

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de
Geología

Trabajo de Grado

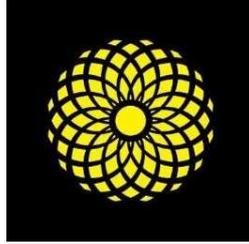
**INTERPRETACIÓN Y CORRELACIÓN DE LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN EN
EL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LOS DISTRITOS DE SAN MIGUEL Y VILLA
FLORIDA, PARAGUAY**

KARINA MABEL ROJAS GAUTO

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad
Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura

SAN LORENZO – PARAGUAY

JULIO – 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de
Geología

Trabajo de Grado

**INTERPRETACIÓN Y CORRELACIÓN DE LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN EN
EL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LOS DISTRITOS DE SAN MIGUEL Y VILLA
FLORIDA, PARAGUAY**

KARINA MABEL ROJAS GAUTO

Orientador: PROF. MSc. NARCISO CUBAS VILLALBA

Co-Orientador: LIC. JUAN CARLOS BENÍTEZ

Profesora: MSc. SONIA MOLINAS RUÍZ DÍAZ

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad
Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura

SAN LORENZO – PARAGUAY

JULIO – 2024

**INTERPRETACIÓN Y CORRELACIÓN DE LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN EN
EL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LOS DISTRITOS DE SAN MIGUEL Y VILLA
FLORIDA, PARAGUAY**

Autora: KARINA MABEL ROJAS GAUTO

Orientador: PROF. MSc. NARCISO CUBAS VILLALBA

Co-Orientador: LIC. JUAN CARLOS BENÍTEZ

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad
Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura.

Fecha de aprobación:

MESA EXAMINADORA DE TRABAJO DE GRADO

MIEMBROS:

Prof. MSc. Sonia Mabel Molinas Ruíz Díaz

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. MSc. Narciso Cubas Villalba

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

DEDICATORIA

Con mucho amor a mi hijo Joaquín Moisés Perez Rojas, a mi madre Lucía Gauto y a mi padre Eduardo Rojas.

AGRADECIMIENTO

A mi hijo, por ser mi mayor motivación para iniciar esta carrera, por su amor y apoyo en todo este proceso.

A mis padres, por el amor incondicional que me brindan, por alentarme siempre en cada etapa de mi vida, por instarme a la educación, el esfuerzo, la responsabilidad y por la confianza puesta en mí.

A mis hermanos Santiago y Eduardo, por estar siempre dispuestos a ayudarme y apoyarme en todos los momentos de mi vida.

A mi abuela Adelina, por cada oración y bendición que me dio al salir de casa.

A toda mi familia, por estar pendiente en esta etapa tan importante, por el apoyo y sus palabras de aliento.

Al Lic. Juan Carlos Benítez, por la confianza, ayuda y enseñanza, por haberme impulsado y orientado a realizar este trabajo de investigación.

Al Prof. MSc. Narciso Cubas, por su paciencia, enseñanza y orientaciones para la elaboración de este trabajo.

A la Lic. Yennifer Sarubbi, por la ayuda en la confección de láminas delgadas y por sus palabras de motivación.

A la Prof. MSc. Sonia Molinas por su paciencia, predisposición, sus conocimientos y sus orientaciones durante la elaboración de este trabajo.

Al Prof. Lic. Darío Gómez, por ser mi mentor en el ámbito laboral.

A los profesores del Departamento de Geología, por sus enseñanzas, apoyo, consejos y orientaciones durante toda la carrera.

A mis amigos de Deadpool, por estar presentes siempre, por hacer más llevadera toda esta etapa de mi vida.

A mi amigo Isaías Caballero, por estar a mi lado apuntalándome desde que inicie la carrera.

A mi amigo Pablo Meza, por su confianza y palabras de aliento.

A mi amiga Mónica Arguello, por la paciencia y la predisposición de ayudarme siempre.

A todos los amigos que me brindó la facultad, y que me ayudaron de manera directa o indirectamente en todo este proceso.

A la empresa MINERA LUCCA S.A. por proporcionarme los datos requeridos para realizar esta investigación.

INTERPRETACIÓN Y CORRELACIÓN DE LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN EN EL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LOS DISTRITOS DE SAN MIGUEL Y VILLA FLORIDA, PARAGUAY

Autora: KARINA MABEL ROJAS GAUTO
Orientador: PROF. MSc. NARCISO CUBAS VILLALBA
Co-Orientador: LIC. JUAN CARLOS BENÍTEZ
Profesora: MSc. SONIA MOLINAS RUÍZ DÍAZ

