

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ASPECTOS METALOGÉNICOS Y  
GEOQUÍMICOS, EN LA DEFINICIÓN DEL  
POTENCIAL ECONÓMICO DEL PROSPECTO EL  
RODEO, ESTADO DE DURANGO**

**TITULACIÓN POR TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
GEOLÓGO**

**PRESENTA**

**JORGE RAYMUNDO MENDOZA QUIÑONES**

**DIRECTOR DR. CARLOS EDUARDO GARZA GONZALEZ  
VELEZ**

**ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b>		<b>Página:</b> <i>vii</i>
<b>1.</b>	<b>GENERALIDADES</b>	1
1.1	Objetivos de la investigación.	1
1.2	Localización y extensión del área.	1
1.3	Clima y suelos.	3
1.4	Flora y fauna.	4
1.5	Antecedentes históricos.	4
1.6	Método de trabajo.	5
1.7	Informe preventivo de la actividad exploratoria.	6
<b>2.</b>	<b>FISIOGRAFÍA</b>	8
2.1	Provincia fisiográfica	8
2.2	Geomorfología.	8
<b>3.</b>	<b>GEOLOGÍA</b>	11
3.1	Estratigrafía regional.	11
3.2	Evolución tectónica.	19
<b>4.</b>	<b>YACIMIENTOS MINERALES</b>	23
4.1	Ubicación regional.	23
4.2	Estratigrafía local.	25
4.3	Rocas encajonantes.	29
4.4	Estructuras mineralizadas.	29
4.5	Alteraciones hidrotermales.	35
4.6	Paragénesis, sucesión e ideas acerca del zoneamiento.	38
4.7	Hipótesis genética.	42
<b>5.</b>	<b>GEOQUIMICA</b>	50
5.1	Metodología.	50
5.2	Modelos de dispersión.	55
5.3	Interpretación.	65

	<b>Página:</b>
<b>6. POTENCIAL GEOLÓGICO-ECONÓMICO</b>	68
6.1 Recursos minerales.	68
6.2 Perspectivas de exploración.	70
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	72
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	76
Anexo A Apéndice fotográfico.	81
Mapas.	87

### ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página:</b>
Figura No. 1 Localización y acceso	2
Figura No.2 Provincias fisiográficas	10
Figura No.3 Fotografía aérea escala 1:25,000	24
Figura No.4 Modelos genéticos	47
Figura No.5 Modelos genéticos	48
Figura No.6 Modelo de mineralización	49

### ÍNDICE DE MAPAS

Mapa No.1 Geología regional	20
Mapa No.2 Geología local Escala 1:10, 000	88
Mapa No.3 Geología local Escala 1:1000	89
Mapa No.4 Sección esquemática	90
Mapa No.5 Alteraciones hidrotermales	91
Mapa No.6 Distribución de muestreo de rocas (estructuras)	92
Mapa No.7 Distribución de muestreo de suelos	93
Mapa No.8 Distribución de muestro de rocas (área Cerro Colorado)	94
Mapa No.9 Anomalías de oro en estructuras	95
Mapa No.10 Anomalías de arsénico en estructuras	96
Mapa No.11 Anomalías de oro en suelos	97
Mapa No.12 Anomalías de arsénico en suelos	98
Mapa No.13 Anomalías de mercurio en suelos	99
Mapa No.14 Anomalías de arsénico en área del Cerro Colorado	100
Mapa No.15 Anomalías de mercurio en área del Cerro Colorado	101
Mapa No.16 Ubicación de barrenos	102

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Página:</b>
Tabla No.1 Características de forma de depósito de baja y alta Sulfuración	43
Tabla No. 2 Características de las menas en los diferentes tipos de yacimientos	43
Tabla No. 3 Características de minerales de ganga en los diferentes tipos de yacimientos	44
Tabla No.4 Tipo de muestreo en las diferentes áreas del prospecto El Rodeo	51
Tabla No.5 Análisis estadístico del muestreo de rocas sobre estructuras mineralizadas en el prospecto El Rodeo	53
Tabla No.6 Análisis estadístico del muestreo de suelos entre las estructuras mineralizadas en el prospecto El Rodeo	54
Tabla No.7 Recursos minerales en el prospecto El Rodeo	69
Tabla No. 8 Recursos minerales en el prospecto El Rodeo	69
Tabla No. 9 Ubicación, rumbo, inclinación y profundidad de los barrenos del prospecto El Rodeo	71

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

	<b>Página:</b>
Fotografía No. 1. En esta imagen se observan las estructuras Cordón Colorado, El Nudo, La Casita, Cordón Amarillo, La Café, La Verde y La Casita NW. En la parte central se aprecia el Cerro Colorado.	82
Fotografía No. 2. En esta imagen se observan las estructuras La Casita y Cordón Amarillo; en la parte central se aprecia el aparato volcánico del Cerro Prieto y en la parte derecha se observa el Cerro Colorado.	83
Fotografía No.3. Esta imagen presenta al Cerro Colorado, viéndolo desde la planicie de la Casita.	84
Fotografía No.4. En esta imagen se aprecia en la parte central del Cerro Colorado y en la porción izquierda se observa como se desprende el Cordón Poniente. En la parte posterior se observa la Sierra de los Arados.	84

**Página:**

Fotografía No. 5. En esta imagen se aprecia la estructura mineralizada La Casita (dique microgranito).	85
Fotografía No.6. Se observa la brecha mineralizada de la estructura de La Casita, donde se aprecian los fragmentos de microgranitos cementados por cuarzo criptocristalino con pirita.	85
Fotografía No. 7. En esta imagen se aprecia la estructura mineralizada del Cordón Poniente que penetra al Cerro Colorado.	86
Fotografía No.8. Se observa la brecha mineralizada de la estructura del Cordón Poniente, donde se aprecian los fragmentos de microgranitos que alcanzan hasta 10 cm de diámetro.	86

## **RESUMEN**

El prospecto “El Rodeo “ se localiza en la parte central del estado de Durango a 145 kilómetros de la Cd de Durango y a 170 al surponiente de la ciudad de Torreón. El área de interés se localiza en el cruce de las coordenadas geográficas: 25° 09’ Latitud Norte y 104° 35’ Longitud Oeste. El sector está concesionado por Compañía Minera Autlán, con las propiedades La Casita, Los Arados y La Casita I por las sustancias oro, plata, plomo, zinc y cualquier sustancia concesible.

El área se localiza en los límites orientales de la Sierra Madre Occidental, en donde afloran rocas ígneas, primordialmente. Las rocas que se presentan son andesitas de edad Terciario Inferior; riolitas, flujos riolíticos, tobas ácidas e ignimbritas, las que se consideran de edad Terciario Superior; existen microgranitos con edades que pueden variar del Terciario Inferior a inicios del Terciario Superior y por último el paquete Cuaternario de basaltos y materiales aluviales.

En las intrusiones ácidas se encuentran brechas, algunas mineralizadas con cuarzo criptocristalino, pirita finamente diseminada, que se hospedan en microgranitos, que intrusionan a rocas volcánicas de composición intermedia (andesitas). En las partes superiores se encuentran rocas volcánicas ácidas. Las alteraciones presentes son: silicificación, oxidación, argilitización moderada y sericitización, las que se observan en las intrusiones ácidas (microgranitos), en las rocas volcánicas de naturaleza andesítica; se presenta propilitización moderada a fuerte y en algunas de las rocas volcánicas ácidas se observa oxidación en vetillas y argilitización avanzada.

Con base en las observaciones de campo se consideran 10 estructuras mineralizadas de origen hidrotermal, las que se encuentran en un área de 4 km<sup>2</sup> y presentan una distribuciónseudoradial, donde la zona central la constituye el Cerro Colorado.

Los patrones estructurales en el área son tres principales NW – SE, E – W y NE – SW, en los dos primeros se alojan las estructuras mineralizadas y el tercero es postmineral.

El muestreo realizado sobre las estructuras demostró valores anómalos de oro, arsénico y mercurio que cubren una superficie anómala de 600 m<sup>2</sup> aproximadamente.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Con los resultados de los análisis de los diferentes tipos de muestreos y geometría de las estructuras, se estiman recursos minerales inferidos por 6,933,680 toneladas con una ley media de 0.339 gramos por tonelada de oro, para un contenido de 2,355,737 gramos, equivalente a 75,991.53 onzas de oro.

De acuerdo con los trabajos desarrollados y los resultados obtenidos, este prospecto presenta excelente potencial geológico para desarrollar prospección minera en puntos estratégicos.



## **1. GENERALIDADES**

### 1.1 Objetivos de la investigación.

El objetivo fundamental de la presente investigación, consistió en la evaluación del potencial geológico – económico del prospecto el Rodeo, estado de Durango, tomando como base la generación e interpretación de datos metalogénicos y geoquímicos, con miras a ubicar los blancos de exploración que permitan determinar la persistencia vertical de los cuerpos con mineralización aurífera.

### 1.2 Localización.

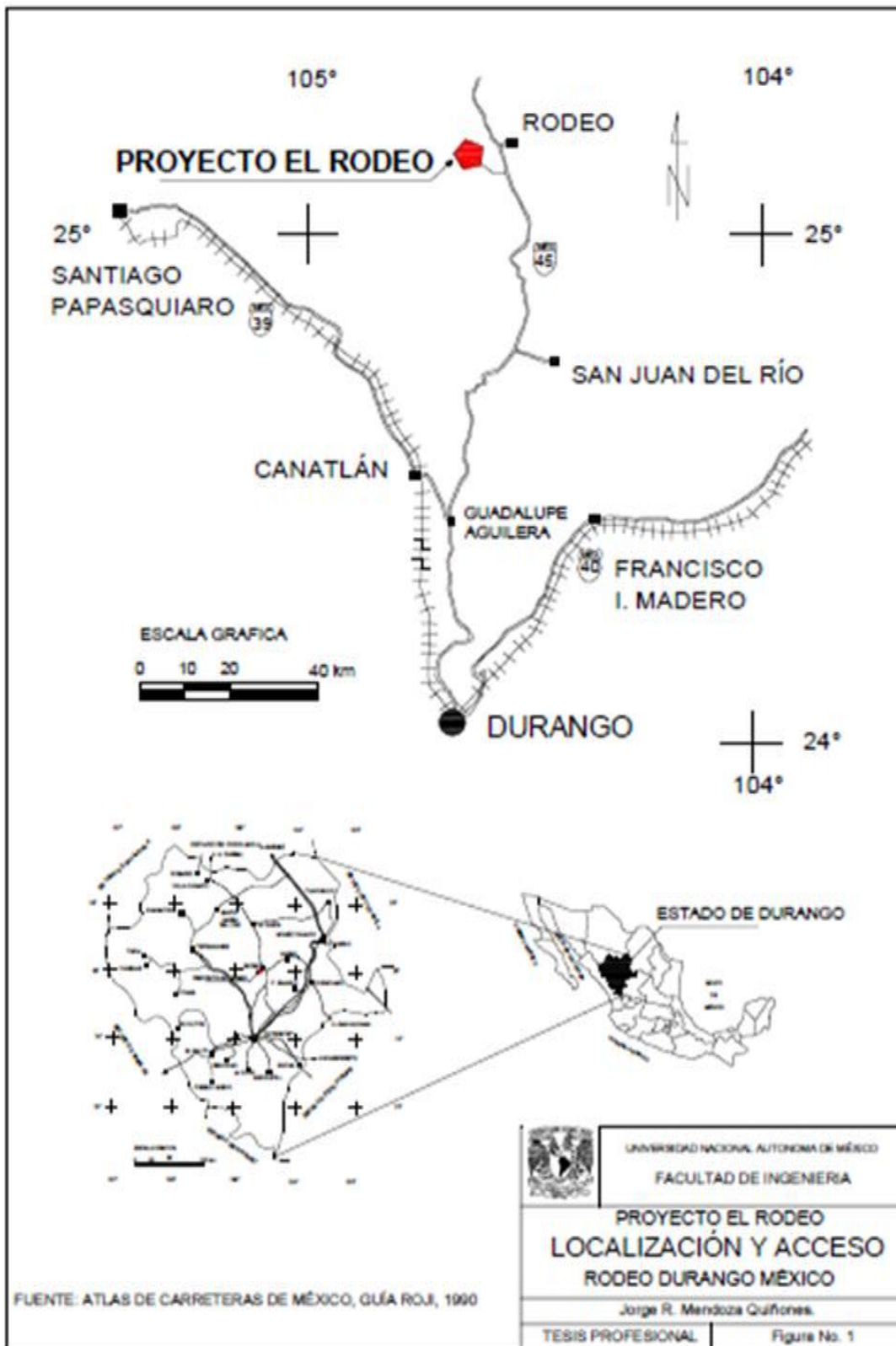
El proyecto El Rodeo se localiza en la porción norcentral de estado de Durango, a 145 km al norte de la ciudad de Durango y a 170 km rectos al suroeste de la ciudad de Torreón (figura No. 1). El centro del área de interés se encuentra en el cruce de las coordenadas geográficas.

25° 09' Latitud Norte.

104° 35' Longitud Oeste.

La extensión que cubre el área en cuestión es de 4 km<sup>2</sup>.

El acceso desde la Ciudad de Durango se realiza por la carretera federal número 45 (Durango – Hidalgo del Parral Chih.). Hasta el kilómetro 165, 3 km antes del poblado El Rodeo, se toma una desviación al poniente que consiste en una terracería en buenas condiciones, hasta llegar al lugar conocido como La Casita, después de cubrir un trayecto de 6 kilómetros.



Otro acceso alternativo, parte de Torreón hacia el sur por la carretera federal número 49 por espacio de 110 kilómetros hasta el poblado de Pedriceña, de donde se toma la desviación hacia Nazas – San Antonio, hasta entroncar con la carretera número 45 en el kilómetro 158.

### 1.3 Clima y suelos.

El clima, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (modificada por Enriqueta García), es BSohw(w)(e), es decir árido con una relación precipitación/temperatura inferior a 22.9°C, temperatura media anual entre 18° y 22°C., el mes más frío presenta temperaturas menores a 18°C, lluvias en verano y con oscilación térmica anual de 7°C y 14°C. La temperatura media anual, para un período de 49 años fue de 20.5°C, mientras que la precipitación media anual en el mismo período fue de 379 mm.

Se han reconocido 5 tipos de suelos: luvisol ortico, como resultado de la alteración de las rocas andesíticas, con una coloración gris clara a verdosa, son arcillosos, con espesor hasta de 1.0 m, cubre una superficie del área de estudio de 10%; el tipo litosol, de color gris claro con tonos pardo claro a rosado, que cubre hasta en un 20 % de la superficie, se encuentra principalmente en las laderas de las mesetas, con espesores menores a 10 cm; el feozem háplico, que ocupa el 50% de la superficie del proyecto, es de color castaño oscuro, su espesor es menor a 12 cm, que se deriva de las rocas volcánicas ácidas; fluvisol éutrico, localizado en los cauces de los arroyos y en las planicies aluviales, constituidos por materiales acarreados por las corrientes y fragmentos de roca, tiene un espesor hasta 4.5 m, y ocupan aproximadamente el 15% de la superficie y el xerosol háplico, que se encuentra en pequeñas porciones en la parte poniente del área, su color es castaño claro, con escasa materia orgánica y ocupa el 5% de la superficie en cuestión.

#### 1.4 Flora y fauna.

Como resultado de las características climáticas y edafológicas, la flora que se encuentra en la región es de dos tipos principales: matorral desértico micrófilo subinerme (Mb) que se caracteriza por la abundancia de especies de plantas espinosas y algunas sin espinas. Las especies dominantes son ocotillo, chaparro, uña de gato y unas especies de cactus como nopal duraznillo, cardenche, biznaga roja, tasajillo. Este tipo de vegetación se localiza en las faldas del Cerro Colorado. El matorral crusicaule subinerme (Mbn) es un tipo de vegetación que se encuentra en la porción sureste del prospecto y se caracteriza por presentar especies de tallo carnoso y especies arbustivas, como son chaparro prieto, uña de gato, gatuño, palo blanco, sangregado, orégano y cactáceas como nopal, ocotillo, cardenche, tasajillo, nopal rastrero, nopal duraznillo, biznaga, corifanta, alichochi, biznaga peineta.

En cuanto a la fauna, ésta es típica de zonas áridas. Las especies de aves más observadas son gavián cola roja, cuervo, aura, palomas, codorniz, gorrión, correcominos y capiturrin; entre los mamíferos se encuentran: liebre, conejo, coyote, zorra, zorrillo, venado (poco observado en las partes más altas) y reptiles como serpiente de cascabel, alicante, coralillo y chirrionero.

#### 1.5 Antecedentes históricos.

El prospecto El Rodeo constituye una zona de poco desarrollo minero y por ende, su historia es muy escasa; no obstante existen evidencias en la región de operaciones mineras de tipo gambusinaje.

En los alrededores del poblado de la Yerbabuena, se localiza la zona minera de El Realito, a 7 km al nororiente del prospecto "El Rodeo", donde la mina más importante se conoce como Mina Grande. De acuerdo con los datos del Consejo de Recursos Minerales, la mina fue explotada en forma intermitente desde los años 30's hasta nuestros días, y presenta promedios de extracción de una tonelada por día con leyes de 4 gramos de oro por tonelada en vetas de 40 a 60 cm emplazadas en andesitas.

Otra evidencia de actividades mineras antiguas es la mina La Fe, que se localiza a 3 km al poniente, en el lugar conocido como El Cañón. Esta mina se trabajó por manganeso, la estructura es una pequeña veta de 40 cm de calcita con abundantes óxidos de manganeso (pirolusita). Minera Autlán evaluó el prospecto a finales de los 80's y concluyó que no representa un potencial para una operación a gran escala.

Dentro del prospecto se han encontrado 3 pequeñas catas de pocos metros de desarrollo, las cuales fueron trabajadas a nivel gambusinaje por oro en la década comprendida de 1920 – 1930, de la cual no se conocen datos precisos sobre el contenido de oro.

En la visita que realizó la Compañía Minera Autlán a la mina La Fe, identificó las estructuras auríferas conocidas como la Ceja Amarilla y La Casita, las cuales se muestrearon y arrojaron valores de interés para continuar con la explotación. A raíz de estos resultados, Minera Autlán concesionó el área en el año de 1995. Hoy en día se tiene la presencia de varias compañías (Peñoles, Monarch y particulares) que exploran áreas cercanas a los fondos mineros de Minera Autlán.

#### 1.6 Método de trabajo.

Primeramente se realizó fotointerpretación de la zona y áreas vecinas en donde se definieron los rasgos estructurales de relevancia, que sirvieron como base para la realización de otros trabajos.

Los trabajos realizados en campo se dividieron en dos actividades principales: mapeo y muestreo del área de interés económico. El mapeo se realizó con brújula y cinta y a escala de 1:10,000 para cubrir toda la superficie de los fondos de Compañía Minera Autlán. Con los resultados obtenidos se determinaron áreas de mayor interés en donde se realizó mapeo a una escala mayor (1:1,000) para cubrir una superficie de 4 km<sup>2</sup> en la que se encuentran diez estructuras con evidencias de mineralización. Además, se planificó una cuadrícula de muestreo de suelos y rocas en sectores en donde se proyectan las posibles continuidades de las estructuras mineralizadas.

El muestreo se realizó en los cuerpos mineralizados y en sus posibles continuidades, mediante la aplicación de cuatro métodos.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Muestreo de orientación sobre las zonas mineralizadas, se tomaron en las brechas dentro de los microgranitos, su objeto fue conocer el contenido de metales preciosos y elementos indicadores con espaciamentos no mayores a 10 m; se tomaron 2 a 3 kg de roca empacándolas en bolsas de plástico para su análisis químico.

El muestreo sistemático de esquirlas de roca se realizó dentro del microgranito, brechas y roca encajonante de los microgranitos, con el objeto de conocer los patrones de dispersión de los metales preciosos y elementos indicadores; la densidad del mismo se programó de acuerdo a los valores obtenidos en el muestreo aleatorio y la cantidad de afloramientos, donde se encuentran las áreas de mayor concentración de oro; este muestreo fue realizado en canales de 5 – 10 m con un espesor de 10 cm sobre una línea perpendicular al rumbo de las estructuras mineralizadas, determinada sobre el terreno hasta cubrir todo el cuerpo y se extiende hasta 15 m sobre las andesitas, la separación entre líneas fue de 50 a 100 m acorde con la magnitud del cuerpo mineralizado; el método de recolección y análisis es el mismo arriba descrito.

En el muestreo de zonas de sulfuros, se recolectaron sobre las estructuras mineralizadas con mayor concentración de sulfuros (pirita), evitando la presencia de óxidos, con el objeto de encontrar la relación de los sulfuros y oro a lo largo de las estructuras mineralizadas.

En el muestreo de suelos se tomaron muestras del horizonte b, para observar la distribución de los elementos indicadores en la superficie y poder determinar las continuidades de las estructuras; se tomaron de 0.5 a 1 kg de suelo, fracción menor a 20 mallas Tyler, para después ser tamizadas a menos 80 mallas Tyler para su respectivo análisis.

Sobre la base de estos trabajos se determinaron las zonas de mayor concentración de oro previo tratamiento estadístico de los datos obtenidos en la prospección geoquímica.

### 1.7 Informe preventivo de la actividad exploratoria.

De acuerdo con las regulaciones establecidas por la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en la Ley General de Equilibrio

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), es necesario realizar un informe preventivo para la autorización en materia de impacto ambiental, y un Estudio Técnico Justificativo para el cambio de utilización de terreno, para desarrollar un programa de exploración con barrenación, ya sea a diamante como por circulación inversa. Cabe mencionar que los trabajos no pueden iniciarse hasta obtener ambas autorizaciones.

En dichos estudios se solicita una superficie de afectación de 3 hectáreas que incluyen el área necesaria para la realización de las brechas de acceso y la de las planillas que se mencionaran en el programa de barrenación.

En el mes de junio de 1997 se presentaron ambos estudios a la Delegación Federal de SEMARNAP en Durango para su evaluación. La Autorización del Informe Preventivo se obtuvo el 28 de julio de 1997, mientras la autorización de cambio de uso de suelo fue emitida hasta el 26 de septiembre de 1997.

