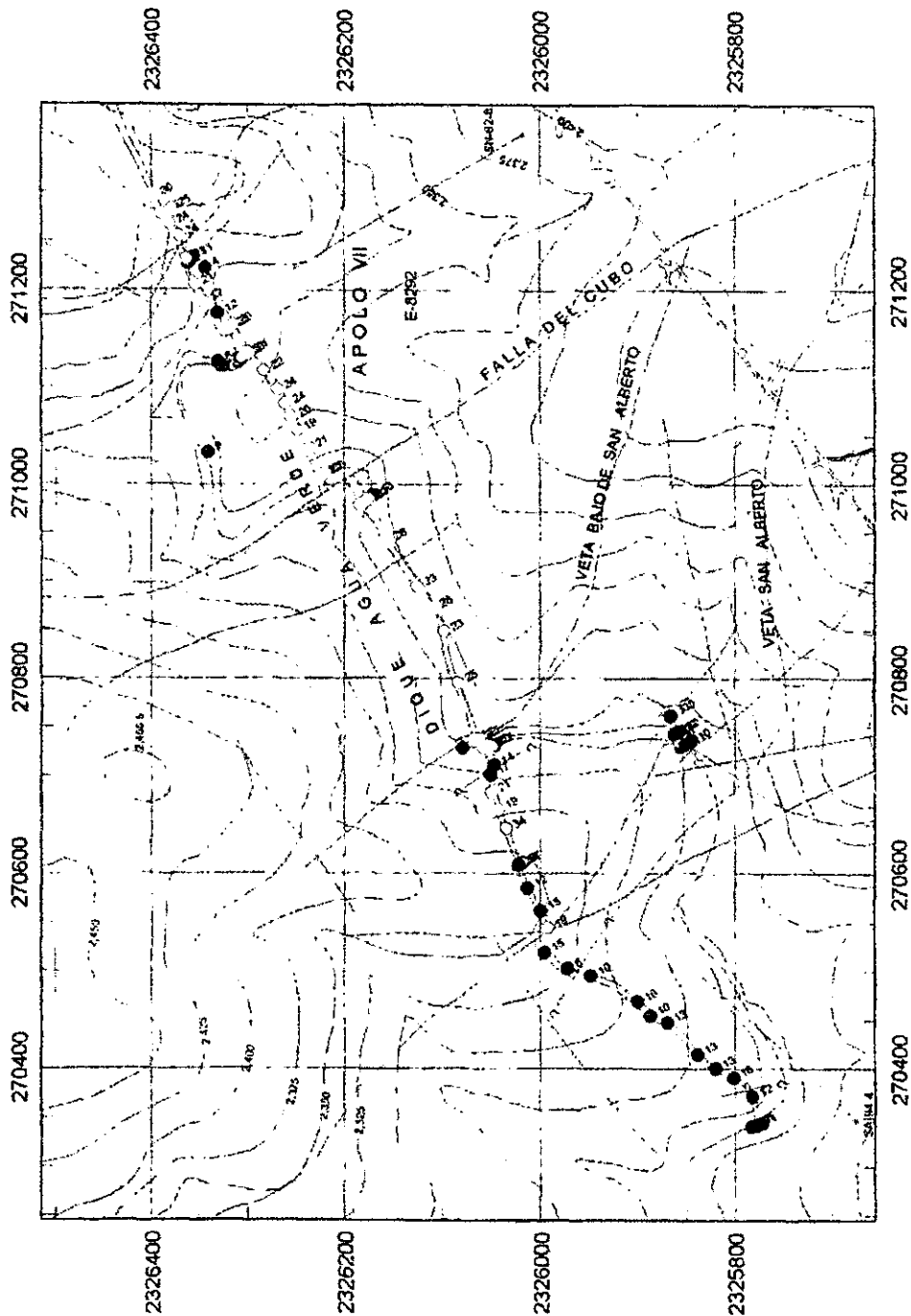
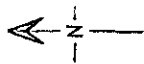
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de Ca (%)

Area Dique Agua Verde

IESIS PROFESIONAL Primitivo J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
FECHA: 11-01-1998 ESCALA: 1:7.500
LAMINA





Scale 1:7500

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución Geoquímica de La (Pom)

Area Dique Agua Verde

TESIS PROFESIONAL Primeros J. Sanchez A. GUANAJUATO, GTO.