Resumen

El área de estudio se encuentra ubicada en la Región Oriental, Departamento Misiones y abarca los Distritos de San Miguel y Villa Florida. El objetivo del trabajo consistió en analizar la composición y las características del subsuelo a partir de testigos de perforación de pozos verticales profundos perforados por la empresa MINERA LUCCA S.A. La metodología utilizada se basó en la recopilación bibliográfica, descripciones petrográficas y análisis litológicos a través de perfiles y correlaciones entre los sondeos. Esto arrojó como resultado la identificación de las unidades litológicas presentes en el área de estudio, las cuales comprenden principalmente rocas metamórficas de bajo, medio y alto grado, donde en partes se encuentran intruídas por cuerpos graníticas, también se logró reconocer que las rocas predominantes en el área son rocas gnéisicas y calcosilicatadas. Mediante la correlación entre los sondeos se llegó a la conclusión de que, en la zona de estudio, la roca gnéisica se muestra como una faja continua superficial, sin embargo, las rocas calcosilicatadas abarcan, con mayores espesores, gran parte del subsuelo estudiado. Complementan además con intercalaciones importantes de rocas anfibolíticas y granitoides.

Palabras claves: Descripciones petrográficas, Análisis litológicos, Rocas metamórficas, Gneis, Calcosilicatada.

**INTERPRETATION AND CORRELATION OF DRILL CORES IN THE AREA
BETWEEN THE SAN MIGUEL AND VILLA FLORIDA DISTRICTS, PARAGUAY**

Autora: KARINA MABEL ROJAS GAUTO

Orientador: PROF. MSc. NARCISO CUBAS VILLALBA

Co-Orientador: LIC. JUAN CARLOS BENÍTEZ

Profesora: MSc. SONIA MOLINAS RUÍZ DÍAZ

Summary

The study area is located in the Eastern Region, Misiones Department and covers the Districts of San Miguel and Villa Florida. The objective of the work was to analyze the composition and characteristics of the subsoil from drill cores of deep vertical wells drilled by MINERA LUCCA S.A. The methodology used was based on bibliographic compilation, petrographic descriptions and lithological analysis through profiles and correlations between the drillings. This resulted in the identification of the lithological units present in the study area, which mainly comprise low, medium and high grade metamorphic rocks, where in parts they are intruded by granitic bodies, it was also possible to recognize that the predominant rocks in the area are gneissic and calc-silicate rocks. Through the correlation between the drillings it was concluded that, in the study area, the gneissic rock is shown as a continuous superficial strip, however, the calcosilicate rocks cover, with greater thicknesses, a great part of the studied subsoil. They are complemented by important intercalations of amphibolitic and granitoid rocks.

Key words: Petrographic descriptions, Lithological analysis, Metamorphic rocks, Gneiss, Calcsilicate.

ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Preguntas de Investigación.....	2
1.2.1. Pregunta General.....	2
1.2.2. Preguntas Específicas.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación.....	2
1.5. Viabilidad.....	3
1.6. Variables.....	3
1.6.1. Variables Dependientes	3
1.6.2. Variables Independientes	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Geología Regional.....	4
2.2. Aspectos físicos del área de estudio.....	8
2.2.1. Clima y vegetación	8
2.2.2. Geomorfología	9
2.2.3. Suelo	10
3. DISEÑO METODOLÓGICO	11
3.1. Enfoque o abordaje.....	11
3.2. Nivel de investigación.....	11
3.3. Área de estudio.....	11

3.3.1.	Localización.....	11
3.4.	Población.....	12
3.5.	Muestra.....	12
3.6.	Unidad de análisis	13
3.7.	Muestreo.....	13
3.8.	Instrumentos para la recolección de datos.....	13
4.	METODOLOGÍA.....	14
4.1.	Trabajo de gabinete	14
4.2.	Trabajo de campo	14
4.2.1.	Datos de las perforaciones	14
4.3.	Trabajo de laboratorio	15
4.3.1.	Petrografía.....	15
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
5.1.	Descripción de afloramiento	18
5.2.	Ubicación y descripción de testigos.....	21
5.2.1.	Ubicación de pozos	21
5.2.2.	Descripción de pozo.....	23
5.2.3.	Correlación litológica de pozos	38
5.3.	Descripción microscópica	41
5.3.1.	Lámina delgada H66-41.....	41
5.3.2.	Lámina delgada H66-53.....	43
5.3.3.	Lámina delgada H67-14.....	45
5.3.4.	Lámina delgada H73-50.....	46
6.	CONCLUSIONES	48
	ANEXOS.....	52