Los trabajos efectuados para la preparación del terreno y llevar a cabo la realización del programa de barrenación, fue el rescate de especies, principalmente cactus; asimismo se restauraron 7 000 m de camino de acceso al sitio del proyecto; elaboración de 3,465 m lineales de brechas nuevas para acceso a las plataformas de barrenación, así como la elaboración de 20 plataformas de barrenación de 12 x 10 m en promedio.

## **2. FISIOGRAFÍA**

### 2.1 Provincia fisiográfica.

De acuerdo a la clasificación de Provincias Fisiográficas de México (E. Raisz, 1959), el prospecto se encuentra localizado dentro de la Provincia Sierra Madre Occidental, cerca de los límites con la Provincia de la Mesa Central. La Figura No 2, presenta la localización del prospecto “El Rodeo” dentro de este entorno fisiográfico.

Esta provincia es la más grande de México y está formada principalmente por rocas ígneas extrusivas. Tiene una superficie aproximada de 300,000 km<sup>2</sup>, 1,600 km de longitud y un promedio de 250 km de anchura, constituye el parteaguas entre el Océano Pacífico y la región de bolsones de la Mesa Central y Chihuahua. A excepción de las corrientes permanentes del río Conchos que atraviesa Chihuahua por su parte central y va a desembocar al río Bravo junto a la población de Ojinaga y del río Nazas que desemboca en la región lagunera, el resto del drenaje es hacia el Océano Pacífico.

La Sierra Madre Occidental bordea la parte norte de las tierras altas centrales, por el NW de Sonora, Chihuahua y Durango. Está limitada al noreste por la Provincia de Chihuahua, (Mesa del Norte), al SE por el Eje Neovolcánico y la Mesa Central, al SW por la Planicie Costera del Pacífico y al NE cruza la línea Internacional, y continúa hacia Arizona. (Figura No.2).

### 2.2 Geomorfología.

El área está caracterizada por presentar zonas bajas y planas, con elevaciones que varían de 1 320 hasta 1 450 m.s.n.m., formadas por planicies aluviales del valle del río Nazas, y zonas de mesetas altas formadas por derrames volcánicos con elevaciones desde 1 420 m hasta 1 900 m.s.n.m., en la Mesa de los Arados.

La elevación mayor corresponde al Cerro Colorado con una altitud de 1 880 m.s.n.m. de pendientes abruptas, como las Sierra de los Libros, Peña Parada y Cerro Prieto (aparato volcánico). La orientación que presentan estas mesetas es NW-SE, lo que sugiere que los derrames se formaron a partir de fracturas y fallas orientadas en esta dirección. Los valles, que presentan la misma dirección, posiblemente se formaron a partir de hundimientos de bloques en forma de “grabens”.



## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

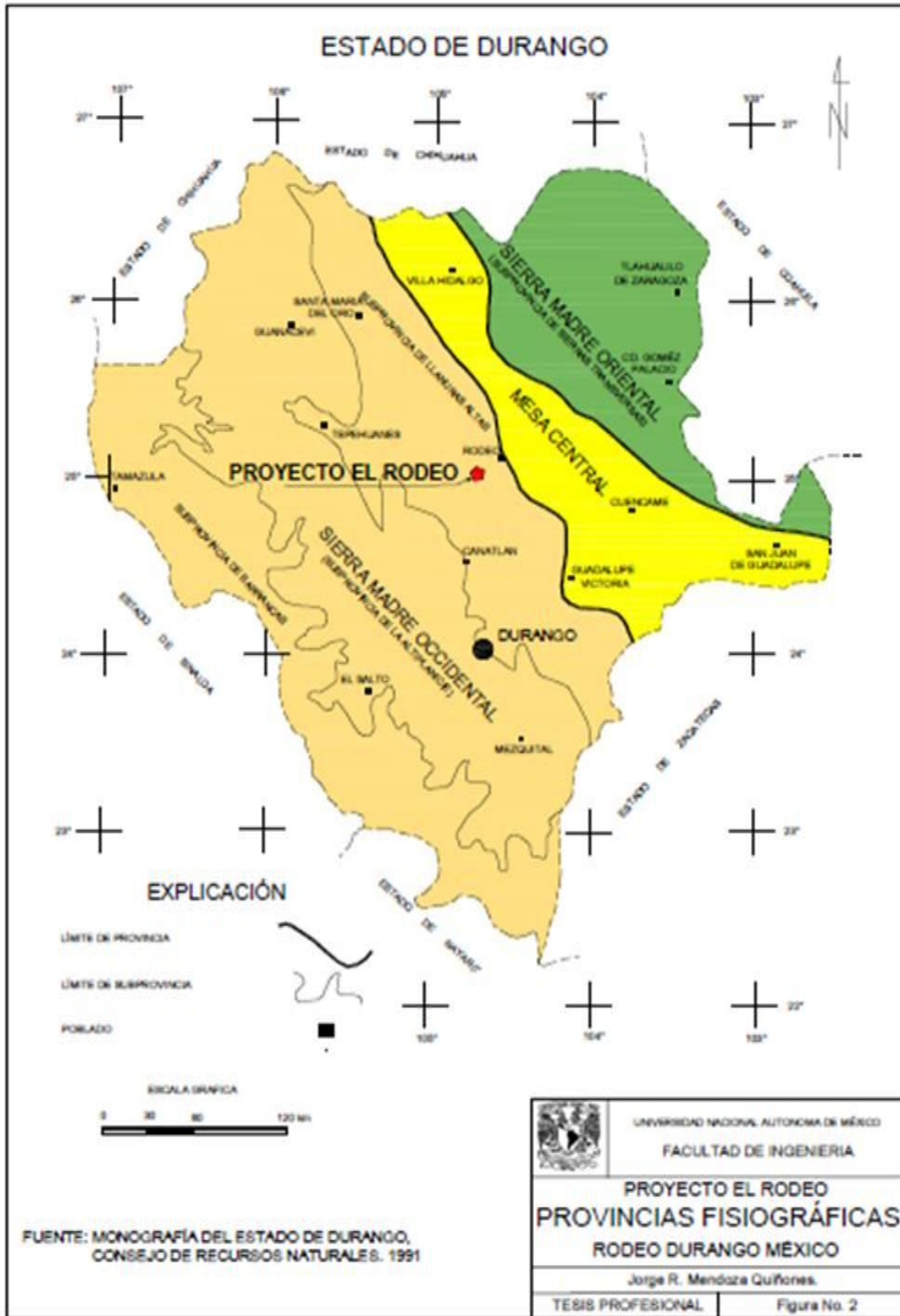
La acción erosiva del agua pluvial ha provocado la formación de profundos barrancos que cortan la secuencia de rocas volcánicas. El patrón de drenaje es dendrítico, con valles en forma de "V", cauces cortos y con fuerte pendiente en las zonas de mesetas altas, mientras que en las partes más bajas y planas los cauces son más largos y de menor pendiente. Con lo anterior se puede definir que el área se encuentra en general, en una etapa juvenil.

Las corrientes superficiales son de carácter intermitente que acarrear agua ocasionalmente en la época de lluvias en forma de avenidas. El arroyo principal en el área del prospecto es el arroyo Gacho, que nace en la falda sur de la mesa de Los Arados y atraviesa el área de poniente a oriente hasta juntarse con el río Nazas en el rancho El Parián.

En cuanto a las aguas subterráneas, en la planicie aluvial se encuentra agua subálvea somera en el cauce de los arroyos. En la parte central del área, existe una noria de 15 m de profundidad, no obstante, en el arroyo aguas abajo se observa un nacimiento de agua. Estas corrientes se dirigen hacia el oriente y vierten sus aguas en el río Nazas.

El terreno de estudio está ubicado en la región Hidrológica RH 36 Nazas - Agua Naval, Cuenca B Río Nazas - Rodeo, subcuenca A Río Nazas - Rodeo.

Dos presas de importancia se encuentran sobre el río Nazas, al norte del prospecto la Presa Lázaro Cárdenas – El Palmito y al este del mismo se encuentra la presa Francisco Zarco cercana a Gómez Palacio, Dgo. Existen algunos pequeños bordos artificiales dentro del área, fabricados con el propósito de almacenar agua de las lluvias de verano para la época de estiaje.



### **3. GEOLOGÍA**

#### **3.1 Estratigrafía regional**

En la región se tienen diferentes tipos de rocas tanto en distribución, variedad, composición y origen. Las unidades que se encuentran ampliamente expuestas en la porción oeste, son rocas ígneas que varían de básicas – ácidas; estas últimas cubren grandes extensiones en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. En la zona este se observan rocas de origen sedimentario de composiciones variadas, las que se encuentran dentro de la provincia fisiográfica de la Mesa Central. Las edades de estas rocas varían del Jurásico hasta el Cuaternario.

##### **3.1.1 Jurásico.**

En el mapa geológico de la República Mexicana editado por el Instituto de Geología de la UNAM en el año 1995, se tiene cartografiada la Formación La Casita en la Sierra de La Campana y Los Cuervos como del Jurásico Superior.

Formación La Casita (Kimmeridgiano – Titoniano) Js.

**Definición.** Fue definida por Imlay, R. W., en 1936, como una secuencia de conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas, yeso y poco carbón que descansan sobre rocas de la porción inferior del Jurásico Superior y subyacen al Cretácico Inferior. La localidad tipo se encuentra en el Cañón de la Casita, aproximadamente a 50 Km al SW de la Cd, de Saltillo, Coahuila.

**Distribución.** Al SW de Torreón la formación se observó en la sierra de Presitas, en la sierras de Tres Flores y en el anticlinal de Paredones, todas estas localidades se encuentran al sur del poblado la Viesca, en la carretera Saltillo – San Luis Potosí (km 848). Las evidencias más cercanas al prospecto de esta formación, se encuentran al noroeste a 60 kilómetros en línea recta y al este a 120 kilómetros sobre la carretera de Cuencamé a Gómez Palacio como se observa en el mapa No.1.

**Litología y espesor.** Fue medida en una sección de 85 m de espesor en el flanco recumbente (norte), en la sierra de Presitas al sur de la Viesca con el resultado siguiente: La parte inferior consiste de 17 m de areniscas de color gris oscuro, que intemperizan a un color amarillento, las capas varían de 30 a 60 cm de espesor; las areniscas se encuentran interestratificadas con lutitas de color gris claro

a obscuro. La parte media consiste de 52 m de lutitas de color rosado, físilas con intercalaciones de láminas de yeso con espesores de 1 a 2 cm, también se encuentran algunos estratos delgados de calizas al inicio de esta parte.

Previamente, Kellum (Imlay, 1938 b. P. 1683 – 1684), había medido esta unidad en el extremo oriental del cañón del Álamo, y describieron una sección de 72 m que en su parte basal consiste en bancos de 3 a 4 m de lutitas con yeso de color gris interestratificadas con bancos de 2 m de areniscas gris obscura, nodular e intercalaciones de lutitas negras. En la parte media aparecen bancos de 5 m de lutitas con yeso de color rosa, con capas delgadas de calizas con nódulos de pedernal de color gris obscuro. La parte superior de esta unidad consiste de lutitas gris claro a obscuro, con amonitas y nódulos calcáreos intercalados con calizas arcillosas de 30 cm de espesor, en las cuales se observan amonitas de Titoniano – Portlandiano Superior.

### 3.1.2 Cretácico.

En la zona poniente del área, conocida como la sierra de la Campanas – Los Cuervos, la cual se encuentra en la Provincia de la Masa Central, predominantemente afloran rocas sedimentarias marinas. El Consejo de Recursos Minerales reconoce a las Formaciones Cuesta del Cura y Aurora, caracterizadas por la presencia de calizas gruesas a delgadas con abundante pedernal en bandas y nódulos.

Las observaciones realizadas durante la etapa de exploración, sobre todo en la carretera Pedriceña – Nazas – San Antonio hacen pensar que las secuencias de rocas forman parte de dos formaciones: Indidura y Caracol, ambas del Cretácico Superior.

Formación Indidura (Turoniano – Cenomaniano Superior) K.

Definición: Fue primero estudiada por Emil Bose en 1906 en la sierra de Parras. Posteriormente fue definida y estudiada por W. A. Kelly (1936, p.1028) en la localidad de Delicias, Coah., y le propuso el nombre por el afloramiento localizado en el flanco oriental del cerro de La Indidura, aproximadamente a 8 Km al norte del Tanque Toribio. En este sitio la formación consiste de 30 m de lutitas y calizas.

Distribución: La Formación Indidura se encuentra ampliamente distribuida en la sierra de La Peña, sierra de Mayrán, sierra de Parras y en la sierra de Nazas. Esta formación se observa a una distancia de 20 kilómetros al este, al noreste a 15 kilómetros (mapa No.1).

Litología y espesor: Se observan tres miembros. La base está conformada por areniscas de grano fino con tonalidades de gris oscuro a pardo e interperiza a un color blanco y amarillo claro, los clastos son principalmente de cuarzo subedral y anedral con presencia, aunque escasa de microfósiles del tipo de Heterohalix sp. (Ponce de León, en López Ramos, 1979, p.223). y se localiza en la sierra de Mayrán. En la parte sur del sinclinorio de La Peña se observan sólo los miembros medio y superior; en este lugar la base (miembro medio) se encuentra constituida por lutitas calcáreas y calizas nodulares, de color gris e interperiza a color amarillo; (en esta unidad no se recolectaron fósiles) por último se tienen lutitas laminares de color oscuro que interperizan a pardo rojizo, interestratificadas con lutitas (miembro superior), en este miembro se recolectaron fósiles del tipo Inoceramus Labiatus (Schlotheim, en Imlay 1936, p. 1132, 1937, p.626.).

El espesor observado en la sierra del Mayrán es de 63 m y en su localidad tipo se encuentra un espesor de 30 m; García Domínguez (en López Ramos, 1979, p.223) menciona que al noreste de la sierra de San Francisco se han medido hasta 400 m de espesor y al occidente de Parras el espesor manifiesto es de 764 m.

Relaciones estratigráficas: En las sierras de La Peña y Mayrán sobreyace a la Formación Treviño, en contacto transicional y concordante; el contacto superior no se observa por estar cubiertas por depósitos aluviales de conglomerados del Pleistoceno. En la sierra de Parras, su contacto inferior es con la Formación Cuesta del Cura, el cual es concordante, el contacto superior es concordante con la Formación Parras (López Ramos, op. cit). En la sierra de Nazas se observa que esta formación descansa en forma discontinua con la Formación La Casita y en la parte superior se observa en contacto concordante con la Formación Caracol.

Los fósiles encontrados en estos miembros son Inoceramus Labiatus (Schlotheim), Ancanthoceras af. "A" Schleuterianum (Laube y Bruder), Exogyra sp, que evidencian una edad Cenomaniano Superior al Turoniano Superior (Imlay 1936, 1937).

Formación Caracol (Conaciano – Santoniano) Ks.

Definición: Fue definida por Imlay (1937), quien designó como su localidad tipo los afloramientos existentes en el arroyo El Caracol, situado en la sierra del Ángel en la región de Parras Coahuila.

Distribución: Las rocas sedimentarias de esta formación cubren una gran parte del norte del Altiplano de México. En las cercanías del prospecto “El Rodeo”, esta unidad aflora al sureste de Nazas en el sinclinorio de Tres Marías, así como al norte del mismo (mapa No.1).

Litología y espesor: En forma general, esta unidad se encuentra constituida por una alternancia rítmica de lutitas y lutitas calcáreas de color pardo rojizo y gris verdoso con fractura astillosa, nodular. En ocasiones se presentan láminas, de limolitas, limolitas arenosas y areniscas calcáreas de grano fino a medio con tonalidades desde gris oscuro, verdoso, pardo rojizo, amarillas y violetas al intemperismo, con escasas calcarenitas de color pardo amarillento. La potencia de los estratos es de 1 cm hasta 1 m, predominando la estratificación media.

Las características estratigráficas y sedimentológicas de esta formación, evidencian un depósito tipo flysch; la fauna es escasa debido posiblemente a la turbidez de las aguas en las cuencas aisladas al iniciarse los plegamientos de la Sierra Madre Oriental y el levantamiento de la Sierra Madre Occidental (López Ramos op. ct.).

Relaciones estratigráficas: Esta Formación descansa sobre la Formación Indidura en contacto normal y subyace a rocas ígneas terciarias en contacto discontinuo.

### 3.1.3 Terciario.

En la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central se observan rocas sedimentarias que han sido el producto de la erosión del altiplano como consecuencia de la orogenia Laramídica, constituida por conglomerados como las Formaciones Ahuichila y Santa Inés.

La zona de mesetas altas, localizadas hacia el poniente del área, está caracterizada por secuencias de rocas volcánicas y sedimentarias terciarias. Las

rocas volcánicas son de composición intermedia a ácida y forman parte de la Subprovincia de Llanura Altas de la Sierra Madre Occidental. La columna volcánica, que en algunas partes de la Sierra Madre Occidental alcanza más de 1,000 m de espesor, ha sido dividida de acuerdo a su composición y posición estratigráfica, en dos unidades o secuencias: Secuencia Volcánica Inferior (SVI) y Secuencia Volcánica Superior (SVS).

Asimismo, en este período se encuentran cuerpos intrusivos de composición ácida a intermedia producto de los esfuerzos compresionales ocasionados por la orogenia Laramide y posteriores esfuerzos distensivos.

Formación Ahuichila (Eoceno - Oligoceno Inferior) Csc.

Definición: Fue definida por Rogers (1961, p.108), en las cercanías de la Colonia Ahuichila en la región comprendida entre los límites de los estados de Durango, Coahuila y Zacatecas.

Distribución: Los principales afloramientos se encuentran al poniente del Pasaje y al sureste de Cuencamé (mapa No.1).

Litología y espesor: Está constituida por depósitos clásticos de origen continental, en forma de conglomerados y brechas dispuestos en bancos gruesos y masivos. El material está conformado principalmente por fragmentos subarredondados y bien consolidados de calizas, calcarenita y calcilutita de diferentes tonos de gris y rosado. Contiene además, arenisca calcárea y pedernal negro a pardo y localmente alberga algunos fragmentos de rocas volcánicas. La matriz de esta formación es generalmente calcárea de color gris a rojizo y el cementante limolítico – calcáreo. El tamaño de los fragmentos varía de unos cuantos cm hasta 25 cm, probablemente la mayor parte de los componentes proviene de las formaciones Cupido, La Peña y Cuesta del Cura.

No se encuentran fósiles en esta formación por lo que no se puede asignarle una edad exacta. Sin embargo, en otras localidades de México (De Cserna, 1956, p. 26-27; Rogers, et. al., 1961, p.114) ha sido asignada al Eoceno. Su espesor es variable, siendo en algunos casos de 50 m hasta 500 m.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

La Formación Ahuichila suprayace discordantemente a las rocas mesozoicas plegadas y su cima es generalmente una superficie de erosión, aunque en algunos lugares está cubierta parcialmente por rocas volcánicas o volcanoclásticas también del Terciario.

Secuencia Volcánica Inferior (Terciario Inferior).

Esta secuencia aflora localmente en forma de ventanas estructurales y por lo general se encuentra intrusionada por troncos o diques de composición variable. La composición de este paquete volcánico es predominantemente intermedia, con andesitas, tobas y brechas andesíticas, dacitas y ocasionalmente rocas más ácidas como riolitas y riolitas, principalmente en la zona de transición con la secuencia volcánica superior. Fredickson (1974) y Lemish (1955) indican que el vulcanismo de estas rocas empezó durante el Cretácico Medio o Tardío y continua hasta el Terciario Temprano. (Paleoceno – Eoceno). En San Lucas de Ocampo, municipio de San Juan del Río, se data una andesita por K-Ar en 38.84 +/- 0.84 m.a. (Damon 1975) correspondiente en edad al Eoceno. Por la posición estratigráfica que guardan las andesitas del área de “El Rodeo” estas pudieran ser correlacionables con las datadas por Damon (op. cit.), ubicadas a 45 kilómetros al sur del poblado de El Rodeo.

Este paquete volcánico es de gran importancia económica ya que han sido receptoras de grandes cuerpos mineralizados (i.e. Tayoltita y Bacis). Estas rocas sobreyacen a secuencias sedimentarias de edad Cretácico.

Su espesor hasta el momento no se ha logrado precisar ya que en el área de Tayoltita se han medido hasta 200 m, en tanto en otras regiones el espesor es menor. Como se mencionó, esta secuencia se observa localmente en el mapa No. 1.

Secuencia Volcánica Superior (Terciario Medio - Superior).

Consiste en un paquete de rocas volcánicas ácidas que cubren a las rocas más antiguas terciarias y mesozoicas. Está constituida por rocas de composición ácida, como riolitas, tobas y brechas riolíticas e ignimbritas que se presentan por lo general formando mesetas en una posición horizontal o suavemente inclinadas. Estas rocas forman la cima de la Sierra Madre Occidental y su origen es debido a calderas y domos. La mayor parte de este vulcanismo estuvo confinado a un corto intervalo de tiempo entre 34 a 27 m.a. (Fred W. McDowell y Stephen E. Clabaugh, 1979). Lynos



(1975) divide a esta serie en varios grupos: Registro, Carpintero y Río Chico, los que están constituidos por dacitas, ignimbritas, riolitas y tobas riolíticas principalmente. En la región de Cuencamé se tiene una unidad de composición riolítica y dacítica depositada en agua. Geyne, Fries, Sergerstron, Black y Wilson en 1963 dividieron localmente esta unidad en:

Formación Vizcarra, base del paquete conformada por areniscas tobáceas.

Rocas No Diferenciadas, son las rocas más comunes, como ignimbritas y tobas.

Formación la Zorra, derrames de composición ácida – intermedia, brechas y areniscas tobáceas.

Estas tres unidades fueron afectadas por hidrotermalismo producto de intrusiones graníticas y están distribuidas ampliamente en la región de Cuencamé – Nazas.

Cuerpos Intrusivos (Terciario) Tgr.