FEC-IA 11-01-1999 ESCALA 1:7.500
LAMINA



APENDICE E

Resultados de Análisis Químicos

Muestra No.	Tipo de roca	Alteración	Estructura	REE	Mayores	EsFe	NoFe	F/AlA	Au3D	AgCP	Cu/CP	Pb/CP	Zn/CP	Mn/CP	Co/CP	Cd/CP	Bi/CP	Sb/CP	Fe/CP	Mn/CP	Te/CP	Ba/CP	Cu/CP	
				(ppm)		(ppm)	(ppm)	(ppm)	(0.2 ppm)	(1 ppm)	(1 ppm)	(1 ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(0.2 ppm)	(ppm)	(ppm)	(0.01 %)	(1 ppm)	(10 ppm)	(ppm)	(ppm)	
74101	Tp	P-S	D	REE		271131.64	2326303.90	17	0.6	10	70	436	3	3	5	1.5	-5	-5	2.16	740	-10	111	12	
74102	Tp	P-S	D	REE		271131.64	2326303.90	14	0.6	11	68	465	3	3	5	1.4	-5	-5	2.29	784	-10	111	15	
74103	Tp	P	D	REE		271134.55	2326301.45	-5	0.6	7	73	476	1	4	5	1.1	-5	-5	2.19	1590	-10	127	15	
74104	Tp	P	D	REE		271134.55	2326298.64	7	0.7	9	73	433	3	3	5	1.1	-5	-5	2.2	1224	-10	152	15	
74105	Tp	P	D	REE		271160.05	2326321.28	10	-0.2	9	48	50	2	2	4	0.4	-5	-5	2.5	566	-10	172	11	
74106	Tp	P-A	D	REE		27107.81	2326324.31	10	-0.2	10	70	190	1	1	4	0.4	-5	-5	1.5	267	-10	149	11	
74111	Tp	P-S	D	REE		271007.65	2326228.55	7	2.3	13	41	63	3	4	4	0.8	-5	-5	1.68	903	-10	313	13	
74112	Tp	P-S	D	REE		271007.65	2326228.55	-8	0.3	36	39	54	5	5	4	0.7	-5	-5	1.94	1026	-10	236	14	
74116	Tp	P-S	D	REE		271007.65	2326223.70	-8	2.6	42	42	34	3	3	5	0.8	-5	-5	1.74	969	-10	360	13	
74117	Tp	P-S	D	REE		271007.65	2326223.70	-8	1.1	6	36	54	4	4	5	0.9	-5	-5	2.23	1365	-10	428	14	
74118	Tp	P-S	D	REE		270981.62	2326160.44	69	0.4	10	46	32	3	3	7	0.7	-5	-5	2.59	1607	-10	412	16	
74119	Tp	P-S	D	REE		270978.78	2326185.17	8	0.4	10	46	32	3	3	7	0.7	-5	-5	2.59	1607	-10	412	16	
74120	Tp	P-S	D	REE		270941.81	2326157.47	-5	-0.2	8	38	50	4	4	5	0.6	-5	-5	1.87	1694	-10	529	10	
74122	Tp	P-S	D	REE		270743.03	2325663.06	11	-0.2	8	33	37	17	7	17	0.2	-5	-5	2.35	1762	-10	208	10	
74123	Tp	P-S	D	REE		270744.72	2325660.92	-5	-0.2	9	12	142	14	14	18	0.3	-5	-5	4.82	766	-10	208	10	
74124	Tp	P-S	D	REE		270745.2	2325659.15	-5	0.3	14	142	14	14	18	0.3	-5	-5	4.82	766	-10	208	10		
74128	Tp	S	S	REE		270728.31	2326054.85	20	-0.2	4	31	188	1	1	3	0.6	-5	-5	1.95	630	-10	129	13	
74130	Tp	S	S	REE		270730.86	2326050.66	6	-0.2	4	31	188	1	1	3	0.6	-5	-5	1.95	630	-10	129	13	