Como producto de los esfuerzos compresionales producidos por la orogenia Laramide a fines del Cretácico y la relajación de éstos a principios del Terciario, se formaron grandes cuerpos e intrusiones batolíticas, troncos, diques y mantos, que presentan composiciones ácidas a intermedias como granitos, granodioritas, monzonitas, tonalitas, sienitas y dioritas con sus rocas hipabisales correspondientes. Estos cuerpos intrusionan a las rocas mesozoicas y cenozoicas (mapa No.1).

En el flanco oriente de la Sierra Madre Occidental, correspondiente a la subprovincia de Llanuras Altas, se encuentra una serie de intrusivos alineados NW – SE, de composición ácida. Al norte y aproximadamente 20 kilómetros de El Rodeo aflora un stock de granodiorita conocido como Tronco de Peras, ubicado en los alrededores de Alamillo de Galeana, datado en 46.9 +/- 1.1 m.a. y 47.2 +/- 1.1 m.a. (Eoceno) por el método K-Ar (Damon, op. cit.). Otro cuerpo intrusivo de la misma composición se localiza en el Peñón Blanco, aproximadamente a 50 kilómetros al sur oriente de El Rodeo, que fue datado en 30.4 m.a. La cuarzdiorita localizada en la Gotera municipio de El Rodeo, dio una edad de 26.0 m.a. (Oligoceno) por el método K-Ar (Damon, op. cit.).

### Formación Santa Inés (Plioceno - Pleistoceno)

Definición: Esta formación fue definida por J. Pantoja (1963) como una secuencia de gravas poco consolidadas a conglomerado cementado por arcillas, limos y caliche.

Distribución: Se localiza en la porción central del estado de Durango. (Hoja S. Pedro del Gallo editada por el INEGI). El nombre de la formación fue tomado del pequeño poblado de Santa Inés, ubicado en la parte suroriental del mismo (mapa No. 1).

Litología y espesor: Esta unidad se conforma por una secuencia clástica continental que varía de grava poco consolidada a conglomerado cementado por arcillas, limos y caliche. La expresión topográfica más común de esta unidad litológica lo constituyen colinas subarredondadas y disectadas, con un drenaje dendrítico amplio. Esta formación cubre en discordancia angular a todas las unidades litológicas de la región.

En el extremo norte de la sierra del Indio yace con marcada discordancia angular sobre la Caliza Aurora, aunque en la misma localidad cubre con discordancia paralela a los clásticos de la Formación Ahuichila. Es ahí donde alcanza su máximo espesor de unos 300 m. Al sur de Cinco de Mayo y al oriente del camino entre este lugar y San Pedro del Gallo, cubre emisiones de riolitas y andesitas con un espesor de 50 m. Es de suponerse que debido a la erosión, la parte superior de la formación no existe.

#### 3.1.4 Cuaternario.

Constituyen los rellenos, suelos y productos de la erosión de las rocas emergidas del Altiplano, así como tobas y derrames de composición básica del vulcanismo cuaternario (Qc).

Basaltos (Qba). Se tienen algunos derrames de composición básica, de poca extensión ubicados en zona de debilidad producidas por la falla Tepehuanes – Guanaceví de edad  $31.30 \pm 0.63$  m.a.(Damon op. cit.). Y además se observan basaltos de olivino los que sobreyacen en discordancia erosional a la Formación Santa Inés y a rocas volcánicas Terciarias (mapa No.1).

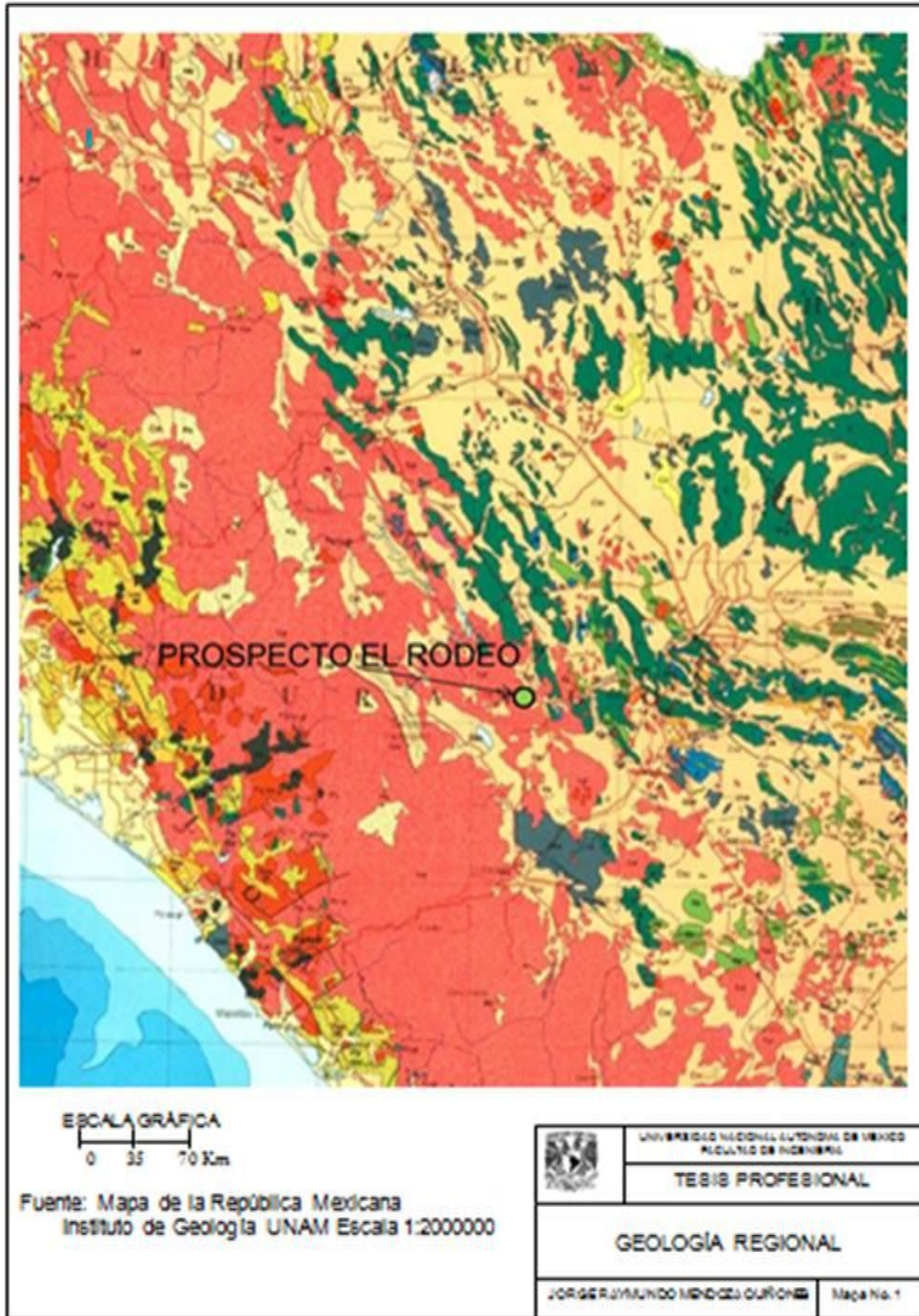
Depósitos Aluviales (Qc). Grandes afloramientos de arenas, limos, arcillas y gravas se localizan en el valle del río Nazas.

### 3.2 Evolución Tectónica.

La Mesa Central estuvo sujeta a varios eventos tectónicos desde el final del Paleozoico y del Triásico (revolución Apalachana), cuando la gran columna estratigráfica fue afectada por esfuerzos de norte a sur, como se aprecia en Peñón Blanco, Zacatecas, da como resultado que los gruesos depósitos Paleozoicos y Triásicos presenten un rumbo este – oeste. En el Triásico Inferior se registró un levantamiento provocando que los pliegues se erosionaran, en tanto en el Triásico Superior existió depositación marina y continental que rellenó y traslapó la topografía existente; también se formaron gruesos espesores de limolitas, arenas, lutitas y conglomerados. Estas condiciones prevalecieron hasta el Jurásico Inferior que se depositó más al sur y sureste del Altiplano.

En el Jurásico Superior la plataforma está prácticamente cubierta desde el Oxfordiano, cuyos mares provenientes del oriente invadieron gran parte de la República y persistieron durante el Kimmeridiano y Titoniano, aparentemente no hubo interrupción hasta el Cretácico. La columna geológica Cretácica aparentemente es de mares neríticos y de plataforma

La persistencia de estos mares fue continua desde el Jurásico Superior hasta el principio de la orogenia Laramídica (fines del Cretácico principio del Terciario). En esta época se desarrolla un desplazamiento al oriente y al norte de la actual Mesa Central, que origina un encogimiento horizontal de cuando menos 50 km, debido a los esfuerzos compresionales que dieron origen al plegamiento de las rocas mesozoicas cuya orientación es norte – sur al oriente y este – oeste en la sierra de Torreón – Monterrey.



Simultáneamente a estos plegamientos se formaron anticlinorios de pequeñas dimensiones casi todas orientados norte – sur (Catorce, Charcas, Peñón Blanco etc.), donde afloran actualmente rocas desde el Paleozoico al Jurásico y que como consecuencia de haberse afectado las raíces de las capas siálicas, dio origen a la migración de magmas ácidos. Como evidencia de este gran levantamiento que originó el retiro definitivo de los mares Cretácicos, se desarrollaron los depósitos tipo flysch de la Formación Caracol.

A partir del Eoceno Superior al Oligoceno, se inician los primeros episodios volcánicos que constituyen la base de la Sierra Madre Occidental. Esta serie volcánica inferior se encuentra deformada, afallada y alterada, debido en parte a las intrusiones ígneas. Las rocas de esta serie en gran parte son las principales encajonantes de la mineralización aurífera y argentífera de la Subprovincia de Llanuras Altas, las que afloran como ventanas estructurales.

La segunda mitad del Cenozoico se caracterizó por la extrusión de grandes volúmenes de lavas e ignimbritas (Serie Volcánica Superior) en grandes extensiones y es la culminación de la Sierra Madre Occidental.

El borde oriental de la Sierra Madre Occidental varía gradualmente hacia la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central.

La actividad volcánica llega a su fin con coladas de basaltos en el Plioceno; así mismo hasta el Pleistoceno se forman concentraciones de conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas.

El emplazamiento de las rocas graníticas se inicia a partir del Jurásico Superior hasta el Oligoceno.

El patrón del vulcanismo parece estar relacionado genéticamente con la actividad tectónica y el comportamiento de las placas del Pacífico Oriental. Este complejo vulcano – plutónico de edad Cretácico – Cenozoico Temprano, representa la actividad magmática de una cordillera pacífica tipo margen continental – arco insular que culminó con una deformación y un levantamiento hace 45 millones de años. La consecuente erosión de las rocas volcánicas levantadas, aportó grandes cantidades de sedimentos a las cuencas subsidentes de Parras y Zacatecas en el oriente mexicano (López Ramos, op. cit.).

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

En las áreas de Guaynopita y Tayoltita se reconocen calizas, esquistos y rocas metavolcánicas muy plegadas y en discordancia angular sobre rocas volcánicas terciarias. Esto indica intensa actividad tectónica preterciaria en la porción sur de la Sierra Madre Occidental, pues los plegamientos de Santa Rosa (Bavispe y Cabullona), con los planos axiales y fallas inversas al oeste, indican un proceso tectónico terciario, de origen desconocido, pues los esfuerzos compresivos provinieron del oriente, a diferencia de la Sierra Madre Oriental que fueron del poniente (López Ramos op. cit.).

Las estructuras apreciables en la imagen de satélite Landsat (1:250,000) son lineamientos NW – SE de gran distribución sobre la Sierra Madre Occidental; estos son de gran importancia ya que pueden hospedar numerosos yacimientos minerales. Uno de estos lineamientos corresponde con la Falla Rodeo, que marca el límite oriental de la Sierra Madre Occidental con la Mesa Central. Localmente se aprecian también lineamientos E – W y finalmente se tienen lineamientos NE – SW que corresponden a fallas que provocaron desplazamientos laterales.

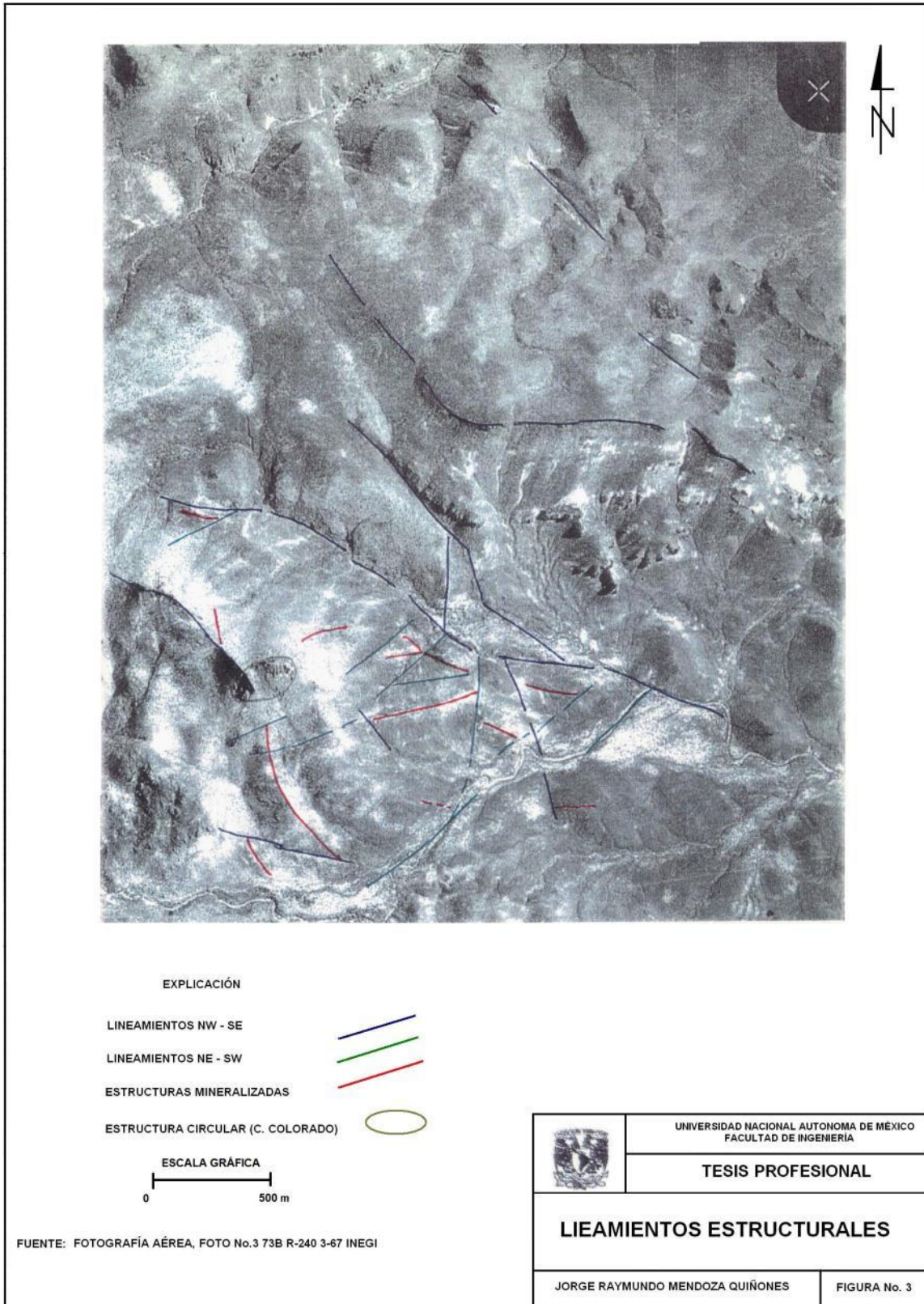
#### **4. YACIMIENTOS MINERALES**

##### 4.1 Ubicación regional.

El prospecto se encuentra al oriente de un cinturón de yacimientos de metales preciosos definido por el alineamiento de grandes mineralizaciones y numerosos prospectos. En la zona de estudio se observa una distribución de evidencias de mineralización de oro (minas y catas), que se comportan similarmente al rumbo NW – SE de dicho cinturón. Los controles de la mineralización corresponden a las estructuras NW – SE y E – W, en las que se depositaron rocas de composición ácida (microgranitos) que albergan la mineralización con posibilidades económicas, con valores anómalos de oro y arsénico.

Por medio de fotografías aéreas escala 1:25,000 se distinguen tres sistemas de lineamientos NE – SW, E – W y NW – SE, este último el más conspicuo. El sistema NE – SW fue formado por los esfuerzos orogénicos de principios del Terciario, después de la actividad volcánica. Los lineamientos corresponden a fallas de tipo inverso. Posteriormente, durante la relajación, se generaron esfuerzos de distensión que provocaron la formación de fallas normales del sistema NW – SE y produjeron hundimientos (grabens) que forman los grandes valles característicos de esta región. El tercer sistema corresponde a fallas y fracturas producidas por el empuje vertical de los cuerpos intrusivos. Durante este episodio, pudo haberse generado el domo riolítico localizado en el Cerro Colorado, lo cual resulta de gran importancia en la exploración, ya que potencialmente puede contener mineralización, al igual que los cuerpos intrusivos.

La figura No. 3 presenta los lineamientos observados en fotografías aéreas.





## 4.2 Estratigrafía local.

Las rocas que afloran en el prospecto forman parte de la transición entre las dos secuencias volcánicas terciarias mencionadas anteriormente, la secuencia volcánica inferior de composición intermedia y la secuencia volcánica superior de composición ácida. La primera es intrusionada por un dique de composición ácida de grano fino (microgranito). Como relleno del relieve preexistente, se observa la presencia de flujos y derrames de composición basáltica. En la base de los arroyos se tienen materiales aluviales y en las laderas materiales coluviales producto de la erosión de las rocas ácidas. Los mapas No. 2 y 3, muestran la distribución de las rocas dentro del área del prospecto "El Rodeo". A continuación se describen con detalle estas rocas.

### 4.2.1 Rocas volcánicas extrusivas

#### a) Andesitas.

Son rocas pertenecientes a la secuencia volcánica inferior, de color gris claro al fresco y verdosas al intemperismo, con textura afanítica, los principales minerales de esta roca son plagioclasas, las cuales han sufrido alteración argílica de débil a moderada. Estas rocas presentan fracturamiento NW – SE y E – W en las que se han emplazado diques de composición ácida y en los contactos de la andesita con estos diques se presentan halos de alteración propilítica los que fueron corroborados por análisis petrográfico. Son rocas ampliamente distribuidas en la falda oriente del Cerro Colorado y tienen espesores aproximados de 100 m, y forman la parte basal de la secuencia volcánica del área (mapas No. 2 y 3) y que a su vez subyacen en discordancia angular a rocas volcánicas de composición ácida.

#### b) Toba lítica.

Es de color pardo claro en superficie fresca y parda al intemperismo, de grano medio a fino en una matriz félsica, con textura equigranular fluidal, se presenta en horizontes con alteración argílica avanzada. Los fragmentos ocupan el 10 % de la

superficie de la roca y están compuestos de andesita, otro tipo de toba y pequeños granos de cuarzo que no sobrepasan el 10 %. En esta roca se observa un espesor estimado de 80 m (mapas No. 2 y 3). La toba lítica descansa en forma discordante sobre las andesitas y se encuentra cubierta, en contacto normal, por tobas riolíticas.

c) Toba riolítica.

A un paquete de tobas líticas sobreyace una secuencia de tobas de color rosa al fresco, de color rosa – rojiza al intemperismo, con textura afanítica, y microcristales de cuarzo y biotita en una matriz vítrea, con flujos delgados hasta de 15 cm, con gradación de los fragmentos, y rumbo preferencial NW – SE. Su espesor aproximado es de 50 m (mapas No. 2 y 3). En algunas partes al norte del cerro de Los Libros se encuentra subyaciendo en contacto normal a un delgado paquete de tobas líticas de composición ácida.

d) Ignimbrita.

Esta roca es la más ampliamente distribuida dentro del área del prospecto (mapas No. 2 y 3), forman la parte alta de la loma de la Mesa de los Arados, cerro de los Libros. Es una roca de color rosado al fresco y rosa – pardo al intemperismo de grano grueso a medio, moderadamente soldadas con 40 – 50 % de sílice y con textura fluidal. El rumbo preferente es NW – SE con un ligero basculamiento de 18° a 25° hacia el NE. Este paquete de roca presenta un espesor promedio de 70 a 100 m. Dentro de esta roca se presentan lentes de aglomerados volcánicos de color verde a rojizo y fragmentos de rocas ácidas e intermedias cloritizados en una matriz de composición intermedia. Otros lentes dentro de este paquete lo constituyen tobas lapilli de color pardo rojizo al fresco y rojizas al intemperismo de grano medio a fino en una matriz ácida. Las ignimbritas sobreyacen concordantemente a las tobas líticas y forman la parte superior de la secuencia volcánica terciaria.

e) Riolita.

Es la roca que corona únicamente la parte alta del Cerro Colorado. Su color es rosado al fresco y tonalidades rosas – rojizas al intemperismo, presenta textura

fluidal, con fenocristales de cuarzo en una matriz ácida. Esta roca presenta un sistema de fracturamiento con rumbo preferencial de NW – SE, con moderada silicificación producto de eventos hidrotermales, y como producto de la recirculación de aguas meteóricas se observa en esta roca una oxidación de moderada a débil. El espesor de este paquete es de aproximadamente 150 m. Esta roca probablemente constituye parte de un conducto por donde fluyeron productos magmáticos, se observa un brechamiento en las paredes que se encuentran en contacto a dicha roca (mapa No. 3). Es muy importante señalar que esta estructura puede ser de gran potencial de exploración, dado que posiblemente represente la zona donde se tuvo el flujo hidrotermal que dio origen a la mineralización en el área.

f) Basalto.

Esta roca presenta una estructura columnar; tiene color gris oscuro al fresco y gris – pardo al intemperismo, presenta textura afanítica. Los principales minerales de esta roca son plagioclasas y como componentes secundarios se tiene vidrio volcánico y algunos ferromagnesianos parcialmente oxidados; además existe abundante magnetita como principal mineral accesorio. En algunos afloramientos se encontraron pequeños agregados de zeolitas con hábito radial de color blanco y tamaño de 0.5 cm, además de grandes cristales de hornblenda y fragmentos de vidrio (mapas No. 2 y 3). En la parte sur del área se encuentra un aparato volcánico conocido con el nombre de Cerro Prieto.

#### 4.2.2 Rocas volcánicas intrusivas

a) Microgranito.

Es una roca de color gris al fresco y crema – amarillento al intemperismo con textura porfídica de grano muy fino. La mineralogía es muy difícil de establecer dado el grado de silicificación intensa, aunque se pueden distinguir algunos fenocristales de plagioclasas completamente reemplazados por sílice, y feldespatos argilitizados intensamente. El emplazamiento de esta roca, se encuentra gobernado por dos sistemas de fracturamiento NW – SE y E – W con buzamientos al oriente. Los

diques se encuentran intrusionando a las andesitas donde producen halos de alteración propilítica.

Se han detectado nueve diques, los que se muestran en el mapa No. 3. Estas rocas son las de mayor importancia en el área, dado que albergan a la mineralización.

Dentro de estos diques, existen dos sistemas de fracturamiento donde se ha emplazado una brecha de origen hidrotermal con fragmentos de la misma composición, cementada por sílice criptocristalino y pirita finamente diseminada la cual ocurre en un 2 – 3 %. Los diques constituyen la principal guía de exploración en el proyecto; dado que la mineralización se emplaza dentro de ellos, tanto en las brechas como en forma diseminada.

b) Diorita.

Es una roca de color gris oscuro al fresco y verdosa al intemperismo, de textura fanerítica con fenocristales de plagioclasas y minerales secundarios como epidota, vetilleo de cuarzo blanco criptocristalino y óxidos de fierro. Se han encontrado únicamente dos afloramientos de poca extensión (mapas No. 2 y 3), uno de estos el de mayor extensión, localizado a la mitad de la falda norte del Cerro Colorado y el otro de menor extensión, se localiza sobre el arroyo Gacho al NE de la estructura del Nudo.

#### 4.2.3 Depósitos aluviales y coluviales.

Los depósitos aluviales se formaron por el producto de la erosión de las rocas preexistentes y presentan una gama amplia tanto en composición de los fragmentos (rocas volcánicas ácidas – básicas), como en tamaño (gravas hasta arcillas); cubren zonas bajas sobre todo en las bases de los arroyos, y forman pequeñas mesetas y abanicos aluviales.

Los depósitos coluviales son el producto del intemperismo de las rocas preexistentes, presentan principalmente fragmentos de roca de origen ígneo de

composición ácida – intermedia y tamaños que varían desde bloques hasta arcillas. Se depositan en laderas donde cambia la pendiente.

#### 4.3 Rocas encajonantes.

Con base en evidencias de campo se puede determinar que las rocas encajonantes son de origen ígneo hipabisal de composición ácida (microgranitos), como se mencionó anteriormente; estas rocas presentan textura afanítica, coloraciones gris claro hasta gris verdoso, constituidas de minerales como feldespatos, plagioclasas, y minerales secundarios como yeso, calcita, clorita, epidota, plagioclasas. Están afectadas por alteraciones hipogénicas como silicificación, argilitización y propilitización.

El emplazamiento de estos microgranitos se encuentra condicionado por los patrones de fracturamiento más importantes en la región. Dentro de estos y con los mismos patrones de fracturamiento se tienen brechas hidrotermales cementadas por cuarzo criptocristalino y pirita finamente diseminada.

Son rocas que se distribuyen en forma pseudoradial en la falda norte, este y sur del Cerro Colorado (mapa No.3).

#### 4.4 Estructuras mineralizadas

Como se ha establecido en incisos precedentes, la mineralización está alojada en los diques de microgranito. Los diques son de color gris al fresco y crema – amarillento en superficie intemperizada, la textura afanítica, donde los minerales que se observan megascópicamente son el cuarzo, plagioclasas reemplazadas por sílice y feldespatos argilitizados principalmente. El espesor de los diques varía de 10 m a 60 m con rumbo preferencial E – W y NW – SE, con buzamientos hacia el oriente de 45° a 80°. La extensión longitudinal de estos diques varía de 130 m a 700 m.

Dentro de los diques se presentan zonas de brechamiento de origen hidrotermal y zonas de microfracturamiento. La mineralización, de acuerdo con observaciones de campo, se encuentra asociada directamente con las brechas, zonas de microfracturas y en diseminación muy fina de pirita dentro de los diques.

En las zonas de microfracturamiento que dan la apariencia de stockwork, como en el caso de la estructura La Casita, con una extensión de 314 m por 20 m, se presenta un vetilleo de cuarzo con pirita en cristales muy finos en una proporción de aproximadamente 5 %.

Por otra parte, con las evidencias macroscópicas se observó que existen zonas del dique las que no han sufrido brechamiento ni vetilleo, pero presentan diseminación de pirita de grano fino en proporción de 1 % a 2 %, en las cuales se recolectaron muestras, que al ser analizadas reportaron valores anómalos de oro.

Como producto de la oxidación de los sulfuros de fierro, los dique presentan en superficie las siguientes tonalidades: crema, amarillas y rojizas; es de notar que la oxidación se presenta en forma de manchas a lo largo de la estructura mineralizada; en otras partes se presentan sulfuros sin este tipo de alteración, por lo que se infiere que la zona de oxidación es angosta.

A continuación se presenta una descripción de cada una de las estructuras mineralizadas cartografiadas, las que se pueden observar en los mapas No.2, 3 y 4 y fotografías 1 y 2.

#### La Casita

Está formada por un dique de microgranito que intrusiona a las andesitas y que aflora con rumbo N 65° - 82° W y buzamiento al NE con 40° a 60°, a lo largo de 314 m, tiene espesores reales que varían de 5 m a 20 m en la parte más ancha, y se localizan en la parte central del área del prospecto (mapa No. 3). La mineralización de esta estructura está relacionada a una brecha de 14 m de espesor que corre a lo largo del dique preferentemente en la parte baja, con fragmentos angulosos de algunos milímetros hasta 5 cm de diámetro del mismo dique, cementados por sílice criptocristalino, con pirita intersticial finamente diseminada en un porcentaje de 2 a 3 % (fotografías 5 y 6). Con base en los análisis del muestreo, el contenido promedio de oro en esta brecha es de 650 ppb, con variaciones desde 9 ppb hasta 2,346 ppb. El resto de la estructura es el dique con microvetillas de cuarzo con pirita y zonas con pirita diseminada, que arrojan valores desde 100 hasta 300 ppb de oro. El afloramiento se encuentra afectado por una falla de rumbo N 30° E, la que ocasionó una dislocación de la estructura mineralizada. En la zona más ancha del afloramiento, hacia el alto, se localiza una “brecha con fragmentos redondos” (pebble

– dike), lo que indica que existió una fuerte ebullición relacionada al hidrotermalismo (Corbett y Baker 1995).

#### La Amarilla

La mineralización está en un dique que aflora al suroriente del prospecto, a lo largo de 180 m con rumbo E – W y echado de 45° a 75° al N, con un espesor de 15 m (mapa No. 3). Dentro del dique se localiza una brecha con fragmentos del mismo, muy angulosos y de tamaño que varía de pocos milímetros hasta 1.00 cm, cementados por sílice criptocristalino con 2 a 3 % de pirita diseminada. El ancho promedio de la brecha es de 1.30 m y se localiza en la parte media a todo lo largo del dique. Los valores de oro reportados van desde 73 ppb hasta 1,470 ppb con promedio de 630 ppb. En el resto del dique se presenta un abundante microvetilleo de cuarzo con pirita, donde se tienen valores de oro desde 50 ppb hasta 300 ppb. El dique se encuentra alojado en andesitas moderadamente propilitizadas. El espesor de este dique puede ser mayor, ya que gran parte de él se encuentra cubierto por basaltos cuaternarios.

#### La Casita NW

El afloramiento de esta estructura encajonada en un dique que se localiza en la porción norponiente del prospecto (mapa No. 3). La longitud es de 150 m, con un rumbo N30°W y buzamiento de 55° a 75° al NE. El espesor real del dique es de 100 m y se encuentra encajonado por andesitas. La mineralización de oro está relacionada a una zona de brechamiento de 15 m de espesor localizada en la parte baja del dique, intensamente silicificada y con un 3 % de pirita entre los fragmentos, con drusas de cuarzo y que ocasionalmente presentan pequeños cubos de fluorita de hasta 0.5 cm. Los reportes de análisis de las muestras arrojan valores desde 5 ppb hasta 1,235 ppb, con un promedio de 440 ppb de oro. El resto del dique presenta vetilleo de cuarzo con aproximadamente 1 % de pirita con valores promedios de 200 ppb de oro.

### La Café

Esta estructura es también un dique de 120 m de longitud y 16 m de ancho, con rumbo N 42° E e inclinación de 55° a 72° al W, localizado en la falda norte del Cerro Colorado (mapa No. 3). Dentro de este dique se encuentra una brecha, de 2.00 m de espesor, con fragmentos angulosos de la misma roca, y cementante de sílice criptocristalino con 2 % de pirita, cuyos valores reportados de oro van desde 261 ppb hasta 2,509 ppb, con un promedio de 1,159 ppb de oro. El resto del dique presenta vetilleo de cuarzo con pirita fina y tiene un promedio de 300 ppb de oro. El dique se encuentra intrusionando a las andesitas con alteración propilítica.

### Cordón del Cañón

Se localiza en la parte surponiente del prospecto. El afloramiento del dique es de 120 m de longitud con un espesor de 65 m, con rumbo N 40° W y buzamiento de 76° al NE (mapa No. 3). La mineralización está relacionada a una brecha de 1.5 m de espesor que corre a lo largo de todo el dique, con fragmentos angulosos de la misma roca, cementados por sílice criptocristalino y 2% aproximadamente de pirita. Los valores de oro reportados varían de 73 ppb hasta 281 ppb con promedio de 146 ppb. El dique presenta con un moderado vetilleo de cuarzo en un sistema con dirección paralela y perpendicular al rumbo del dique, con pirita y valor promedio de oro de 100 ppb.

### Cordón Poniente

El stock de microgranito que contiene a esta estructura se localiza en la falda sur del Cerro Colorado, en la porción surponiente del prospecto (mapa No. 3). Es una de las estructuras más grandes con una longitud de 600 m con rumbo N 5° W e inclinación 78° al W. El espesor promedio es de 70 m, aunque alcanza hasta 160 m. Dentro del stock existe una brecha de 2.00 m de espesor con el mismo rumbo del microgranito, cortada en la parte central del afloramiento por otra brecha perpendicular de 1.40 m de ancho. Ambas brechas localizadas en la parte centro – alto del microgranito, están formadas por fragmentos de composición ácida que varían de 1 mm a 3 cm, cementadas por sílice criptocristalino con 3% de pirita diseminada (fotografías No. 7 y 8). El microgranito se encuentra afectado por pequeñas fallas de rumbo desde E – W hasta N 40° W que desplazan las brechas



mineralizadas hasta 10 m en sentido horizontal. El muestreo realizado en las brechas arroja valores desde 33 ppb hasta 1,200 ppb de oro, con un promedio de 177 ppb. El resto del microgranito presenta vetilleo moderado de cuarzo con pirita y algunas drusas de cuarzo y tiene un contenido promedio de 100 ppb de oro. El stock de microgranito corta en la parte baja a rocas andesíticas y en la zona más elevada a la toba lítica. Estructuralmente se encuentra debajo de las riolitas de textura fluidal.

#### Cordón Amarillo

La estructura Cordón Amarillo forma parte de un dique de microgranito de 540 m de longitud con rumbo N 80° W y echado de 80° al NE, localizada en la parte central del área, en la falda oriente del Cerro Colorado (mapa No. 3). Es una de las estructuras más grandes en cuanto a longitud de afloramiento. El espesor de este dique es de 70 m y se encuentra encajonado en andesitas. Dentro del dique se aloja una brecha que corre a lo largo del afloramiento, con un espesor de 2.00 m, aunque en algunos lugares se separa en varias estructuras delgadas para después volverse a juntar, además de estar afectada por pequeñas fallas paralelas con rumbo N 25° W que desplazan lateralmente a la brecha de 5 hasta 20 m. La brecha, al igual que todas las demás, está formada por fragmentos que varían de unos milímetros hasta 2 cm de la misma composición del dique cementados por sílice criptocristalino con 2% de pirita intersticial en promedio. El muestreo sistemático realizado en la brecha arroja valores desde 33 ppb hasta 1,888 ppb de oro, con promedio de 120 ppb. El resto del dique se encuentra afectado por un microvetilleo moderado de cuarzo con pirita, y pirita diseminada. Los valores promedio de oro se sitúan entre 100 y 200 ppb.

#### Cordón Colorado.

El dique en el cual está alojada la estructura se localiza en la parte central del área, y parece ser la continuidad del Cordón Amarillo que se encuentra desplazado 170 m por una falla NE – SW (mapa No.3). El rumbo del dique es N 75° W con inclinación de 68° al NE, tiene una longitud en afloramiento de 340 m con espesor promedio de 60 m. El dique está fuertemente silicificado con una zona de brecha cargada hacia el bajo; es continua a todo lo largo y está compuesta por fragmentos de composición ácida de 1 mm a 1 cm, cementada por sílice criptocristalino y 1% de pirita diseminada dentro del cementante de sílice. El ancho promedio de la brecha es

de 1.80 m. Los resultados del muestreo sistemático arrojan valores que van desde 10 ppb hasta 1,771 ppb de oro, con un promedio de 120 ppb. El resto del dique se encuentra fuertemente silicificado, con pirita en vetillas de cuarzo y diseminada en la matriz. Los valores de oro varían de 100 a 300 ppb.

#### La Verde

Esta es una pequeña estructura encajonada en un dique localizado inmediatamente al sur de la Casita NW y en la falda nororiente del Cerro Colorado (mapa No. 3) Su longitud de afloramiento es de 145 m con rumbo N 10° E y echado de 78° al SE, y parece ser la continuación al norte del microgranito Cordón Poniente, interrumpido por las riolitas. Dentro de este dique se encuentra una brecha con fragmentos de composición ácida e intermedia de 1 mm a 2 cm, cementados por sílice criptocristalino y sílice amorfo, con 2% de pirita diseminada, su espesor es de 2.40 m y se extiende a todo lo largo del afloramiento del dique, el cual se encuentra emplazado en tobas líticas. El muestreo de la estructura brechoide presenta valores de oro que varían de 40 ppb a 564 ppb con promedio de 126 ppb. El resto del dique tiene una silicificación moderada en forma de vetillas de cuarzo con pirita, diseminada en la matriz del dique, y arroja valores promedio de 100 ppb.

#### El Nudo

Es una zona de oxidación localizada en la proyección de la posible intersección de las estructuras Cordón Amarillo y La Casita (mapa No. 3). Se presenta en una zona de riolitas con silicificación débil en forma de vetillas y óxidos e hidróxidos de hierro.

#### Cerro Colorado

Es una riolita con textura fluidal localizada en la parte centro – oeste del área, coronando únicamente la parte alta del cerro del mismo nombre (fotografías No. 3 y 4). Su color es rosado al fresco y tonalidades rosas – rojizas producto de la oxidación de los minerales ricos en hierro, además presenta zonas brechadas que siguen el mismo rumbo del fracturamiento NW – SE. Estas rocas probablemente forman parte de un conducto alimentador, como se puede interpretar en el mapa No.3.

#### 4.5 Alteraciones hidrotermales.

Los fluidos hidrotermales que afectaron la zona, produjeron cambios mineralógicos en las rocas, las que se exponen en forma de alteraciones hipogénicas. Las principales alteraciones hidrotermales que se observan en las estructuras mineralizadas, así como en la roca encajonante con base en evidencias macroscópicas y microscópicas son las siguientes: silicificación, argilitización, propilitización y en las zonas topográficas más bajas las estructuras presentan evidencias de alteración sericítica, cabe mencionar que esta última alteración se determinó macroscópicamente, aunque algunas rocas del área (tobas líticas y brechas) la presentan microscópicamente. El mapa No 5 presenta la distribución de las alteraciones hidrotermales sobre los microgranitos y estructuras mineralizadas.

Las alteraciones hidrotermales presentan un zoneamiento lateral, manifestado por silicificación en el centro, rodeada de argilitización moderada, que a su vez gradúa a argilitización leve y por último y más alejada del cuerpo mineral se desarrolla la propilitización (mapa No.5).

#### Silicificación

Esta alteración es el reemplazamiento y/o sustitución de la roca o de algunos de sus minerales por cuarzo; enmascara las texturas y la composición mineralógica original de la roca, se presenta principalmente en la zona de diques (aunque la toba lítica y riolita la contienen), en forma de cuarzo criptocristalino que sustituye a feldespatos, en microvetillas de cuarzo y calcedonia como cementante en algunas de las brechas. Asociada a esta alteración se observa pirita fuertemente diseminada, hasta en un 3 % de la roca total, dentro de las vetillas o intersticial entre los fragmentos de las brechas. El muestreo de estas zonas silicificadas arrojan valores de oro con interés económico (hasta 2,000 ppb) y con altas anomalías de arsénico (mayores de 10,000 ppm). Esta alteración es la más ampliamente distribuida en los microgranitos (diques) y parece estar restringida a ellos, asociada directamente con la mineralización de oro.

### Argilitización

Se presenta como la sustitución de los feldspatos y/o plagioclasas de las rocas preexistentes por minerales arcillosos; en la zona se pueden distinguir tres grados de alteración argílica.

Leve. Se caracteriza por feldspatos débilmente alterados a minerales arcillosos; se encuentra distribuida en los contactos de los diques de microgranito con las andesitas. El muestreo realizado en esta alteración arroja valores de oro entre 50 y 90 ppb, y 100 a 500 ppm de arsénico. El interés económico que se presenta en esta zona es escaso, pero sirve como guía en la exploración ya que delimitan las zonas con mejores valores de oro.

Moderada. Está representada por la sustitución parcial de los feldspatos de los diques a minerales arcillosos, con algunas manifestaciones de pirita asociados a estos cristales alterados, distribuidos casi en todas las estructuras. Además, se encontraron algunas vetillas de caolinita hasta de 5 cm de ancho, sobre todo en las partes topográficas más altas. Los valores de oro asociados a estas zonas alcanzan hasta 300 ppb, mientras que el arsénico se ubica en el intervalo de los 500 a 1,000 ppm.

Avanzada. Este grado de alteración argilítica se caracteriza por la completa sustitución de los componentes de las rocas preexistentes por minerales arcillosos, dándole una coloración blanca y textura deleznable. Se le localiza en la falda norte – este del Cerro Colorado, entre las estructuras mineralizadas de La Casita y La Casita NW, alteran principalmente a las tobas líticas y a las andesitas. Los valores reportados de oro y arsénico son muy pobres. Su importancia en la exploración es como indicador de posibles cuerpos mineralizados a profundidad.

### Propilitización

Se caracteriza en esta zona, por el reemplazamiento de plagioclasas y ferromagnesianos en un conjunto paragenético de pirita – calcita – clorita – epidota, que se presentan en forma de cúmulos, manchas y vetillas de calcita, lo que proporciona a la roca una coloración verde. Se observa principalmente en las rocas andesíticas que fueron afectadas por la intrusión de los diques, en forma de halos alrededor de ellos.

Se recolectaron muestras en superficie de andesitas propilitizadas y de los suelos asociados a éstas, con la finalidad de establecer la relación de la mineralización de oro y otros elementos indicadores con esta alteración; los resultados obtenidos fueron poco alentadores con valores de oro debajo de 20 ppb, y de arsénico con menos de 100 ppm, lo que indica que esta alteración se encuentra más alejada de la zona de interés económico.

### Sericitización

La sericitización es la formación de sericita y arcillas a partir de algunos minerales como plagioclasas y feldespatos potásicos. Probablemente, esta alteración tiene poco desarrollo; se limita a los diques de las estructuras Cordón Amarillo y Cordón Poniente en la parte topográfica más baja de ambos, en este último se observa microscópicamente la sericita en escamas que forman parches como alteración de feldespatos.

### Enriquecimiento supergénico.

La presencia de zonas de enriquecimiento supergénico es muy limitada en estas estructuras, ya que se observa con mucha frecuencia en superficie, la presencia de sulfuros frescos y óxidos e hidróxidos de fierro en fracturas muy superficiales. Con estas observaciones, se define que este enriquecimiento es prácticamente nulo; está únicamente en áreas pequeñas.

Oxidación. Aunque no es una alteración hidrotermal, la oxidación de sulfuros primarios de fierro en óxidos, hidróxidos y sulfatos se encuentra distribuida en forma de vetillas e hilos en los diques, lo que da como resultado el enriquecimiento supergénico con valores de oro hasta de 2,300 ppb. Desgraciadamente, esta zona es muy superficial, se restringe únicamente a unos cuantos metros por debajo de la superficie. Así mismo, la oxidación da como resultado anomalías de color, que pueden servir de guías en la prospección.

#### 4.6 Paragénesis, sucesión e ideas acerca del zoneamiento

En el área de estudio se recolectaron muestras de roca sobre todas las estructuras mineralizadas, con la finalidad de estudiar los minerales bajo el microscopio estereoscópico, petrográfico y mineragráfico. Además se recolectaron muestras representativas de todas las rocas expuestas en el área, para observarlas en el microscopio petrográfico. Se realizaron además secciones pulidas para analizarlas bajo el microscopio mineragráfico.

En las muestras de mano de las estructuras mineralizadas se observan cuarzo, calcedonia, fluorita, sulfuros de hierro, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso.

##### Paragénesis

Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ). Se observa a simple vista en ejemplar de mano, conforma un mosaico heterogéneo de cristales, en forma de vetillas, drusas y masivo sobre la estructura mineralizada con pirita asociada. Al microscopio se observa con las mismas formas antes mencionadas, forma intercrecimientos de cristales anedrales y euedrales.

Calcedonia ( $\text{SiO}_2$ ). Megascópicamente se observa en forma de vetillas, como cementante de fragmentos del microgranito, principalmente en la estructura de mayor altitud (La Verde), y microscópicamente se presenta en forma de vetillas, en ocasiones como drusas y cementa a los fragmentos de roca.