74131	Tp	S	S	REE		270894.68	23261796.51	-5	-0.2	8	38	319	2	2	5	4	0.7	-5	-5	1.87	620	-10	248	12
74132	Tp	S	S	REE		270372.61	2326110.36	5	0.7	13	38	236	1	1	3	1.3	-5	-5	1.85	661	-10	240	15	
74133	Tp	S	S	REE		270448.1	2326100.03	-5	-0.2	3	36	263	5	5	4	0.8	-5	-5	1.96	602	-10	127	14	
74134	Tp	S	S	REE		270765.29	2326065.41	-5	-0.2	7	48	41	5	5	4	1.7	-5	-5	2.05	1009	-10	305	15	
74135	Tp	S	S	REE		270711.44	2326047.40	-5	-0.2	4	40	295	5	5	4	0.9	-5	-5	2.27	804	-10	174	20	
74136	Tp	S	S	REE		270701.06	2326051.56	-5	0.3	6	26	134	5	5	3	0.9	-5	-5	1.47	526	-10	146	30	
74137	Tp	S-OX	D	REE	Oxidada	270665.58	2326043.27	-6	-0.2	5	23	194	2	2	4	0.9	-5	-5	1.95	565	-10	123	30	
74138	Tp	A	D	REE	Oxidada	270726.78	2326065.86	-7	-0.2	7	23	92	2	2	4	0.5	-5	-5	2.1	808	-10	143	42	
74145	Tp	A-S	D	REE	Oxidada	270732.84	2325651.45	-5	-0.2	7	15	103	2	2	7	18	0.3	-5	-5	4.45	819	-10	29	55
74146	Tp	S-A	D	REE	Oxidada	270762.36	2325666.82	11	-0.2	9	63	5	5	4	11	0.3	-5	-5	4.41	842	-10	668	33	
74151	Tp	S-P	D	REE	Oxidada	270342.65	2325777.29	8	-0.2	5	6	57	4	4	4	-0.2	-5	-5	1.83	353	-10	10	97	
74152	Tp	S-P	D	REE	Oxidada	270371.51	2325782.32	-8	-0.2	5	6	57	4	4	4	-0.2	-5	-5	1.71	304	-10	90	4	
74154	Tp	A	D	REE	Oxidada	270380.9	2325801.72	-5	-0.2	8	8	75	5	5	3	4	-0.2	-5	-5	1.82	238	-10	118	4
74155	Tp	A	D	REE	Oxidada	270400.23	2325820.28	-5	-0.2	7	8	102	10	10	2	4	0.2	-5	-5	2.03	337	-10	64	4
74157	Tp	A-P	D	REE	Oxidada	270448.09	2325870.45	-5	-0.2	6	12	102	10	10	2	4	0.2	-5	-5	1.84	322	-10	230	6
74158	Tp	A	D	REE	Oxidada	270454.53	2325867.42	-5	-0.2	6	6	64	4	4	4	-0.2	-5	-5	1.71	322	-10	512	6	
74159	Tp	A	D	REE	Oxidada	270468.87	2325868.60	-5	-0.2	4	13	63	5	5	3	0.3	-5	-5	1.87	413	-10	148	3	
74160	Tp	A	D	REE	Oxidada	270465.18	2325864.60	-5	-0.2	3	8	81	7	7	2	3	0.3	-5	-5	2.83	562	-10	154	9
74161	Tp	A	D	REE	Oxidada	270502.78	2325872.31	10	-0.2	5	3	4	4	4	3	-0.2	-5	-5	1.83	678	-10	206	7	
74162	Tp	A	D	REE	Oxidada	270519.22	2325866.45	7	-0.2	6	22	249	2	2	4	0.6	-5	-5	1.77	382	-10	150	6	
74163	Tp	A	D	REE	Oxidada	270543.89	2325862.98	-5	-0.2	5	23	184	2	2	4	0.8	-5	-5	1.81	469	-10	131	4	
74164	Tp	A	D	REE	Oxidada	270582.32	2326003.04	-6	-0.2	4	22	169	2	2	4	0.9	-5	-5	1.81	525	-10	10	96	