Fluorita ( $\text{CaF}_2$ ). Este mineral sólo se observa en la estructura La Casita NW, teniendo formas cúbicas de color violeta a pardo y tamaños hasta de 3 mm.

Ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ).- Estos minerales se pueden apreciar sólo a escala microscópica, los que se encuentran en los fragmentos de roca como fenocristales incluidos en una matriz vítrea y están parcial o totalmente silicificados.

Pirita ( $\text{FeS}_2$ ). Megascópicamente se observan vetillas acompañadas de cuarzo blanco y disseminados en la matriz de las brechas mineralizadas. Microscópicamente se presenta en forma de vetillas y disseminada, en cristales anedrales a euedrales; presentan texturas de cristales engolfados y fracturados; algunos de estos cristales se encuentran reemplazados parcialmente por arsenopirita como un pseudomorfo, otros están parcialmente alterados por goethita – limonita y hematita y algunos presentan intercrecimientos e inclusiones de esfalerita.

Esfalerita ( $(\text{Fe,Zn})\text{S}$ ). Megascópicamente no fue posible observar este mineral, pero microscópicamente se observó cómo inclusiones e intercrecimiento en pirita.

Arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ). No se puede observar este mineral en ejemplar de mano. Al microscopio se presenta como inclusiones, reemplazamiento y pseudomorfo de la pirita, además en estructuras en forma de golfos.

Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Este mineral se presenta a simple vista en ejemplar de mano como manchas de coloración rojiza. En sección pulida como reemplazo parcial de los bordes y fracturas de la pirita, y en cristales anedrales disseminados en cuarzo, alterados parcialmente por goethita – limonita.

Goethita – limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ ,  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ).- Megascópicamente se observa en forma de manchas de tonalidades rojizas, amarillas y ocreas. Al microscopio se observa como vetillas alterando parcialmente a la pirita, asociada a cuarzo con textura bandeada, acicular, zoneada, coloforme y anillos, y en forma disseminada, como agregados y disseminados que bordean a los demás minerales opacos.

Óxidos e hidróxidos de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ). En muestra de mano se reconocen esporádicamente dendritas de óxidos e hidróxidos de manganeso (pirolusita). En superficie pulida se encontraron agregados de cristales muy finos y en forma disseminada sobre minerales transparentes (cuarzo).

Oro (Au).- En las muestras analizadas no fue posible identificar minerales de oro. No obstante, el oro podría estar en forma de cristales muy finos incluidos en la pirita.

Con la información recolectada en campo y en el laboratorio, se considera que en estas estructuras se manifiestan dos eventos de mineralización hidrotermal y una etapa posterior de escaso desarrollo de origen supergénico. En general, las texturas que se reconocen sobre las estructuras son principalmente el reemplazamiento, relleno de fracturas e intercrecimientos.

Sucesión.

Se considera que el fenómeno de mineralización se desarrolló conforme a las siguientes etapas.

Etapa I. Mineralización de sulfuros de fierro, reemplazamiento de sílice en la matriz y fragmentos de roca. La pirita manifiesta las texturas en golfos, microfracturamiento y pseudomorfismo de la arsenopirita; asimismo son notables el reemplazamiento de hematita sobre pirita, los agregados y diseminados de goethita – limonita sobre pirita y las inclusiones de esfalerita dentro de la pirita.

Etapa II. Mineralización de sulfuro de fierro, cuarzo en forma de vetillas e hilos, que delatan el desarrollo de microfracturamiento. La pirita ocurre en cristales euedrales a anedrales que están diseminados en cuarzo, parcialmente alterados a goethita – limonita. La hematita reemplaza parcialmente a la pirita. La goethita – limonita presenta una textura bandeada acicular y en anillos que se desarrollan sobre minerales transparentes

Etapa III. Mineralización secundaria producto de la acción de aguas meteóricas sobre sulfuros de fierro (oxidación y enriquecimiento), las texturas principales de esta etapa, son el reemplazamiento de sulfuros por óxidos e hidróxidos de fierro y manganeso.



DIAGRAMA DE SUCESIÓN.

MINERAL	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III
Pirita	-----	-----	
Arsenopirita	-----		
Esfalerita		-----	
Hematita			-----
Goethita – limonita			-----
Óxidos e hidróxidos de Mn			-----
Oro		-----	-----
Cuarzo	-----	-----	
Fluorita		-----	

Ideas acerca del zoneamiento.

El comportamiento lateral en la distribución del oro, está estrechamente relacionado a las brechas mineralizadas hospedadas en los microgranitos, ya que es donde se encuentran las mayores concentraciones de oro y sulfuros. De manera que al desplazarse en sentido perpendicular a las brechas, se tiene que las concentraciones de oro decrecen hasta desaparecer al llegar a las andesitas.

Dentro de las brechas, la distribución de oro en sentido horizontal es variable; lo que es de importancia es en sentido vertical; esto indica que a medida que las brechas profundizan las concentraciones de oro se incrementan, al menos se corrobora con las evidencias de campo, este comportamiento se observa en la estructura Cordón Poniente, donde a mayores altitudes los valores de oro son bajos y en las partes de menor altitud este elemento se incrementa.

La distribución de los minerales metálicos (pirita y arsenopirita) es de manera análoga a la del oro.

Los resultados geoquímicos demostraron que la zona de mayor concentración de oro coincide con la silicificación, alteración que en todos los casos coincide con la conformación de estas anomalías.

Las guías de exploración son de naturaleza litológica, estructural, mineralógica y geoquímica.

Como guía litológica se tiene la presencia de los diques de microgranito, que contienen la mineralización, ya sea en forma de brechas, diseminada y en microvetilleo de cuarzo y pirita. Las estructurales se encuentran representadas por los lineamientos en que se emplazaron los diques. Las mineralógicas indican que las concentraciones mayores de oro están íntimamente relacionadas a la silicificación y que la sericitización es indicativa de zonas más profundas; la argilitización indica cierta lejanía de las zonas de mineralización. Desde el punto de vista geoquímico, se observa una relación constante del arsénico con oro, lo que hace suponer que el oro se encuentra asociado con pirita y arsenopirita.

Cabe señalar que estas condiciones geoquímicas, geológicas y mineralógicas hacen suponer que las estructuras mineralizadas en la región del prospecto “El Rodeo” se encuentran en un nivel somero de algún sistema mineralizado, ya que la temperatura de formación de estos yacimientos se encuentra en el intervalo de 100°C a 150°C aproximadamente; las condiciones más adecuadas para contener mineralización aurífera se presentan a una profundidad de 150 m a 300 m en relación con el nivel de las estructuras en superficie y con temperaturas probablemente por encima de 200°C.

#### 4.7 Hipótesis genética.

La gran variedad y cantidad de yacimientos minerales que se han estudiado a lo largo de la margen occidental del continente americano, han permitido proponer algunos modelos de mineralización, como el que se ha resumido en la figura No.4 (Corbett y Leach, 1995). Dentro de esta gama de modelos de mineralización se tienen a las estructuras del prospecto El Rodeo, que se encuentran relacionadas al modelo de baja sulfuración.

Para efectos comparativos, se dan a continuación las características de los depósitos de baja y alta sulfuración, en virtud de su estrecha relación espacial.

FORMA DE DEPÓSITO

BAJA SULFURACIÓN	ALTA SULFURACIÓN
(Adularía – sericita)	(Sulfato ácido)
Vetas de espacios abiertos dominantes.	Vetas subordinadas localmente dominantes.
Diseminación menor.	Diseminación dominante.
Reemplazamiento menor.	Reemplazamiento común.
Stockwork común.	Stockwork menor.

Tabla No.1 Características de forma de depósito de baja y alta sulfidación

MINERALES DE MENA EN MENAS RICAS EN ORO

MINERAL	BAJA SULFURACIÓN	ALTA SULFURACIÓN
Pirita	Ubicuo (abundante)	Ubicuo (abundante)
Esfalerita	Común (variable)	Común (muy poca)
Galena	Común (variable)	Común (muy poca)
Calcopirita	Común (muy poca)	Común (menor)
Enargita – Luzonita	Raro (muy poca)	Ubicuo (variable)
Tenantita – Tetraedrita	Común (muy poca)	Común (variable)
Covelita	Poco común (muy poca)	Común (menor)
Estibinita	Poco común (muy poca)	Raro (muy poca)
Oropimente	Raro (muy poca)	Raro (muy poca)
Regalgar	Raro (muy poca)	Raro (muy poca)
Arsenopirita	Común (menor)	Raro (muy poca)
Cinabrio	Poco común (menor)	Raro (muy poca)
Electrum	Común (variable)	Poco común (menor)
Oro nativo	Común (muy poca)	Común (menor)
Telenuros – Selenuros	Común (muy poca)	Poco común (menor)

Tabla No. 2 Características de las menas en los diferentes tipos de yacimientos.

En esta tabla se muestran la frecuencia y ocurrencia de los minerales dentro de estos dos estilos de depósitos. Se encuentra basada en la compilación de datos de minerales de mena en más de 130 depósitos hidrotermales en la región del suroeste del Pacífico (White N. C., 1995) y 47 depósitos en el norte y centro de América (Buchanan, 1981).

**MINERALES DE GANGA**

MINERAL	BAJA SULFURACIÓN	ALTA SULFURACIÓN
Cuarzo	Ubicuo (abundante)	Ubicuo (abundante)
Calcedonia	Común (variable)	Poco común (menor)
Calcita	Común (variable)	Ausente (muy poca)
Adularia	Común (variable)	Ausente
Illita	Común (abundante)	Poco común (menor)
Caolín	Raro (muy poca)	Común (menor)
Pirofillita – Diásporo	Ausente (muy poca)	Común (variable)
Alunita	Ausente (muy poca)	Común (menor)
Barita	Común (muy poca)	Común (menor)

Tabla No. 3 Características de minerales de ganga en los diferentes tipos de yacimientos.

En esta tabla se muestran la frecuencia y ocurrencia de los minerales dentro de estos dos estilos. Y se encuentra basada en la compilación de datos de minerales de mena en más de 130 depósitos hidrotermales en la región del suroeste del Pacífico (White N. C., 1995) y 47 depósitos en el norte y centro de América (Buchanan, 1981).

Si se toma como base las diferentes características de los modelos de mineralización relacionados a la cordillera del Pacífico, las estructuras del prospecto El Rodeo se encuentran dentro del estilo de baja sulfuración (figura No.4) con temperatura de formación entre los probables intervalos de 150°C a 180°C como se indicó; en este tipo de mineralización predominan las vetas, diseminación de la mineralización escasa, reemplazamiento en menor proporción y comúnmente zonas de stockwork; los minerales de mena son pirita abundante, arsenopirita común,

esfalerita y como ganga se tiene cuarzo, calcita y minerales arcillosos (Corbett y Leach, 1995).

De acuerdo con los rasgos geológicos, metalogénicos, evidencias de campo y laboratorio, el prospecto El Rodeo se encuentra dentro de un ambiente que corresponde a un sistema hidrotermal de baja temperatura. Los intervalos de temperatura varían de 150°C a 180°C de acuerdo al modelo de Buchanan (1981) para estos yacimientos (figura No.5) además de la paragénesis observada (figura No.6). Por otro lado, la presencia de alteración sericitica en las partes topográficas más bajas indica que la temperatura aumenta hacia profundidad; se encuentra que la zona de esta alteración presenta mayor posibilidad de concentrar oro asociado a piritita, como se observa en las figuras No. 5 y 6; según el modelo genético de Buchanan relacionado con los depósitos hidrotermales de baja temperatura, es posible ubicar las estructuras mineralizadas en el área de estudio, en un horizonte que sobreyace una posible zona de bonanza.

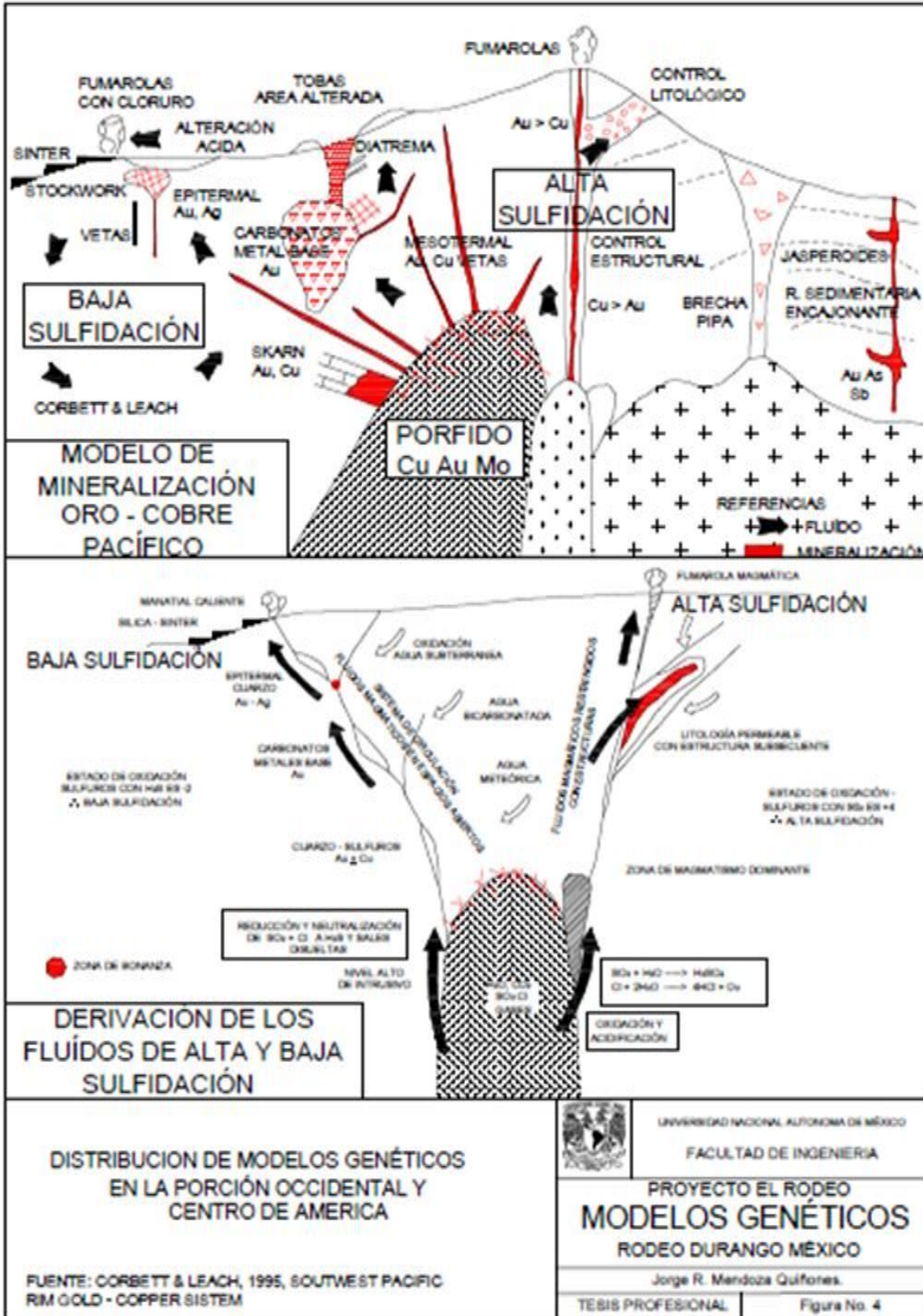
La fuente de oro en esta región, pudo estar relacionada al mismo sistema magmático que originó al microgranito. En este sentido, cabe señalar que a 20 kilómetros rectos al NE 9° se tiene una granodiorita (Tronco de Peras) del Eoceno y a 12 kilómetros rectos con rumbo NW 53° se tiene otro cuerpo intrusivo que se conoce con el nombre de La Gotera del Oligoceno.

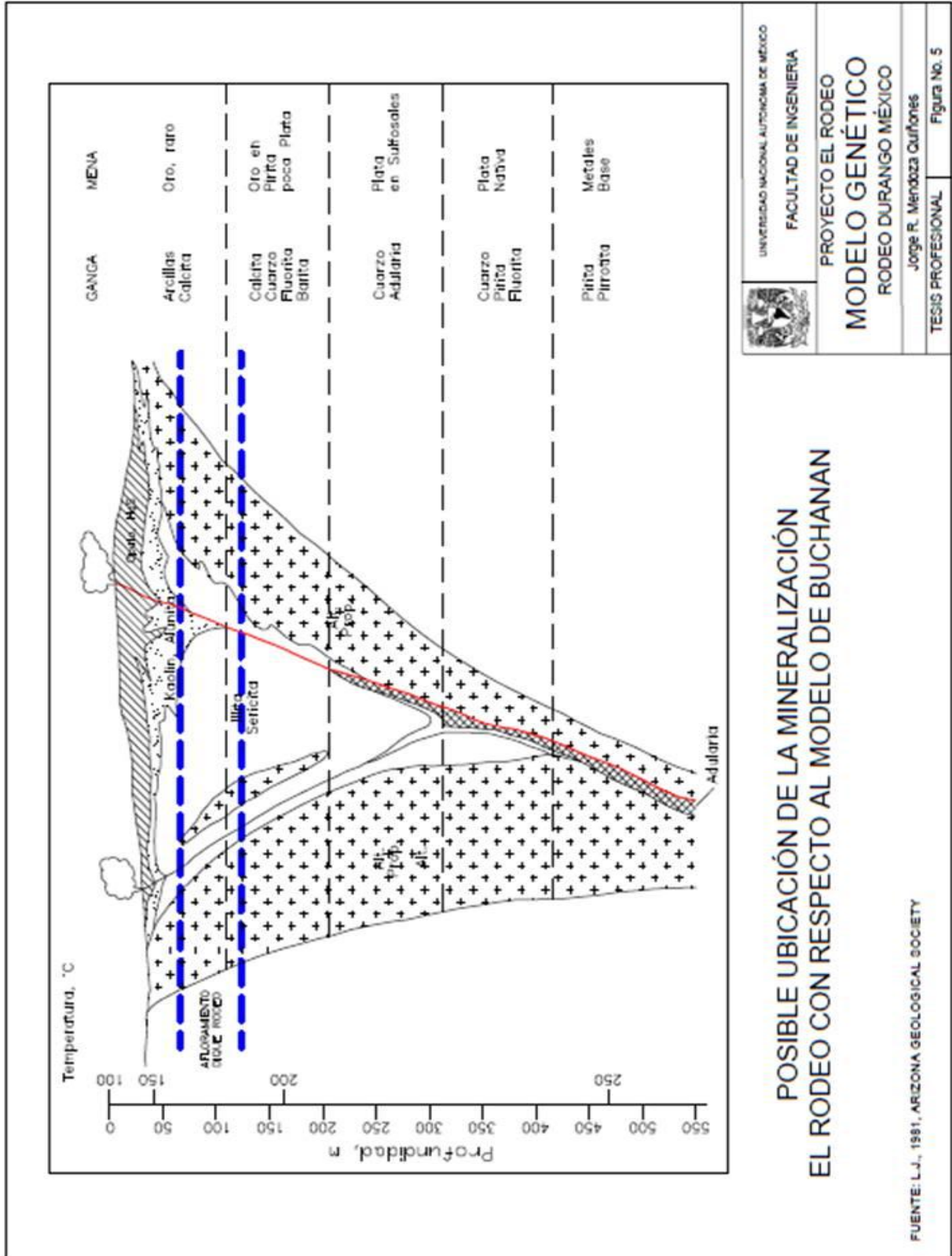
El transporte de los fluidos hidrotermales, producidos por el calor de los cuerpos intrusivos, sigue a los conductos estructurales preexistentes (fallas y fracturas). Estos fluidos calientes reaccionan con las rocas que atraviesan produciendo condiciones químicas favorables para la depositación de los compuestos de bisulfuros ricos en oro. Cabe mencionar que los elementos como el oro, arsénico y antimonio son transportados en compuestos ricos en azufre (Romberger, S. B., 1991) (Spycher, N. F., y Reed, M. K., 1989).

Una vez que los conductos se encuentran ocupados por los fluidos hidrotermales, los elementos como oro y arsénico que se encuentran asociados a complejos de bisulfuros (Atkinson, 1997 inédito), se rompen por cambios de temperatura; los complejos que contienen metales base se depositan a mayor profundidad y los complejos de oro se conservan y recorren mayor distancia hacia la superficie, llegan a la zona de ebullición en donde se rompen y se deposita el oro (Atkinson op. cit.). se considera que la temperatura de depositación oscila entre 250°C y 300°C para estos yacimientos (Romberger op. cit.).