74165	Tp	S-A	D	REE	Oxidada	270605.07	2326033.36	-6	-0.2	1	191	2	2	4	1.1	1	1	1	1.79	496	-10	123	8	
74166	Tp	S-A	D	REE	Oxidada	271182.95	2326148.86	6	-0.2	1	24	524	4	4	4	2.5	1	1	2.16	1122	-10	183	19	
74176	Tp	S-A	D	REE	Oxidada	271204.39	2326148.86	6	0.2	7	64	487	4	4	4	2.5	1	1	2	926	-10	304	8	
74178	Tp	S-A	D	REE	Oxidada	271231.89	2326183.50	-5	1.6	7	64	344	4	4	4	0.9	-5	-5	1.85	794	-10	402	11	
74179	Tp	S-A	D	REE	Oxidada	271254.78	2326313.39	-5	0.3	6	37	357	5	5	3	4	0.7	-5	-5	1.85	794	-10	402	11
74181	Tp	A	D	REE	Oxidada	271265.59	2326338.04	-5	-0.2	6	51	313	3	3	3	3	3	-5	-5	1.77	1012	-10	100	6
74182	Tp	A	D	REE	Oxidada	271117.18	2326331.26	-5	0.4	4	74	413	3	3	3	6.6	5	-5	2.55	604	-10	40	7	
74183	Tp	A-S	D	REE	Oxidada	271087.27	2326270.37	-5	-0.2	8	50	350	3	3	5	5	0.4	-5	-5	1.99	759	-10	132	10
74185	Tp	A-S	D	REE	Oxidada	271082.71	2326261.96	-5	-0.2	6	50	350	3	3	5	5	0.4	-5	-5	2.03	448	-10	128	8
74186	Tp	A-S	D	REE	Oxidada	271082.71	2326261.96	-5	-0.2	11	443	263	3	3	4	-0.2	-5	-5	2.1	592	-10	202	12	
74187	Tp	A-S	D	REE	Oxidada	271088.73	2326249.43	-5	-0.2	6	36	178	3	3	5	1	1	1	2.12	813	-10	123	13	
74188	Tp	A-S	D	REE	Oxidada	271037.77	2326237.22	-5	0.4	6	33	328	3	3	5	1	1	1	1.88	959	-10	154	10	
74189	Tp	S-P	D	REE	Oxidada	271130.37	2326305.59	7	0.3	11	72	312	2	2	4	0.9	-5	-5	1.85	859	-10	48	11	
74191	Tp	S-P	D	REE	Oxidada	271130.37	2326305.59	7	0.3	12	106	238	3	3	4	2.4	1	1	1.8	212	-10	74	14	
74193	Tp	S-P	D	REE	Oxidada	270845.78	2326025.5	-5	-0.2	6	32	423	2	2	4	4	1	1	1.89	690	-10	193	20	
74194	Tp	P	P	REE	Oxidada	270736.65	2325861.37	31	-0.2	15	14	60	2	2	6	-0.2	-5	-5	1.83	761	-10	86	26	
74195	Tp	P	P	REE	Oxidada	271128.99	2326310.60	17	0.6	12	11	185	1	1	3	0.8	-5	-5	2.75	1015	-10	221	23	
74196	Tp	P	P	REE	Oxidada	271184.42	2326314.83	16	-0.2	8	20	70	5	5	3	0.2	-5	-5	2.22	283	-10	176	15	
74197	Tp	P	P	REE	Oxidada	271181.82	2326318.44	6	-0.2	6	53	5	5	3	0.5	0.3	-5	-5	2.05	304	-10	257	18	
74198	Tp	P	P	REE	Oxidada	271007.64	2326233.22	7	0.5	23	64	100	1	1	10	0.4	-5	-5	2.39	891	-10	251	17	
74199	Tp	P	P	REE	Oxidada	271011.55	2326219.89	10	0.2	6	28	100	1	1	8	0.4	-5	-5	2.13	978	-10	181	18	
74199	Tp	P	P	REE	Oxidada	270989.17	2326170.86	-5	7.1	37	73	169	5	5	4	0.5	-5	-5	1.56	513	-10	145	25	
74199	Tp	P	P	REE	Oxidada	270743.51	2325882.21	34	0.2	9	15	48	5	5	-0.2	-5	-5	2.12	761	-10	191	15		
74199	Tp	P	P	REE	Oxidada	270746.41	2325858.96	14	-0.2	10	17	60	1	1	17	0.2	-5	-5	1.87	842	-10	51	34	
74199	Tp	P	P	REE	Oxidada	270731.19	2326047.40	22	0.5	2	15													

Muestra No.	VfCP (1 ppm)	SrCP (20 ppm)	WfCP (20 ppm)	LdCP (1 ppm)	AmCP (0.01%)	MgCP (0.01%)	CaCP (0.01%)	MnCP (0.01%)	KfCP (0.01%)	SrCP (1 ppm)	VfCP (1 ppm)	GaCP (2 ppm)	LfCP (1 ppm)	NfCP (1 ppm)	SoCP (5 ppm)	TaCP (10 ppm)	TfCP (0.01%)	ZnCP (1 ppm)
74101	13	-20	-20	20	0.88	0.23	0.68	0.03	0.24	21	7	3	61	-1	-5	-10	-0.01	2
74102	14	-20	-20	20	0.96	0.25	0.78	0.04	0.27	24	7	4	64	1	-5	-10	-0.01	2
74103	15	-20	-20	20	1.03	0.2	1.85	0.03	0.23	49	8	4	86	2	-5	-10	-0.01	2
74104	16	-20	-20	21	1.07	0.23	1.67	0.03	0.23	50	8	4	108	-1	-5	-10	-0.01	2
74105	17	-20	-20	21	1.27	0.25	0.28	0.04	0.22	17	7	5	64	-1	-5	-10	-0.01	2
74106	18	-20	-20	23	1.15	0.1	0.19	0.03	0.22	19	7	4	28	-1	-5	-10	-0.01	2
74107	19	-20	-20	26	0.91	0.17	2.76	0.03	0.27	82	10	4	57	2	-5	-10	-0.01	2
74108	20	-20	-20	26	1.03	0.2	2.46	0.03	0.28	65	6	3	74	1	-5	-10	-0.01	2
74109	21	-20	-20	24	0.9	0.16	1.42	0.03	0.26	54	7	4	53	2	-5	-10	-0.01	2
74110	22	-20	-20	22	1.05	0.26	1.89	0.03	0.28	56	6	4	60	1	-5	-10	-0.01	2
74111	23	-20	-20	23	1	0.19	0.47	0.03	0.23	23	7	4	47	-1	-5	-10	-0.01	2
74112	24	-20	-20	23	1.23	0.24	0.3	0.02	0.31	17	9	5	49	2	-5	-10	-0.01	2
74113	25	-20	-20	23	1	0.26	2.02	0.02	0.29	59	7	3	59	1	-5	-10	-0.01	2
74114	26	-20	-20	23	1	0.15	0.14	0.01	0.32	10	5	5	59	1	-5	-10	-0.01	2
74115	27	-20	-20	26	2.38	2.08	4.76	0.04	0.12	160	11	-2	136	7	13	-10	0.28	6
74116	28	-20	-20	13	2.45	1.7	4.26	0.05	0.15	138	11	-2	145	4	12	-10	0.17	5
74117	29	-20	-20	14	2.81	2.47	6.01	0.04	0.09	250	11	7	162	6	13	-10	0.1	3
74118	30	-20	-20	26	1.08	0.28	1.67	0.04	0.34	74	7	4	76	2	-5	-10	-0.01	2
74119	31	-20	-20	19	1.02	0.31	1.99	0.03	0.28	63	6	3	91	-1	-5	-10	-0.01	2
74120	32	-20	-20	23	1.06	0.24	1.25	0.03	0.3	28	8	4	84	-1	-5	-10	-0.01	2
74121	33	-20	-20	28	1.06	0.18	1.03	0.03	0.27	36	6	4	62	-1	-5	-10	-0.01	2
74122	34	-20	-20	28	0.81	0.29	1.95	0.03	0.23	91	7	3	78	1	-5	-10	-0.01	2
74123	35	-20	-20	25	0.93	0.25	1.67	0.03	0.27	74	8	4	87	-1	-5	-10	-0.01	2