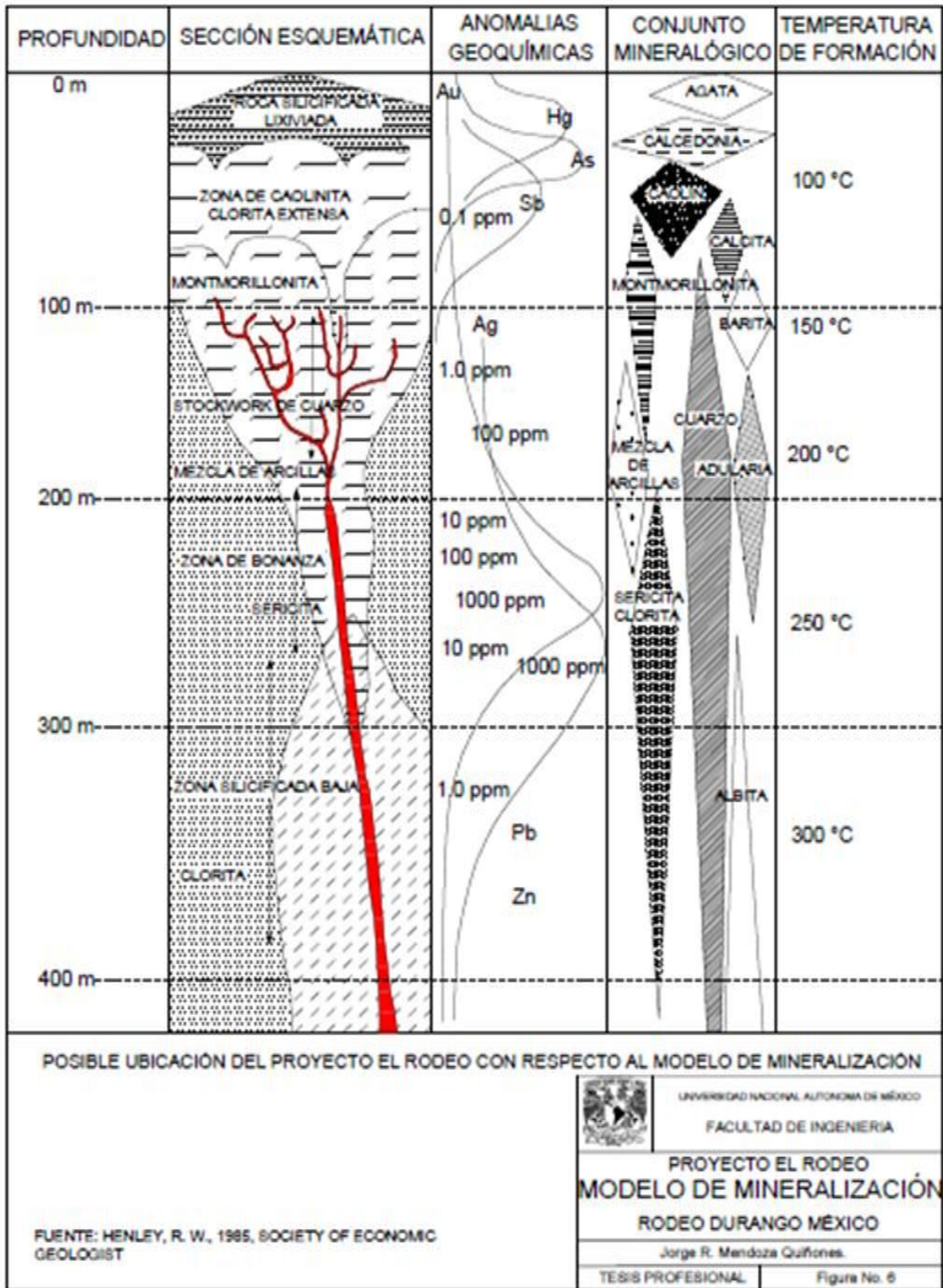
Una de las características importantes para el transporte y depositación de oro en estos yacimientos, es la presencia abundante de azufre e hidrógeno para conformar complejos de bisulfuros, que son químicamente inestables, cuando cambian las condiciones de temperatura, salinidad, pH y las concentraciones de H<sub>2</sub>S u oxidación de las soluciones, lo que provoca la precipitación de los metales (Atkinson y Romberger op. cit.).

Por otro lado, el comportamiento pseudoradial de los lineamientos, fracturas y de los mismos diques que se encuentran alrededor del Cerro Colorado, pudieran ser el testigo del canal alimentador de las riolitas con textura fluidal y centro de todo el sistema, el cual tiene una expresión de un domo de donde se desprendieron los diques con mineralización (mapa No. 3 y fotografía No.1).









## **5. GEOQUIMICA**

### 5.1 Metodología.

En el prospecto se recolectaron muestras de roca y suelo, se estudiaron patrones de dispersión del oro y de los elementos indicadores de mineralización aurífera. Los elementos que arrojaron anomalía de interés fueron oro, arsénico y mercurio.

Los afloramientos son abundantes pero no continuos, por lo que se decidió recolectar muestras de roca; estos afloramientos tienden a ocultarse en las zonas bajas, en donde se recolectaron suelos.

Los valores anómalos más significativos se localizan directamente en las zonas de brecha (donde las anomalías resultaron ser las mayores), como en las zonas de vetilleo de cuarzo; las otras zonas de diques, los valores de oro son de escaso interés.

Para determinar la presencia de oro y sus elementos indicadores, se realizaron varios tipos de muestreo:

- a) Muestreo de orientación de esquirlas de roca sobre las estructuras.
- b) Muestreo sistemático de esquirlas de roca en las estructuras.
- c) Muestreo de zonas de sulfuros sin oxidación.
- d) Muestreo de suelos en zonas cubiertas por aluvión.
- e) Muestreo de rocas en una cuadrícula establecida en el Cerro Colorado.

Los mapas Nos 6, 7, y 8 presentan la distribución, y el tipo de muestreo es indicado en la tabla No.4

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Nombre de la Estructura	Número de Muestras					Total Muestras
	Orientación	Sistemático	Suelo	Sulfuros	Cuadrícula	
La Casita	40	54	5	12		111
La Amarilla	28	13		4		45
La Casita NW	137	17		3		157
La Café	16	6				22
Cordón del Cañón	12	5		4		21
Cordón Poniente	39	29		8		76
Cordón Amarillo	34	17		7		58
Cordón Colorado	7	5		6		18
La Verde	12			1		13
El Nudo			9			9
Zona entre La Casita - La Casita NW	7		135			142
Zona entre La Amarilla			148			148
Cerro Colorado	2				83	85
<b>TOTAL</b>	<b>334</b>	<b>146</b>	<b>297</b>	<b>45</b>	<b>83</b>	<b>905</b>

TABLA No 4 TIPO DE MUESTREO EN LAS DIFERENTES AREAS DEL PROSPECTO "EL RODEO"

a) Muestreo de orientación de esquirlas de roca sobre estructuras.

Estas muestras se tomaron en las brechas hidrotermales hospedadas en los diques de microgranitos, diques y vetilleo de cuarzo. Su objetivo fue el de conocer el contenido de metales preciosos y elementos indicadores. La ubicación del muestreo es un tanto aleatoria; se trató de cubrir todos los afloramientos, con espaciamientos no mayores a 10 m. Se tomaron de 2 a 3 kg de roca, que se depositaron en bolsas de plástico transparente y se etiquetaron con clave de 6 dígitos, las cuales se enviaron al Laboratorio de Bondar Clegg para su preparación y análisis; se utilizó el método de ataque con agua regia, para el análisis de oro por fuego 30 g (Fire Assay) y el resto de los elementos (34) por ICP (Inducted Couple Plasma) (ver mapa No.6).

b) Muestreo sistemático de esquirlas de roca

El muestreo se realizó dentro del dique microgranítico, brecha y roca encajonante, con el objeto de conocer la distribución, patrones de distribución de los metales preciosos y elementos indicadores. La densidad del mismo dependió de los valores obtenidos en el muestreo aleatorio y de la cantidad de afloramientos, ya que algunos se encuentran cubiertos por talud; se enfocó a las áreas de mayor concentración de oro y elementos indicadores. Este muestreo fue realizado de 5 a 10 m sobre una línea determinada hasta cubrir todo el cuerpo mineralizado y 15 m de

roca encajonante, la separación de estas líneas, dependió de la exposición de los afloramientos (de 50 a 100 m). El método de recolección y análisis de éstas es similar al anteriormente descrito (mapa No.6).

c) Muestreo de zonas de sulfuros sin oxidación.

Estas muestras se recolectaron sobre las estructuras mineralizadas con mayor concentración de sulfuros; se evitó la presencia de óxidos sobre las mismas. El objetivo fue encontrar la relación de los sulfuros y oro a lo largo de las estructuras mineralizadas.

La distribución fue determinada por la concentración de sulfuros en el dique. Se tomaron de 2 a 3 kg que se empacaron en bolsas de plástico para su preparación y análisis químico; se mandaron a los laboratorios de Bondar Clegg. La localización de este tipo de muestreo se observa en el mapa No.5.

d) Muestreo de suelos en zonas cubiertas por aluvión.

Estas muestras se tomaron del horizonte "b" el cual presenta una mayor distribución de los elementos y por consecuencia da una mejor respuesta geoquímica; el horizonte "a" enmascara la distribución de elementos indicadores y preciosos por la gran cantidad de materia orgánica; el horizonte "c" presenta una distribución restringida del oro y de los elementos indicadores.

En cada punto se tomaron de 0.5 a 1 kg de suelo, fracción menor a 20 mallas Tyler; se marcaron con clave de 6 dígitos, para enviarlas al laboratorio de Bondar Clegg donde se secaron con horno a un poco menos de 100° C, para posteriormente ser tamizados a la fracción menor a 80 mallas Tyler. El laboratorio utilizó el método de ataque con agua regia, para su posterior análisis de oro por fuego y el resto de los elementos (34) por ICP. Este muestreo se indica en el mapa No. 7.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

e) Muestreo de rocas en una cuadrícula establecida sobre el Cerro Colorado.

El muestreo se realizó dentro del área que ocupa el Cerro Colorado, con el objeto de conocer los patrones de distribución de los metales preciosos y elementos indicadores. La densidad del mismo fue cada 25 m, según la cantidad de afloramientos, ya que algunos se encuentran cubiertos por talud para cubrir una extensión de 450 m X 600 m. El método de recolección y análisis es similar a los anteriores tipos de muestreo. La distribución del muestreo se indica en el mapa No. 8.

El resultado de los análisis de los diferentes tipos de muestreo, arrojó valores anómalos de oro, arsénico, antimonio y mercurio; los dos primeros son de mayor interés económico y geoquímico respectivamente.

A los resultados de los análisis se les aplicó un tratamiento estadístico para determinar sus valores máximos, mínimos, media, desviación estándar, threshold y percentil, 95. De acuerdo a las fórmulas siguientes:

Media = La suma de todos los valores entre el número total de ellos.

Desviación Estándar = Raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones respecto a la media.

Threshold = Es dos veces la media por la desviación estándar.

Percentil, 95 = Es la media por 0.95

Los resultados se indican en las tablas No. 5, y 6, estos parámetros se utilizaron para determinar los intervalos de valores, para la elaboración de los mapas de anomalías geoquímicas.

El tratamiento estadístico se puede realizar a mano, pero debido a la cantidad de muestras, se utilizó el paquete de ROCKWORK.

Análisis estadístico del muestreo de rocas	Au	Ag	As	Sb
	ppb	ppm	ppm	ppm
Valor Máximo	2,509	113	10,000	2,000
Valor Mínimo	2.5	0.1	2.5	2.5
Media	285.5	5.9	1,948.30	84.1
Desviación Estándar	378.86	9.0852	2,177.60	171.75
Threshold	1,043.30	24.1	6,303.50	427.7
Percentil,95	953.95	20.485	6,955.50	208.15

Tabla No. 5 Análisis estadístico del muestreo de rocas sobre estructuras mineralizadas en el prospecto "El Rodeo"

Análisis estadístico de muestreo de suelos	Au	As	Hg
	ppb	ppm	ppm
Valor máximo	508	3347	9.406
Valor mínimo	2.5	7	0.033
Media	34.054	173.42	0.436
Desv. estandar	58.737	310.35	0.795
Threshold	151.528	794.12	2.026
Percentil, 95	151.9	592.9	1.2728

Tabla No. 6 Análisis estadístico del muestreo de suelos entre las estructuras mineralizadas del prospecto "El Rodeo"

Cabe señalar que los resultados obtenidos del muestro sobre el Cerro Colorado no fueron los esperados, ya que la distribución de los elementos traza no es significativa.

Con la totalidad de los resultados se realizó la configuración de los mapas de anomalías geoquímicas correspondientes a oro, arsénico y mercurio. Esto se indica en los mapas Nos. 9, 10, 11, 12, 13, 14, y 15.

Dado que el área presenta estructuras mineralizadas con posibilidades económicas, se decidió realizar una prueba metalúrgica, la cual consistió en la recolección de una muestra de roca con altos contenidos de sulfuros (50 Kg, bulk), para elaborar un estudio mineralógico con el objeto de determinar la distribución química – mineralógica del oro. Dicha prueba se elaboró en el Instituto de Metalurgia de la Universidad de San Luis Potosí.

El método realizado a esta muestra fue Prueba de Lixiviación Selectiva, que consiste en la molienda a menos 200 mallas (mest) para agregar a este material cianuro y poder determinar la distribución del oro en cinco grupos.

- Oro metálico libre (oro nativo y/o electrum), o atacado fácilmente por cianuro.
- Oro asociado a carbonatos.
- Oro asociado a silicatos.
- Oro asociado a sulfuros de metales base.
- Oro asociado a piritas.

Los resultados de esta prueba determinaron que:

Oro metálico libre	0.0%
Oro asociado a carbonatos.	0.0%
Oro asociado a silicatos.	0.0%
Oro asociado a sulfuros de metales base.	0.0%
Oro asociado a piritas.	100.0%

Con esto se sugiere que el tratamiento metalúrgico a seguir sobre estos cuerpos, deberá ser beneficio por flotación, combinación con la oxidación de los concentrados, ya sea por medios biometalúrgicos o por tostación.

## 5.2 Modelos de dispersión

Los elementos que mejor dispersión demostraron en el proyecto El Rodeo son oro, arsénico y mercurio, aunque los análisis realizados a los diferentes tipos de muestreos cubrieron una gama de 35 elementos. Los restantes 32 elementos no reportaron anomalías de consideración, para realizarles algún tratamiento estadístico y poderlos plasmar en un plano. De ahí que sólo se tomaron los elementos que mejor respuesta tuvieron, para realizar los mapas correspondientes a sus anomalías.

Como resultado de los diferentes tipos de muestreo y los patrones de dispersión en rocas y suelos, se determinaron áreas anómalas las que se dividen en tres, las primeras corresponden a los diques con muestreo de esquirlas, las segundas a las áreas cubiertas por aluvión muestreadas por suelos y la tercera corresponde a muestreo de esquirlas sobre el cerro Colorado.

El resultado de las áreas anómalas de los diques se determinó con base en el estudio estadístico de los análisis, que marcan los intervalos para la elaboración de las zonas anómalas, hasta lograr un mapa con mejor distribución de elementos. Para esto se tomaron los siguientes parámetros:

Para el caso de oro se tiene que:

ANOMALÍA	INTERVALO DE ORO (Au ppb)
Despreciable	< 50
Muy débil	50 – 100
Débil	100 – 200
Moderada	200 – 300
Fuerte	300 – 500
Muy fuerte	> 500

Y para el arsénico se tienen los siguientes parámetros.

ANOMALÍA	INTERVALO DE ARSÉNICO (As ppm)
Despreciable	< 50
Muy débil	100 – 500
Débil	500 – 1000
Moderada	1000 – 5000
Fuerte	> 5000

En Los mapas Nos. 9 y 10 se presentan las áreas anómalas de oro y arsénico. Las anomalías más importantes son:

La Casita.

En esta estructura se observa que la distribución anómala de oro, presenta una superficie de 390 m de longitud por 60 m de espesor en promedio. Dentro de esta zona se tiene una anomalía muy fuerte y fuerte que corre al bajo y centro de la estructura, con dimensiones de 300 m de longitud por 10 m de espesor en promedio. Son de suma importancia para su exploración por lo que constituyen los principales blancos a perforar, como se observa en el mapa No.9.



Para el arsénico el área anómala es 350 m de longitud por 100 m de espesor en promedio. Donde las anomalías moderada y fuerte presentan 310 m de longitud por 50 m de espesor en promedio y se localizan al bajo y centro de la estructura (mapa No. 10).

#### La Amarilla

La superficie anómala de oro, alcanza 190 m de longitud por 30 m de espesor en promedio. Los valores mayores de oro correspondientes a las anomalías fuertes y muy fuertes, se observan en el centro y los extremos del dique, la parte oriental presenta dimensiones de 25 m de largo por 4 m de ancho; la central de 20 m de largo por 4 m de ancho y en la zona poniente las dimensiones son 60 m de largo por 15 m de ancho. Como se observa en el mapa No. 9.

En esta estructura el área anómala de arsénico es de 240 m de largo por 60 m de ancho. Las anomalías moderada y fuerte se presentan al bajo y al centro a lo largo de la estructura; esta última tiene una longitud de 200 m por 30 m de ancho y la primera es de 90 m de largo por 15 m de ancho. Además se tiene que la continuidad hacia el occidente presenta una superficie anómala de 140 m de largo por 35 m de ancho en promedio. En la parte central, a lo largo de la estructura se tiene el área anómala (moderada) de 115 m de largo por 15 m de ancho (ver mapa No. 10).

#### La Casita NW

En esta estructura la superficie anómala de oro es de 180 m de largo por 100 m de ancho en promedio, en donde se observan dos áreas anómalas (fuerte y muy fuerte), localizadas al alto y bajo como se observa en el mapa No. 9. La primera presenta 170 m de largo por 18 m de ancho y la segunda tiene 50 m de largo por 20 m de ancho.

La distribución de arsénico es de 300 m de largo por 120 m de ancho en promedio. Dentro de esta superficie, se tiene una área anómala (moderada y fuerte) que se localiza en el alto de la estructura con dimensiones de 160 m de largo por 40 m de ancho en promedio, de forma irregular. Como se observa en el mapa No. 10.

### La Café

La superficie anómala de oro es de 210 m de largo por 40 m de ancho. En esta estructura el área anómala muy fuerte y fuerte, cubren la totalidad de la misma. Se encuentra un islote en la porción SW de menor intervalo. Estas distribuciones de oro se observan en el mapa No. 9.

La distribución de arsénico presenta una superficie de 235 m de largo por 50 m de ancho. En la estructura se observan tres anomalías (fuertes) distribuidas al noreste, centro y suroeste; la primera con dimensiones de 32 m de largo por 16 m de ancho; la segunda de 38 m de largo por 12 m de ancho y la última con 50 m de largo por 12 m de ancho. Ambas tienen forma de islotes. Como se puede ver en el mapa No. 10.

### Cordón del Cañón

En esta estructura se observa que la superficie anómala de oro es de 80 m de largo por 50 m de ancho. Dentro de esta superficie no se tiene anomalías fuertes y muy fuertes. Sólo un área (anomalía moderada) localizada al alto de la estructura con dimensiones de 40 m de largo por 14 m de ancho en promedio como se observa en el mapa No. 9.

La distribución anómala de arsénico es 145 m de largo por 60 m de ancho en promedio. La anomalía moderada se observa en la parte central de la estructura con dimensiones de 104 m de largo por 50 m de ancho. El mapa No. 10 presenta esta distribución de arsénico en la estructura del Cordón del Cañón.

### Cordón Poniente

Sobre esta estructura se tiene una superficie anómala de oro de 620 m de largo por 140 m de ancho en promedio, presentan dos áreas anómalas (fuertes y muy fuertes), ambas tienen forma de islas; la primera se encuentra en la parte norte con dimensiones de 40 m de largo por 10 m de ancho y la segunda en la parte sur con 26 m de largo por 20 m de ancho. Además se tiene dos anomalías más en la parte central de la estructura con dimensiones de 10 m de largo por 4 m de ancho

respectivamente. Cabe mencionar que gran parte de la estructura se tienen anomalías de menor intervalo como se puede observar en el mapa No. 9.

La superficie anómala de arsénico en la estructura es de 690 m de largo por 190 m de ancho en promedio. Se observan 8 anomalías a lo largo de la estructura, que corresponden al intervalo de moderadas y/o fuertes. La primera y segunda localizadas al norte presentan un área de 18 m de largo por 8 m de ancho y 30 m de largo por 15 m de ancho; la tercera, cuarta quinta y sexta se localizan en la parte central, con áreas de 80 m de largo por 8 m de ancho, 30 m de ancho por 10 m de ancho, 38 m de largo por 10 m de ancho y 70 m de largo por 19 de ancho respectivamente; y en la porción sur se tienen la séptima y octava con superficies de 150 m de largo por 20 m de ancho (media luna) y 50 m de largo por 20 m de ancho. El resto de la estructura se encuentra cubierta por anomalías de menor intervalo como se observa en el mapa No. 10.

#### Cordón Amarillo

Sobre esta estructura se observa una superficie anómala de oro de 600 m de largo por 55 m de ancho en promedio. Dentro de ésta se tienen cuatro áreas anómalas de intervalo fuerte y muy fuerte. Dos de ellas se localizan en la parte oriental con dimensiones de 28 m de largo por 8 m de ancho y 80 m de largo por 24 m de ancho. Las otras dos se localizan en la porción centro – occidental con 26 m de largo por 8 m de ancho y 40 m de largo por 8 m de ancho. En el mapa No. 9 se observa dichas distribuciones de oro.

La superficie anómala de arsénico en esta estructura es de 610 m de largo por 125 m de ancho. A lo largo de la misma se tienen tres anomalías moderadas, la primera localizada en el extremo oriente con 52 m de largo por 26 m de ancho y forma irregular; la segunda en la parte central de 62 m de largo por 30 m de ancho y la tercera en la porción poniente con dimensiones que alcanzan los 48 m de largo por 25 m de ancho y de forma irregular, como se observa en el mapa No. 10.

#### Cordón Colorado

Esta estructura tiene una superficie anómala de oro con 240 m largo por 75 m de ancho en promedio. Sobre ésta se observan dos anomalías fuertes y muy

fuertes, las que se localizan en la parte sureste, ambas presentan una forma de elipse con dimensiones de 36 m de largo por 14 m de ancho (Ver mapa No. 9.).

Sobre esta estructura se tiene un área anómala de arsénico con dimensiones que van de 250 m de largo por 120 m de ancho. La anomalía correspondiente al intervalo moderada cubre una extensión de 200 m de largo por 50 m de ancho en promedio, sólo en la parte sureste se tiene una anomalía fuerte de forma elíptica de 26 m de largo por 12 m de ancho (mapa No 10.).

#### La Verde

Es la estructura que presenta la menor área anómala de oro con 130 m de largo por 15 m de ancho. Sobre ésta se tienen dos anomalías de oro fuertes, localizadas al norte y oriente con dimensiones que alcanzan los 10 m de largo por 6 m de ancho. Como se observa en el mapa No. 9.

El arsénico presenta un área anómala de 140 m de largo por 20 m de ancho. Las anomalías más altas se encuentran en el intervalo moderado y se localizan al norte y oriente, de formas elípticas y dimensiones que alcanzan 10 m de largo por 5 m de ancho (mapa No. 10).

#### El Nudo

Sobre esta estructura los resultados del muestreo realizado no presentaron respuesta anómala de oro (mapa No. 9).