74124	36	-20	-20	14	1.35	0.22	0.83	0.04	0.3	23	8	5	57	-1	-5	-10	-0.01	2
74125	37	-20	-20	17	1.13	0.27	2.78	0.04	0.37	14	15	3	25	-1	-5	-10	-0.01	2
74126	38	-20	-20	19	1.22	0.11	0.38	0.03	0.32	81	7	4	74	-1	-5	-10	-0.01	2
74127	39	-20	-20	25	1.47	0.38	1.5	0.06	0.37	66	10	5	104	-1	-5	-10	-0.01	2
74128	40	-20	-20	11	2.49	1.81	3.81	0.05	0.13	135	11	9	123	-1	-10	-10	-0.01	2
74129	41	-20	-20	7	2.23	1.4	3.72	0.03	0.21	138	15	7	108	2	8	-10	-0.01	1
74130	42	-20	-20	7	1.37	0.61	2.5	0.03	0.21	56	5	5	20	2	-5	-10	-0.01	1
74131	43	-20	-20	12	1.32	0.59	1.60	0.02	0.28	36	11	5	4	-1	-5	-10	-0.01	1
74132	44	-20	-20	16	1.34	0.80	0.62	0.02	0.35	18	9	5	12	-1	-5	-10	-0.01	1
74133	45	-20	-20	13	1.38	0.32	1.72	0.02	0.33	37	7	5	12	-1	-5	-10	-0.01	1
74134	46	-20	-20	12	1.46	0.34	2.19	0.02	0.32	42	5	5	15	-1	-5	-10	-0.01	1
74135	47	-20	-20	12	1.59	0.36	1.46	0.03	0.32	48	6	5	15	-1	-5	-10	-0.01	1
74136	48	-20	-20	10	1.33	0.51	2.01	0.03	0.29	48	5	5	12	-1	-5	-10	-0.01	2
74137	49	-20	-20	10	1.28	0.4	2.31	0.02	0.25	47	5	4	14	-1	-5	-10	-0.01	2
74138	50	-20	-20	10	1.32	0.4	2.87	0.02	0.24	37	5	4	23	-1	-5	-10	-0.01	2
74139	51	-20	-20	8	1.16	0.85	0.56	0.06	0.03	10	10	7	26	2	-5	-10	-0.01	3
74140	52	-20	-20	15	1.17	0.24	0.85	0.05	0.17	21	10	5	36	-1	-5	-10	-0.01	2
74141	53	-20	-20	19	1.22	0.21	0.72	0.04	0.26	22	9	4	42	-1	-5	-10	-0.01	2
74142	54	-20	-20	15	1.23	0.31	2.51	0.03	0.36	84	13	4	38	2	-5	-10	-0.01	2
74143	55	-20	-20	12	1.07	0.26	2.7	0.04	0.20	112	10	4	68	2	-5	-10	-0.01	1
74144	56	-20	-20	14	1.09	0.24	2.3	0.04	0.34	73	10	4	49	-1	-5	-10	-0.01	1
74145	57	-20	-20	19	1.03	0.24	1.85	0.04	0.26	85	10	4	69	-1	-5	-10	-0.01	1
74146	58	-20	-20	21	0.99	0.22	2.12	0.03	0.27	40	10	4	70	-1	-5	-10	-0.01	1
74147	59	-20	-20	23	1.29	1.06	1.86	0.03	0.37	29	11	4	67	-1	-5	-10	-0.01	1
74148	60	-20	-20	23	1.24	0.22	1.71	0.02	0.35	28	11	4	65	-1	-5	-10	-0.01	1
74149	61	-20	-20	24	1.18	0.24	2.13	0.03	0.29	66	12	4	46	-1	-5	-10	-0.01	1
74150	62	-20	-20	30	1.12	0.12	1.67	0.02	0.32	59	12	3	37	-1	-5	-10	-0.01	1
74151	63	-20	-20	24	1.16	0.23	2.26	0.03	0.29	41	9	4	46	-1	-5	-10	-0.01	1
74152	64	-20	-20	22	1.51	0.22	0.4	0.04	0.34	19	8	5	83	-1	-5	-10	-0.01	1
74153	65	-20	-20	24	1.31	0.16	0.37	0.04	0.29	18	10	4	60	-1	-5	-10	-0.01	1
74154	66	-20	-20	24	1.53	0.14	0.12	0.03	0.26	12	5	4	34	-1	-5	-10	-0.01	1
74155	67	-20	-20	20	1.33	0.38	1.83	0.06	0.28	76	15	4	112	-1	-5	-10	-0.01	1
74156	68	-20	-20	19	1.18	0.29	1.67	0.05	0.28	82	13	4	86	-1	-5	-10	-0.01	1
74157	69	-20	-20	20	1.18	0.29	1.67	0.05	0.28	82	13	4	86	-1	-5	-10	-0.01	1
74158	70	-20	-20	21	0.86	0.21	2.16	0.04	0.29	75	8	4	57	-1	-5	-10	-0.01	2
74159	71	-20	-20	11	0.76	0.12	0.34	0.04	0.25	10	6	3	40	-1	-5	-10	-0.01	2
74160	72	-20	-20	11	0.86	0.12	0.22	0.04	0.28	10	6	4	38	-1	-5	-10	-0.01	2
74161	73	-20	-20	34	1.15	0.21	2.25	0.04	0.36	80	18	4	33	-1	-5	-10	-0.01	1
74162	74	-20	-20	20	1.36	0.54	3.46	0.02	0.39	63	14	3	31	-1	-5	-10	-0.01	1
74163	75	-20	-20	22	1.16	0.66	2.03	0.02	0.34	46	15	4	72	3	-5	-10	-0.01	2
74164	76	-20	-20	20	1.09	0.3	0.92	0.03	0.18	28	6	4	68	2	-5	-10	-0.01	2
74165	77	-20	-20	23	1.2	0.31	0.27	0.04	0.34	16	7	4	69	2	-5	-10	-0.01	2
74166	78	-20	-20	27	1.32	0.62	3.28	0.02	0.23	74	16	3	98	3	-5	-10	-0.01	2
74167	79	-20	-20	16	1.19	0.48	2.9	0.01	0.25	62	17	2	88	2	-5	-10	-0.01	2
74168	80	-20	-20	16	0.82	0.15	0.43	0.02	0.26	21	8	3	65	2	-5	-10	-0.01	2
74169	81	-20	-20	12	1.34	1.39	3.61	0.04	0.11	77	12	6	84	3	-5	-10	-0.01	3
74170	82	-20	-20	17	1.46	0.45	2.01	0.04	0.11	81	12	6	74	3	-5	-10	-0.01	3
74171	83	-20	-20	17	1.05	0.45	0.64	0.04	0.23	30	12	2	123	3	-5	-10	-0.01	3
74172	84	-20	-20	21	1.05	0.25	0.64	0.04	0.23	30	12	2	123	3	-5	-10	-0.01	3
74173	85	-20	-20	21	1.27	0.3	1.35	0.04	0.27	38	17	4	72	-1	-5	-10	-0.01	2
74174	86	-20	-20	24	1.05	0.22	1.78	0.03	0.35	44	18	3	60	-1	-5	-10	-0.01	1
74175	87	-20	-20	25	1.08	0.17	0.82	0.04	0.32	19	18	3	61	-1	-5	-10	-0.01	1
74176	88	-20	-20	11	2.18	1.41	1.74	0.03	0.2	46	15	6	68	-1	-10	-0.01	1	
74177	89	-20	-20	10	1.62	1.09	2.51	0.04	0.2	91	14	7	58	-1	-10	-0.01	1	
74178	90	-20	-20	30	1.02	0.22	0.34	0.03	0.3	46	11	3	22	-1	-5	-10	-0.01	1
74179	91	-20	-20	18	0.64	0.16	0.64	0.03	0.19	12	12	2	12	-1	-5	-10	-0.01	3
74180	92	-20	-20	-1	2.1	1.53	4.5	0.03	0.14	81	15	5	42	2	9	-10	-0.01	3
74181	93	-20	-20	1	1.85	1.15	4.17	0.02	0.2	74	15	5	38	1	10	-10	0.02	3
74182	94	-20	-20	20	0.98	0.16	2.75	0.01	0.36	42	21	2						