Y con respecto al arsénico se tiene un área de 130 m de largo por 35 m de ancho y corresponde al intervalo menor (muy débil) como se observa en el mapa No. 10.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

El resultado de las áreas anómalas en las zonas cubiertas por aluvión se determinan con base en el estudio estadístico de los análisis y se obtienen los intervalos para la elaboración de los mapas por elementos. Para esto se tomaron los siguientes parámetros:

Para el caso de oro se tiene que:

ANOMALÍA	INTERVALO DE ORO (Au ppb)
Despreciable	< 10
Muy débil	10 – 100
Débil	100 – 150
Moderada	150 – 200
Fuerte	> 200

El arsénico se tiene los siguientes parámetros.

ANOMALÍA	INTERVALO DE ARSÉNICO (As ppm)
Despreciable	< 50
Muy débil	50 – 150
Débil	150 – 250
Moderada	250 – 350
Fuerte	> 350

Y para el mercurio se tienen los siguientes parámetros:

ANOMALÍA	INTERVALO DE MERCURIO (Hg ppm)
Despreciable	< 0.1
Muy débil	0.1 – 0.5
Débil	0.5 – 1.0
Moderada	1.0 – 2.0
Fuerte	> 2.0

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

En los mapas Nos. 11, 12 y 13 se presentan las áreas anómalas de oro, arsénico y mercurio. La descripción de las anomalías corresponde a dos zonas del prospecto, área entre La Casita – La Casita NW y área de la Amarilla.

### Área de la Amarilla

Sobre esta área se tiene una superficie anómala de oro con 900 m de largo por 325 m de ancho y de forma rectangular. En esta área se encuentran dos anomalías en la porción oriente, que corresponde al intervalo moderada y fuerte, con dimensiones de 110 m de largo por 40 m de ancho y 95 m de largo por 25 m de ancho respectivamente. El resto del área la anomalía es de intervalo menor, como se observa en el mapa No. 11.

El arsénico tiene una superficie anómala de 900 m de largo por 225 m de ancho. Dentro de ésta se tienen cuatro áreas anómalas; la de mayor extensión es la localizada en la porción oriente y tiene dimensiones de 300 m de largo por 80 m de ancho promedio y tiene una forma de herradura como se observa en la figura No. 12. Otra se localiza en la porción poniente con dimensiones de 100 m de largo por 75 m de ancho en forma de elipse. Y dos que se encuentran en la porción centro – norte, ambas con dimensiones de 50 m de largo por 25 m de ancho (mapa No.12).

La superficie anómala de mercurio tiene 900 m largo por 325 m de ancho. En ésta se observan dos áreas anómalas de intervalo fuerte, localizadas en la porción oriente y presentan dimensiones de 100 m de largo por 50 m de ancho y 90 m de largo por 25 m de ancho como se presenta en el mapa No.13.

### Área entre La Casita – La Casita NW

En ésta se tiene una superficie anómala de oro, con 800 m de largo por 350 m de ancho, dentro se encuentran cuatro anomalías con intervalo fuerte. Una de ellas de 100 m de largo por 50 m de ancho, ubicada en la porción norponiente y se encuentra abierta hacia el mismo rumbo; otras dos se encuentran en la misma porción de 25 m de largo por 25 m de ancho y ambas abiertas hacia el norponiente y la última se localiza en la porción suroriente de 25 m de largo por 25 m de ancho y abierta hacia el suroriente (mapa No. 11).

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

La superficie anómala de arsénico tiene 800 m de largo por 325 m de ancho. En ésta se observan dos anomalías de intervalo fuerte; una localizada en la porción central con dimensiones de 250 m de longitud por 50 m de ancho y forma de sombrero como se observa en el mapa No. 12. La otra se encuentra en la porción noroccidente con dimensiones de 100 m de largo por 25 m de ancho abierta hacia el noroccidente. El resto de la superficie se encuentra cubierta por anomalías de menor intervalo como se observa en el mapa No. 12.

La distribución de mercurio en el área tiene 800 m de largo por 350 m de ancho. Dentro de ésta se observan tres áreas anómalas de intervalo fuerte; La primera se localiza en la parte central de 225 m de largo por 50 m de ancho; y las restantes se localizan en la porción norponiente con dimensiones de 100 m de largo por 50 m de ancho y 100 m de largo por 25 m de ancho respectivamente. Estas áreas se encuentran cubiertas por anomalías con valor de 1.0 a 2.0 ppm de Hg, y otras tres de este mismo intervalo se localizan en el centro, norponiente y sureste con dimensiones de 25 m de ancho, quedan abiertas como se observa en la figura No.18. Las anomalías con valor de 0.5 a 1.0 ppm de Hg cubren a todas las anteriormente descritas y el área restante se encuentra cubierta por anomalías de intervalo menor (0.1 a 0.5 ppm Hg).

El resultado de las áreas anómalas en la cuadrícula establecida en el cerro Colorado se determinó con base en el estudio estadístico de los análisis, que determinaron los intervalos para la elaboración de las zonas anómalas, para elaborar un mapa con mejor distribución de elemento. Para esto se tomaron los siguientes parámetros:

Para el caso del arsénico se tienen los siguientes parámetros.

ANOMALÍA	INTERVALO DE ARSÉNICO (As ppm)
Despreciable	< 20
Débil	20 – 63
Moderada	63 – 133
Fuerte	> 133

El mercurio se tiene los siguientes parámetros:

ANOMALÍA	INTERVALO DE MERCURIO (Hg ppm)
Despreciable	< 0.1
Débil	0.1 – 0.430
Moderada	0.431 – 1.68
Fuerte	> 1.68

En los mapas Nos. 14 y 15 se presentan las áreas anómalas de arsénico y mercurio. La descripción de las anomalías corresponde a la zona del cerro Colorado.

Según el orden anotado, primero se describirán las áreas anómalas producto de la distribución de arsénico y posteriormente las de mercurio.

#### Área de Cerro Colorado

La distribución anómala de arsénico en esta área es irregular como se observa en el mapa No. 14. Dentro de ésta se determinaron cuatro anomalías de intervalo fuerte, localizadas tres de éstas en la parte noroccidente y la otra en la porción sur. Las primeras presentan formas de elipses de 24 m a 34 m de largo por 8 m de ancho; y la última presenta una forma casi circular de 10 m de diámetro. Además se localizan anomalías independientes de menor intervalo en gran parte del área de trabajo, como se puede observar en el mapa No. 14.

Como se mencionó en el arsénico, las áreas anómalas de mercurio son irregulares. En el área se presenta tres zonas anómalas de intervalo fuerte, localizadas en la parte noroccidente, ambas alcanzan 40 m de largo por 10 m de ancho y forma elíptica. El resto del área se encuentra cubierta por anomalías de menor intervalo como se observa en el mapa No. 15.



### 5.3 Interpretación

Con base en los muestreos realizados, los resultados de los mismos y distribución de los elementos indicadores y nativos en las áreas del prospecto se determinan relaciones de interés geoquímico.

Las relaciones geoquímicas y geológicas determinan que las estructuras mineralizadas presentes en el prospecto son el producto de las distribuciones anómalas en la región. Es de notar que las zonas de mayor valor anómalo de oro corresponden a las brechas mineralizadas que se hospedan en los diques micrograníticos. A medida que se aleja de las brechas mineralizadas se observa que los patrones de distribución de oro decrecen, no sin descartar que estas zonas de menor valor también son de suma importancia en dicha distribución, ya que si su comportamiento en superficie se refleja a profundidad se puede tener un potencial anómalo de oro de consideraciones económicas importantes.

También se considera que la movilidad que han sufrido principalmente el oro y arsénico es de origen primario, ya que los métodos de muestreo realizados sobre las estructuras mineralizadas así lo demuestra.

La relación que se observa en la distribución anómala de oro y arsénico es muy estrecha, de ahí que los lugares de mayor concentración de oro, corresponden a lugares con concentraciones elevadas de arsénico, sólo este elemento presenta esta relación con el oro, los restantes elementos indicadores en ocasiones se disparan pero en general su distribución es errática o nula en la región. Por esta razón los mejores elementos para determinar la posible existencia de un cuerpo mineral a profundidad son el arsénico y ocasionalmente el mercurio.

La relación que guardan estos dos elementos es considerada por las características químicas, de movilidad y asociación entre éstos. Según la figura No.6 se puede determinar lo siguiente:

La presencia de valores elevados de arsénico (1000 a 10000 ppm As o más) indican un nivel superficial de un posible cuerpo mineral, también se puede inferir una temperatura de formación entre el intervalo de 0° a 100° C. Y se pueden observar conjuntos de alteraciones hidrotermales característicos de estas temperaturas. En estas condiciones la presencia de oro corresponde a valores que van desde 50 ppb hasta de 100 ppb Au (Henley, op. cit.).

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Cuando el arsénico decrece, los valores de oro se incrementan de 100 ppb a 1 000 ppb (1 g/ton), lo que indica un aumento de temperatura y profundidad, como se observa en la figura No. 6.

Para que el oro tenga valores de interés económico se necesita estar en una temperatura de depositación entre los 150° a 250° C y a profundidades de 100 a 300 metros.

Con base en las condiciones geoquímicas, geológicas y de alteraciones permiten pensar que las estructuras mineralizadas en la región del prospecto El Rodeo se encuentran en los niveles de 50 m, con temperaturas de 100° C, por lo que se recomienda realizar exploraciones en los niveles que van de 150 m hasta 300 m con temperatura que corresponden de 150° a 250° C (zona de bonanza), en donde los valores de oro podrán ser de interés económico para una posible explotación, como se observa en las figuras 4, 5 y 6.

En lo referente a los resultados geoquímicos de las zonas cubiertas de aluvión, se observan distribuciones anómalas de oro, arsénico y mercurio (mapas Nos. 11, 12 y 13).

Las zonas de distribución de los elementos se relaciona con las estructuras cercanas como son: la Casita, Casita NW y la Amarilla, ya que gran parte de las anomalías resultantes se encuentran en las cercanías y/o sobre las mismas estructuras. Por esta razón los patrones de dispersión de estos elementos se atribuyen a las estructuras mineralizadas.

Entre las estructuras la Casita y la Casita NW (parte central) se observan áreas anómalas con valores significativos de arsénico y mercurio mientras que el oro no presenta esta respuesta, ya que los primeros presentan una movilidad química mayor que el último, estas áreas anómalas corresponden a una estructura mineralizada (La Verde) localizada en las partes topográficas altas.

Las muestreos son de gran ayuda para la localización de cuerpos mineralizados ocultos, pero en esta zona en particular los resultados se relacionan a estructuras que afloran.

Otra interpretación está relacionada con la continuidad de las estructuras mineralizadas localizadas a profundidad, ya que los resultados obtenidos a partir de

los estudios geoquímicos encubren a éstas. Por esta razón es necesario buscar algún método indirecto que ayude a determinar la continuidad de las estructuras mineralizadas.

Con base en las características de las rocas, la geometría de las estructuras mineralizadas y la forma del Cerro Colorado, determinó realizar una cuadrícula de muestreo de rocas con la intención de corroborar la existencia de un conducto alimentador de la mineralización.

Los resultados de los análisis de roca determinaron zonas anómalas principalmente de mercurio y arsénico, las áreas con mayores valores anómalos de estos elementos corresponden a la estructura mineralizada La Verde; los restantes valores anómalos (bajos) corresponden a las rocas ígneas ácidas del Cerro Colorado. Es de importancia la relación que guardan estos elementos ya que las áreas anómalas son muy similares.

La presencia de una anomalía de color rojiza en el área corresponde a la oxidación de los minerales ferromagnesianos y se recomienda realizar una exploración con métodos indirectos y/o directos, a fin de localizar zonas con potencial económico.

Con base en todas estas observaciones, se tiene que las estructuras mineralizadas reconocidas en el prospecto, son el principal blanco a explorar con un método. Por supuesto si los resultados de una exploración directa son alentadores, aumentarían la posibilidad de explorar las continuidades de las estructuras ocultas en las zonas cubiertas por aluvión.

## **6. POTENCIAL GEOLÓGICO – ECONÓMICO**

### 6.1 Recursos minerales

La estimación de los recursos minerales se elaboró con base en dos criterios. El primero está relacionado con los valores anómalos y los espesores de las brechas que se encuentran emplazadas en los diques micrograníticos; el otro criterio considera a las brechas y el resto del dique. Para ambos casos se consideran los siguientes factores:

Longitud total de la estructura (metros).

Espesor de la estructura (metros).

Profundidad de la estructura (metros).

Peso volumétrico de la roca mineralizada (2.6 ton/m<sup>3</sup>).

Ley media de oro (g/t).

Las longitudes de las estructuras se determinaron sobre el área del prospecto, los espesores de las estructuras son variables por lo que se utilizó el espesor promedio el cual se calcula como la sumatoria de los espesores entre el número de total de ellos; la ley media de oro para cada estructura se obtuvo con base en resultados de los análisis; para lo cual se utiliza la fórmula de ley media ponderada la que es igual a ancho por ley entre sumatoria de anchos. Los dos factores restantes se infieren; para la profundidad se estimaron 100 m como máximo y el peso volumétrico se consideró 2.6 toneladas por metro cúbico.

Para el cálculo de toneladas se multiplica la longitud de la estructura por su espesor y por la profundidad; el resultado en metros cúbicos, se multiplica por el peso volumétrico. Para el cálculo de la ley media se utiliza la fórmula anteriormente descrita. Una vez calculado el tonelaje y la ley media se multiplican entre sí para obtener los contenidos metálicos. En la tabla No. 4 se muestran los recursos minerales en el prospecto “El Rodeo” las que se presentan tanto en gramos y en onzas de oro.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Estructuras	Longitud m	Espesor m	Profundidad m	Peso volumétrico t/m3	Toneladas t	Ley media de oro (g/t)	Contenidos g	Contenidos onz
La Casita	315	20	100	2.6	1,638,000.00	0.65	1,064,700.00	34,345.16
Casita NW	150	10	100	2.6	390,000.00	0.44	171,600.00	5,535.48
La Amarilla	180	10	100	2.6	468,000.00	0.63	294,840.00	9,510.97
La Café	120	6	100	2.6	187,200.00	1.159	216,964.80	6,998.86
Cordón Poniente	600	10	100	2.6	1,560,000.00	0.177	276,120.00	8,907.10
Cordón Amarillo	540	10	100	2.6	1,404,000.00	0.12	168,480.00	5,434.84
Cordón del Cañón	120	10	100	2.6	312,000.00	0.146	45,552.00	1,469.42
Cordón Colorado	340	10	100	2.6	884,000.00	0.12	106,080.00	3,421.94
La Verde	145	2.4	100	2.6	90,480.00	0.126	11,400.48	367.76
<b>TOTAL</b>	<b>2510</b>				<b>6,933,680.00</b>		<b>2,355,737.28</b>	<b>75,991.53</b>

TABLA No.7 RECURSOS MINERALES DEL PROSPECTO "EL RODEO"

Como se observa en la tabla No. 7, los recursos minerales sobre las brechas hospedadas en los diques microgranitos ascienden a 6,933,680 toneladas con una ley media de 0.339 gramos por tonelada, para un contenido de 2,355,737 gramos equivalente a 75,991.53 onzas de oro.

Estructuras	Longitud m	Espesor m	Profundidad m	Peso volumétrico t/m3	Toneladas t	Ley media de oro (g/t)	Contenidos g	Contenidos onz
La Casita	315	20	100	2.6	1,638,000.00	0.35	573,300.00	18,493.55
Casita NW	150	100	100	2.6	3,900,000.00	0.32	1,248,000.00	40,258.06
La Amarilla	180	15	100	2.6	702,000.00	0.39	273,780.00	8,831.61
La Café	120	16	100	2.6	499,200.00	0.72	359,424.00	11,594.32
Cordón Poniente	600	70	100	2.6	10,920,000.00	0.135	1,474,200.00	47,554.84
Cordón Amarillo	540	70	100	2.6	9,828,000.00	0.135	1,326,780.00	42,799.35
Cordón del Cañón	120	65	100	2.6	2,028,000.00	0.123	249,444.00	8,046.58
Cordón Colorado	340	60	100	2.6	5,304,000.00	0.11	583,440.00	18,820.65
La Verde	145	10	100	2.6	377,000.00	0.113	42,601.00	1,374.23
<b>TOTAL</b>	<b>2510</b>				<b>35,196,200.00</b>		<b>6,130,969.00</b>	<b>197,773.19</b>

TABLA No. 8 RECURSOS MINERALES DEL PROSPECTO "EL RODEO"

De acuerdo con el segundo criterio de evaluación, si se considera todo el espesor del dique, el cual incluye las brechas, los cálculos para determinar los recursos minerales, se resumen en la tabla No. 8, en la cual se constata que el tonelaje se incrementa notablemente.

De esta forma se tiene un total de 35,196,200 ton y una ley media de 0.174 gramos por tonelada para obtener un total de 6,130,939 gramos de oro equivalente a 197,773.19 onzas de oro.

Estos recursos minerales tienen algunas posibilidades de ser incrementados si se considera que a mayor profundidad, la mineralización persiste con leyes mayores de oro, con lo cual se incrementarían las posibilidades económicas del prospecto.

## 6.2 Perspectivas de exploración

En el área del prospecto se observan por lo menos 10 estructuras que contienen mineralización interesante. A efecto de demostrar el potencial demostrado con geoquímica es indispensable desarrollar un programa de barrenación.

Así, con base en la cartografía geológica y de alteraciones hidrotermales, así como en los resultados del muestreo geoquímico, se ha conformado un programa de barrenación con los siguientes objetivos:

- a) Corroborar a profundidad la continuidad de la mineralización y en su caso reconocer las características paragenéticas, con el objeto de ubicar la extensión vertical de la mineralización económica
- b) Delimitar cuerpos en los que se puedan ubicar reservas económicamente explotables.

El programa de barrenación contempla en forma prioritaria el reconocimiento de las estructuras que presentan mayores anomalías de oro a profundidades promedio de 100 a 150 m en sentido vertical. Con base en estas consideraciones se han propuesto 3,256 m de barrenación. El tipo de barrenación depende de las condiciones y tiempos para realizarlos, ya que el método de barrenación de circulación inversa es de menor costo y tiempo y el método de barrenación con diamante es más lento y de mayor costo

Se recomienda barrenación de circulación inversa con la finalidad de determinar las condiciones de las estructuras a profundidad en el menor tiempo posible y al menor costo. Aunado a éstos, es conveniente realizar 2 ó 3 barrenos con diamante para ver la roca, las alteraciones, espesor de estructuras, contenidos de metales y mineralogía.

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

El total de barrenos considerados es de 20 los que se ubican en las estructuras como se observa en el mapa No. 16. La tabla No. 6 muestra los barrenos, su ubicación, profundidad, rumbo e inclinación de los mismos y en el mapa No. 4 se observa la posición de algunos de ellos.

Cabe destacar que los barrenos se han propuesto con base a los resultados de superficie no sin descartar la posibilidad de realizar una etapa adicional de barrenación en el área del Cerro Colorado.,

TABLA DE BARRENOS PROPUESTOS

Barreno No	Tipo de barrenación	Estructura	Rumbo de barreno grado	Inclinación grados	Profundidad metros
BR-1	Circulación Inversa	La Casita		-90	145
BR-2	Circulación Inversa	La Casita		-90	160
BR-3	Circulación Inversa	La Casita		-90	140
BR-4	Circulación Inversa	La Casita		-90	110
BR-5	Circulación Inversa	La Café		-90	100
BR-6	Circulación Inversa	La Café		-90	126
BR-7	Circulación Inversa	La Casita NW	S30°W	-60	120
BR-8	Circulación Inversa	La Casita NW	S32°W	-60	160
BR-9	Circulación Inversa	Cordón Amarillo	S5°E	-60	180
BR-10	Circulación Inversa	La Amarilla	S16°W	-60	135
BR-11	Circulación Inversa	La Amarilla		-90	115
BR-12	Circulación Inversa	Cordón Poniente	S85°W	-60	380
BR-13	Circulación Inversa	Cordón Poniente	W	-60	180
BR-14	Circulación Inversa	Cordón Poniente	S85°W	-70	355
BR-15	Circulación Inversa	Cordón del Cañón	S29°W	-60	135
BR-16	Circulación Inversa	La Casita NW	S25°W	-60	130
BR-17	Circulación Inversa	Cordón Colorado	S15°W	-60	135
BR-18	Circulación Inversa	Cordón Amarillo	S5°E	-60	175
BR-19	Circulación Inversa	Cordón Amarillo		-90	175
BR-20	Circulación Inversa	La Casita		-90	100
<b>TOTAL</b>					<b>3,256.00</b>

TABLA No.9 DE UBICACIÓN, RUMBO E INCLINACIÓN Y PROFUNDIDAD DE LOS BARRENOS DEL PROSPECTO EL RODEO

Como se observa en la tabla No. 9, si la barrenación es aprobada se podrá dividir en dos etapas, considerándose dentro de la primera a las estructuras con mayor concentración de oro anómalo y podrían ser los 12 primeros barrenos.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se detectaron 10 estructuras en microgranitos con valores interesantes de oro. La mineralización de oro se encuentra en brechas silicificadas, microvetilleo de cuarzo y en forma diseminada encapsulada en pirita.

La mineralización es del tipo de relleno de fracturas que se presentan en forma de brechas, vetas y diques silicificados. Las brechas están constituidas principalmente por pirita y arsenopirita en una matriz de cuarzo criptocristalino, los sulfuros se presentan en forma de diseminados tanto en la matriz como en los fragmentos que constituyen a la brecha y en las vetillas, con valores anómalos de oro. De manera que estas condiciones ayudan en la prospección como guías mineralógicas en la región.

El control de la mineralización es principalmente estructural, se considera un reemplazamiento casi total de sílice en el dique microgranítico.

El patrón estructural de la mineralización está constituido por dos sistemas de fracturamientos, uno ligeramente E – W y el otro NW – SE poco desarrollado y casi perpendicular (oblicuo) al primero. El más importante es el fracturamiento NW- SE ya que en él se emplazaron las soluciones mineralizantes que actualmente se presentan en forma de brechas, vetilleo y diques con buzamientos al oriente y echados que varían de 45° a 80°. De ahí que los lineamientos NW – SE sean importantes como guías estructurales en la prospección en la región.

La forma y dimensiones de las brechas y diques está constituida por una serie de estructurasseudoradiales con separación desde unos 50 metros hasta 200 metros, en la parte central del área (Cerro Colorado); da la impresión que estos diques se unen a profundidad. La exposición de estas estructuras en superficie es de 100 metros hasta 600 metros y espesores que también varían de centímetros hasta decenas de metros.

Las alteraciones de origen hidrotermal son la silicificación, argilitización, propilitización y sericitización. La silicificación es la más intensa, generalmente se presenta en toda las estructuras formando crestones bien diferenciados con diseminación de pirita y en la matriz de las vetillas de sulfuros de As y Fe, la argilitización varía de fuerte sobre tobas ácidas y moderada a débil en los diques micrograníticos y en los fragmentos de la brecha. La propilitización es más intensa en



las andesitas en el contacto con las estructuras mineralizadas y los diques; la sericitización es débil y se presenta en las partes topográficamente bajas de los dique micrograníticos. La más importante alteración es la silicificación, ya que su presencia puede ser usada como una guía en la exploración de estructuras mineralizadas o ambientes potencialmente favorables de mineralización económica en esta región.

El enriquecimiento supergénico en el prospecto es de pequeñas magnitudes, ya que se observan sulfuros frescos en superficie.

Los resultados de los diferentes tipo de muestreo demostraron que en el área del prospecto “El Rodeo” se presentan valores anómalos de oro, arsénico y mercurio principalmente, los que se relacionan a los diques micrograníticos, en tanto, sobre el área del Cerro Colorado los resultados del muestreo reportaron valores bajos de arsénico y mercurio.

De acuerdo a las características litológicas, estructurales, geoquímicas y de alteraciones hidrotermales, se determinó que el proyecto “El Rodeo” es de tipo hidrotermal de baja temperatura, típico de yacimientos de oro de baja sulfuración.

El oro contenido en estas estructuras, aunque alcanza valores hasta de 2.5 gpt, es de esperarse que se incremente a profundidad. La zona de bonanza de este tipo de mineralizaciones se encuentra relacionada a la zona de alteración sericitica, la cual podría localizarse de 100 a 200 m de profundidad.

Los recursos minerales estimados en el prospecto se consideran en el intervalo de los 6,933,680 toneladas con ley media de oro de 0.339 g/ton, para un contenido de 75,991.53 onzas. Estos recursos se estimaron tomando en consideración únicamente el espesor de las brechas mineralizadas y las leyes de oro en superficie. Si se considera además de las brechas a los dique el tonelaje se incrementa pero la ley media se reduce.

Si la mineralización del prospecto se comporta como los modelos genéticos propuestos para estos yacimientos, se espera que el oro se encuentre diseminado en todo el cuerpo del dique, y que los valores aumenten a profundidad, para alcanzar 35,000,000 de toneladas con una ley media de 1.0 gpt de oro, para un contenido del orden de 1,129,032.25 onzas de oro considerando una profundidad media de 100 m y el mismo espesor de los diques en superficie.

Basados en las características litológicas, estructurales, geoquímicas, de alteraciones hidrotermales y mineralógicas y en la importancia del potencial minero que existe en la región se recomienda lo siguiente:

Llevar a cabo un programa de exploración con barrenación de circulación inversa a lo largo de las estructuras mineralizadas, con el objeto de definir la geometría, forma y contenido de las mismas.

Definir económicamente tanto en el prospecto como en cualquier otro que se encuentre dentro de esta área, el valor que tiene la tonelada de mineral aurífero, “in – situ”, con el objeto de establecer la ley mínima de corte (cut-off). El potencial minero en este prospecto como en el área son bastante atractivos, sin embargo , dicho potencial actualmente podría estar clasificado como recursos o reservas subeconómicas que para convertirlas en económicas, es indispensable comprobar que los contenidos de oro a profundidad se incrementen hasta 2 gpt.

Realizar el levantamiento geológico – estructural superficial y muestreo sistemático de las estructuras mineralizadas aflorantes, así como, varias secciones transversales al rumbo de las estructuras, para encontrar posibles disseminaciones y/o enriquecimiento secundario de oro o plata. Este levantamiento serviría también como apoyo en la programación y ubicación de barrenos

Revisar con detalle el estado legal de las concesiones vecinas al prospecto “El Rodeo”, para identificar a los dueños y en un futuro cercano tratar de adquirir los derechos, ya que existe la posibilidad que las estructuras mineralizadas se extiendan hacia el sur – sur poniente fuera del área del prospecto.

Si los resultados del programa de barrenación propuesto son favorables, se recomienda desarrollar un programa de barrenación con diamante, con espaciamientos menores, para determinar con mayor precisión el potencial de las estructuras mineralizadas; asimismo, se deberá realizar un programa de geofísica en las zonas cubiertas por material aluvial. El método geofísico recomendable es el de polarización inducida, determinando resistividad y cargabilidad de las rocas en las zonas favorables de contener mineralización.



## **BIBLIOGRAFIA**

Atkinson Jr, W. W., 1997, Memorias del Seminario: Geoquímica de los depósitos de oro: Evidencias geológicas para modos de transporte y precipitación hidrotermal del oro y aplicaciones a la exploración. México, Durango Marzo 10 – 11 de 1997, A. I. M. M. G. M., A. C. Distrito Durango.

Álvarez, M., Provincias Fisiográficas de la República Mexicana.

Barton, P. B., Jr., and Skinner, B. J., 1979, Sulfide mineral stabilities, in Barnes, H. L., ed., Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits: New York, Wiley Interscience, p. 278 – 403.

Berger, B. R. and Eimon P., 1983, Conceptual models of epithermal precious metal deposits, in Shanks, W. C., ed., Cameron Volume on Unconventional Mineral Deposits: Society of Mining Engineers of AIME, p. 191 – 205.

Buchanan L. J., 1981, Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southwest, in Dickson, W. R. and Payne, W. D., eds., Relations of Tectonics to Ore Deposits in the Southern Cordillera: Arizona Geological Society Digest, v. 14, p. 237 – 262.

COMINCO, 1996, Seminario sobre depósitos de reemplazamiento en rocas carbonatadas (CRD), Marzo 4 – 9.

Compton, R., 1983, Geología de campo, 1ª reimpresión, ed., Pax – México, p. 200 – 390.

Consejo de Recursos Minerales, 1991, Monografía Geológico – Minera del Estado de Durango.

Corbett, G. J. and Leach, T. M., 1995, Exploration Workshop SW Pacific Rim Au / Cu Systems: Structure Alteration and Mineralization, 4/95 Edn.

Damon, P. E., Shafigullah, M. y Clark, K., 1981, Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis, ed., revista del Instituto de Geología, U. N. A. M., p., 223 – 238.

Donald, M. R., 1973, Structural Geology, ed., John Wiley and Sons, second edition, p., 1 – 102.

Giggenbach, W. F., 1992, Magma degassing and mineral deposition in hydrothermal systems along convergent plate boundaries: Economic Geology, v. 87, p. 1927 – 1944.

Giggenbach, W. F., Garcia, P. N., Londono, C. A., Rodriguez, V. L., Rojas, G. N. and Calvache, V. M. L., 1990, The chemistry of fumarolic vapor and thermal – spring discharges from the Nevado de Ruiz volcanic – magmatic – hydrothermal system, Columbia: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v.42, p. 13 – 39.

Grey, J. E. and Coolbaugh, M. F., 1994. Geology and geochemistry of Summitville, Colorado: An epithermal acid sulfate deposit in a volcanic dome: Economic Geology, v. 89, p. 1906 – 1923.

Guía Roji, 1990, Atlas de carretera de México.

Heald, P., Foley, N. K. and Hayba, D. O., 1987, Comparative anatomy of volcanic hosted epithermal deposits: Acid sulfate and adularia – sericite types: Economic Geology, v. 82, p. 1 – 26.

Hedenquist, J. R., 1995, The ascent of magmatic fluid: Discharge versus mineralization, in Thompson, J. F. H., ed., Magmas, Fluids, and Ore Deposits: Mineralogical Association of Canada Shortcourse, v. 23, p. 263 – 289.

Hedenquist, J. W. and Henley, R. W., 1985, The importance of CO<sub>2</sub> on freezing point measurements of fluid inclusions: Evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition: Economic Geology, v. 80, p. 1379 – 1406.

Hedenquist, J. W. and Lowenstern, J. B., 1994, The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits: Nature, v. 370, p. 519 – 612.

Hedenquist, J. W., Matsuhisa, Y., Izawa, E., White, N. C., Giggenbach, W. F. and Aoki, M., 1994, Geology, geochemistry, and origin of high sulfidation Cu – Au mineralization in the Nansatsu district, Japan: Economic Geology, v. 89, p. 1 – 30.

Hemley, J. J., Hostetler, P. B., Gude, A. J. and Mountjoy, W. T., 1969, Some stability relation of alunite: *Economic Geology*, v. 64, p. 599 – 612.

Hemley, J. J., Montoya, J. W., Marinenko, J. W. and Luce, R. W., 1980, Equilibria in the system  $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$  and some general implications for alteration/mineralization processes: *Economic Geology*, v. 75, p. 210 – 228.

Hemley, R. W. and Ellis, A. J., 1983, Geothermal systems, ancient and modern: *Earth Science Reviews*, v. 19, p. 1 – 50.

Hemley, R. W., Truesdell, A. H. and Barton, P. B., 1984, Fluid – mineral equilibria in hydrothermal systems: *Reviews in Economic Geology*, Society of Economic Geologists, v. 1, p. 267.

INEGI Carta topográfica a escala 1: 250, 000 de Santiago Papasquiario G 13 - 8.

INEGI Carta topográfica y geológica a escala 1: 50,000 Rodeo G13 – D42.

Instituto de Geología U. N. A. M., 1985, Mapa Geológico de la República Mexicana, escala 1: 1'000,000.

Irvine, R. J. and Smith, M. J., 1990, Geophysical exploration for epithermal gold deposits: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 36, p. 375 – 412.

Izawa, E., Urashima, Y., Ibaraki, K., Suzuki, R., Yokoyama, T., Kawasaki, K., Koga, A. and Taguchi, S., 1990, The Hishikari gold deposit: high – grade epithermal veins in Quaternary volcanics of southern Kyushu, Japan: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 36, p. 1 – 56.

Lindgren, W., 1933, *Mineral deposits*, 4th ed.: New York, McGraw – Hill, p.930.

López, R. E., 1985, *Geología de México*, Tomo II. P. 106 – 126 y 403 – 453.

Mattauer, M., 1976, *Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre*, ed., Omega, Barcelona, España, p., 1 – 281.

Meyer, C. and Hemley, J. J., 1967, Wallrock alteration, in Barnes, H. L. ed., *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*: New York, Holt, Reinhart and Winston, p. 166 – 235.

McKinstry, H. E., 1977, *Geología de minas*, ed., Omega, Barcelona España, p., 1 – 374.

Moran, Z. D., *Geología de la República Mexicana*, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Facultad de Ingeniería U. N. A. M., México,

Ransome, F. L., 1907, The association of alinite with gold in the Goldfield district, Nevada: *Economic Geology*, v. 2, p. 667 – 692.

Reyes, A. G., 1990, Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 43, p. 279 – 309.

Rye, R. O., 1993, The evolution of magmatic fluids in the epithermal environment: the stable isotope perspective: *Economic Geology*, v. 88, p. 733 – 752.

Schoen, R., White, D. E. and Hemley, J. J., 1974, Argilization by descending acid at Steamboat Springs, Nevada: *Clays and Clay Mineral*, v. 22, p. 1 – 22.

Sillitoe, R. H., 1977, Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: a review, in *Volcanic Processes in Ore Genesis*: Geological Society of London Special Publication 7, p. 99 – 116.

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*: Geological Association of Canada, Special paper 40, p. 403 – 417.

Sillitoe, R. H., 1994, Erosion and collapse of volcanoes: causes of telescoping in intrusion --centered ore deposits: *Geology*, v.22, p. 945 – 948.

Simmons, S. F. and Christenson, B. W., 1994, Origins of calcite in a boiling geothermal system: *American Journal of Science*, v. 294, p. 361 – 400.

Steven, T. A. and Ratte, J. C., 1960, Geology and ore deposits of the Summitville district, San Juan Mountains, Colorado: United States Geological Survey Professional Paper 343, p. 70.

Stoffregen, R., 1987, Genesis of acid sulfate alteration and Au – Cu mineralization at Summitville: Economic Geology, v. 82, p. 1575 – 1591.

Stoffregen, R. E. and Alpers, C. N., 1987, Woodhouseite and svanbergite in hydrothermal ore deposits: Products of apatite destruction during advanced argillic alteration: Canadian Mineralogist, v. 25, p. 201 – 211.

Viers, G., 1977, Geomorfología, ed., Oikos – tau, España,.

Vikre, P. G., 1985, Precious metal vein systems in the National district, Humbolt Country, Nevada: Economic Geology, v. 80, p. 360 – 393.

White, N. C. and Hedenquist, J. W., 1990, Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration: Journal of Geochemical Exploration, v. 36, p. 445 – 474.

White, N. C. and Hedenquist, J. W., 1995, Epithermal Gold Deposits: styles, characteristics and exploration: Society of Economic Geologists, No. 23, p. 9 – 13.

White, N. C., Leake, M. J., McCaughey, S. N. and Parris, B. W., 1995, Epithermal deposits of the southwest Pacific: Journal of Geochemical Exploration.

White, N. C., Wood, D. G. and Lee, M. C., 1989, Epithermal sinters of Paleozoic age in North Queensland, Australia: Geology, v. 17, p. 718 – 722.

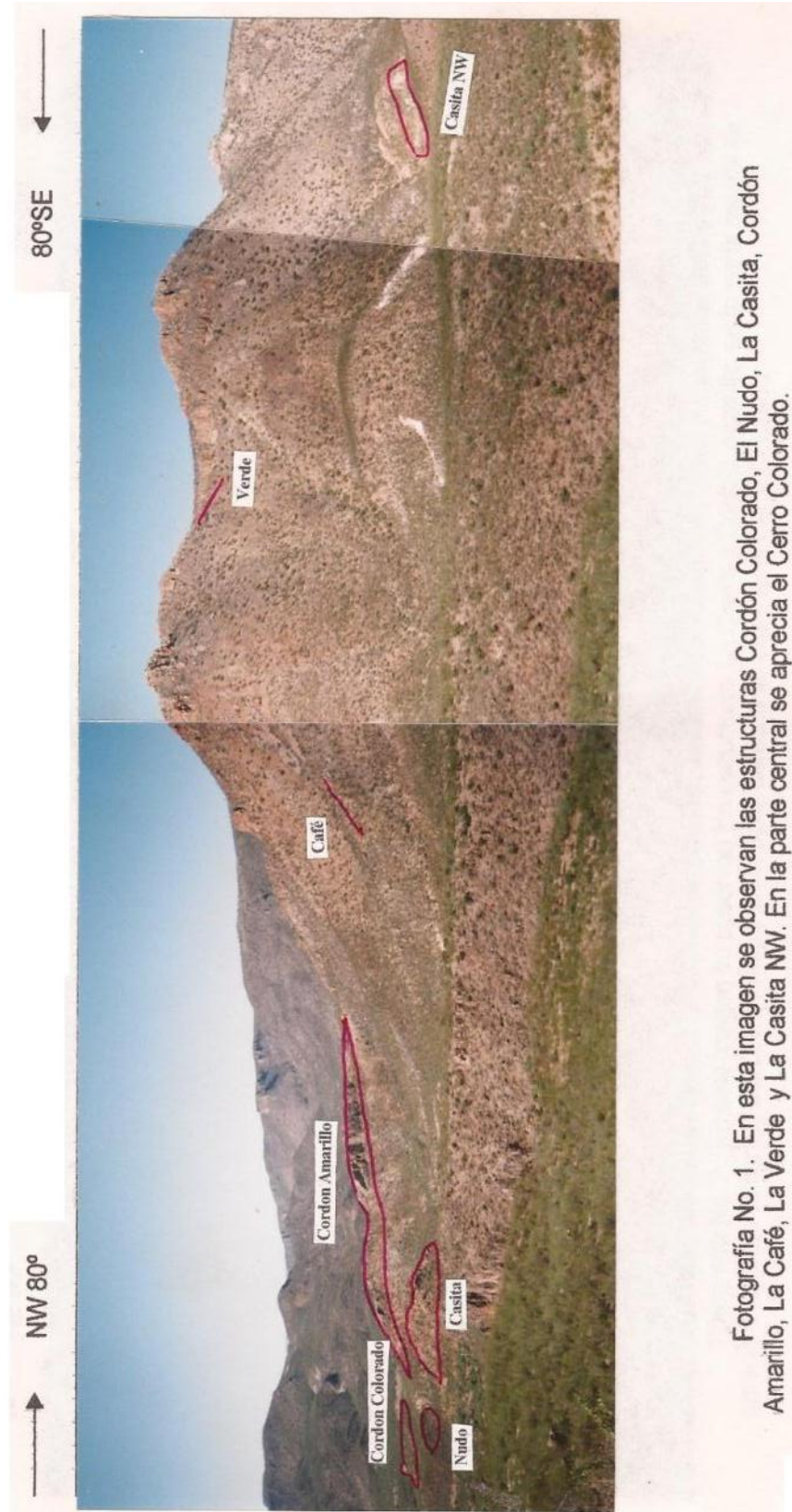
Witten, D. G. A. y Brooks, J. R. V., 1980, Diccionario de geología, ed., Alianza editorial.

Woodall, R., 1993, The multidisciplinary team approach to successful mineral exploration: Society of Economic Geologists Newsletter, No. 14, p. 1, 6 – 11.



ANEXO A  
APENDICE FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA  
VIENDO HACIA EL SW



Fotografía No. 1. En esta imagen se observan las estructuras Cordon Colorado, El Nudo, La Casita, Cordon Amarillo, La Café, La Verde y La Casita NW. En la parte central se aprecia el Cerro Colorado.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA  
VIENDO HACIA EL SE



Fotografía No. 2. En esta imagen se observan las estructuras La Casita y Cordon Amarillo; en la parte central se aprecia el aparato volcánico del Cerro Prieto y en la parte derecha se observa el Cerro Colorado.



Fotografía No.3. Esta imagen presenta al Cerro Colorado, viéndolo desde la planicie de la Casita.



Fotografía No.4. En esta imagen se aprecia en la parte central el Cerro Colorado y en la porción izquierda se observa como se desprende el Cordón Poniente. En la parte posterior se observa la Sierra de los Arados.



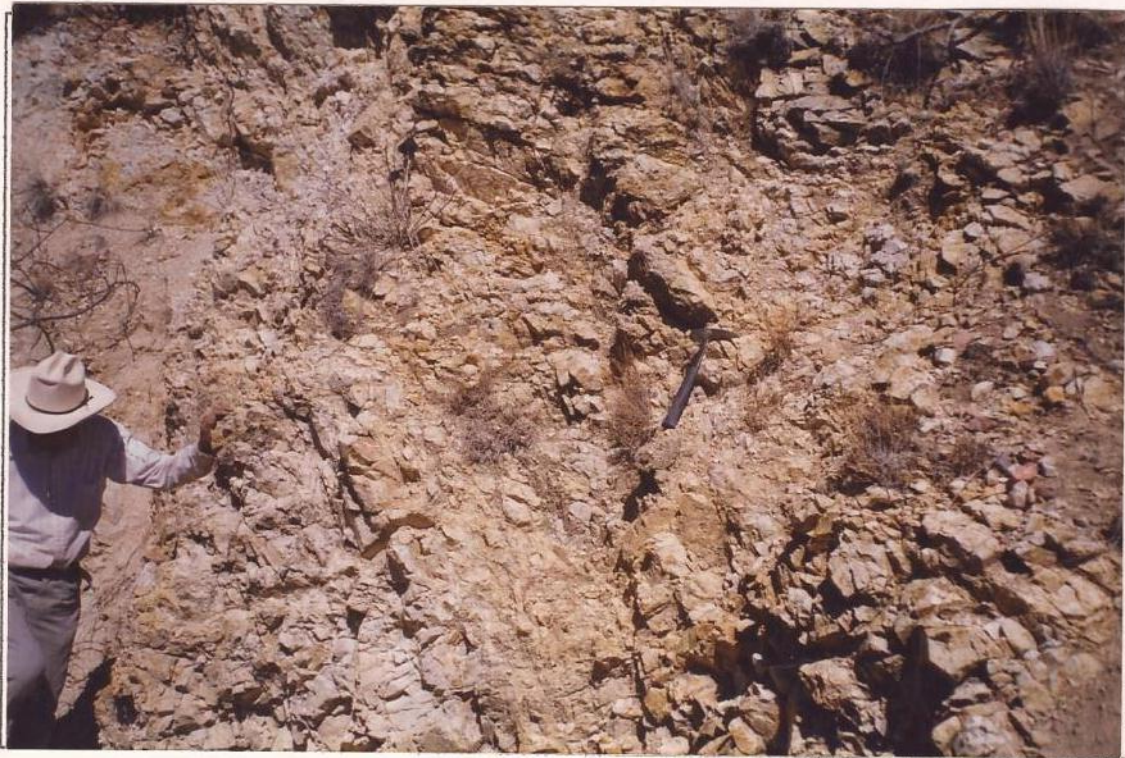
Fotografía No. 5. En esta imagen se aprecia la estructura mineralizada la Casita (dique microgranito).



Fotografía No.6. Se observa la brecha mineralizada de la estructura de La Casita, donde se aprecian los fragmentos de microgranitos cementados por cuarzo criptocristalino con pirita.



Fotografía No. 7. En esta imagen se aprecia la estructura mineralizada del Cordón Poniente que penetra al Cerro Colorado.



Fotografía No.8. Se observa la brecha mineralizada de la estructura del Cordón Poniente, donde se aprecian los fragmentos de microgranitos que alcanzan hasta 10 cm de diámetro.

# MAPAS