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa geológico regional a escala 1:100.000 del Complejo Precámbrico Sur, del Paraguay Oriental.	8
2. Mapa topográfico del área de estudio.	10
3. Mapa de ubicación del área de estudio.	12
4. Muestras de testigos de perforación H-07.	16
5. Trabajo de pulido con carburo de silicio.....	17
6. Pequeños afloramientos de vetas de cuarzo.....	18
7. Fajas cortas de vetas de cuarzo. Coordenadas, E: 496418 – N: 7066371.....	19
8. Cuarzo con intensa fracturación, evidenciando tectonismo. Coordenadas, E: 494643 – N: 7068731.....	20
9. Cuarcita con estructura gnéisica con minerales del grupo de la serpentina.....	21
10. Roca de caja, gneis alterado en parte oxidado. Imagen gentileza de LUCCA S.A.	22
11. Mapa de ubicación de los pozos.	23
12. Perfil litológico del sondeo H-07. Escala 1.1000	24
13. Perfil litológico del sondeo H-08. Escala 1.1000	28
14. Perfil litológico del sondeo H-10. Escala 1.1000	32
15. Perfil litológico del sondeo H-12. Escala 1.1000	36
16. Mapa de línea de correlación de pozos.	39
17. Correlación de pozos.....	40
18. Sección delgada de calcosilicatada. A) Luz Natural, B) Luz polarizada. Aumento 10x.	42
19. Sección delgada de roca granítica. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.	43
20. Sección delgada de Gneis. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.....	44
21. Sección delgada de Gneis. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.....	44
22. Sección delgada de mármol dolomítico. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x 45	
23. Sección delgada de mármol dolomítico. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 10x.	46
24. Sección delgada de Calcosilicatada con venas de calcita. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.....	47

LISTA DE TABLAS

1. Cuadro estratigráfico comparativo del Precámbrico Sur.....	5
2. Suite Magmática Caapucú	7
3. Datos de las perforaciones utilizadas en el estudio.....	15

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

°C:	Grados centígrados
cm:	Centímetro
E:	Este
Fm.:	Formación
H-07:	Pozo DHTD-66
H-08:	Pozo DHTD-67
H-10:	Pozo DHTD-73
H-12:	Pozo DHTD-78
ha:	Hectáreas
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
K-Ar:	Datación potasio-argón
km²:	Kilómetros cuadrados
m:	Metro
Ma.:	Millones de años
mm:	Milímetro
MnO:	Óxido de manganeso
N:	Norte
NE:	Noreste
RN:	Ruta Nacional
S:	Sur
SE:	Sureste
SW:	Suroeste
UNDP:	Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo
U-Pb:	Datación uranio-plomo
W:	Oeste

ÍNDICE DE ANEXOS

1: Muestras del testigo de perforación del pozo H-07.	52
2: Muestras del testigo de perforación del pozo H-08.	55
3: Muestras del testigo de perforación del pozo H-10.	57
4: Muestras del testigo de perforación del pozo H-12.	59
5: Muestras seleccionadas para elaboración de láminas delgadas.	61
6: Descripciones petrográficas.	63
7: Trabajos para exponer cuerpos cuarcíferos. Gentileza de LUCCA S.A. Coordenadas: E: 493927 - N: 7067613	64

1. INTRODUCCIÓN

Entre las ciudades de San Miguel y Villa Florida del departamento de Misiones del Paraguay oriental afloran rocas precambrianas, pertenecientes al Cratón Río Tebicuary, que está compuesto por rocas ígneas y metamórficas las cuales están agrupados en el Complejo Río Tebicuary, el Grupo Paso Pindó y la Suite Magmática Caapucú. (Cubas *et al.*, 1998).

Estratigráficamente, de acuerdo al mismo autor, el Complejo consta de dos unidades principales: la Suite Metamórfica Villa Florida, compuesto por un grupo de rocas cristalinas que fueron afectadas por un metamorfismo regional progresivo (Facies de anfibolita y granulita) del Proterozoico Inferior; el ciclo Transamazónico (2000 ± 200 Ma.) y la Granodiorita Centu-Cué; que está representada por rocas ácidas porfíricas que intruyen a las rocas gnéissicas más antiguas, evidenciándose intensas deformaciones durante la fase Sin-Tarditectónica del Ciclo Transamazónico, ocasionando plegamientos, migmatización y fracturamientos.

Según Meinhold *et al.*, (2011), el Complejo Paso Pindó se superpone discordantemente al Complejo Río Tebicuary. Esta unidad está formada por sedimentos silico y volcanoclástico afectados por metamorfismo de bajo grado (Facies esquistos verdes) durante el ciclo Brasiliano, en el Proterozoico Superior (600 Ma.).

Cubas, (1999), menciona que la Suite Magmática Caapucú se ubica en la fase post-tectónica del ciclo Brasiliano e intruye en el Complejo Río Tebicuary y el Grupo Paso Pindó. Esta suite magmática revela varios niveles de emplazamiento (desde intrusivas plutónicas, hipoabisales y efusivas), constituidas principalmente de granitos gruesos a porfíricos, pórfido de granito/riolita y riolita, (531 ± 5 Ma.).

Por medio de muestras de testigos de perforaciones realizadas en el área, entre las ciudades de San Miguel y Villa Florida, departamento de Misiones, se plantea realizar una investigación y aportar conocimientos del subsuelo basándose en descripciones detalladas de los perfiles litológicos, la composición y características de los mismos y elaborando la correlación de los pozos con la finalidad de conocer la continuidad lateral de las litologías presentes.

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad, existe muy poca difusión de información del subsuelo del Precámbrico Sur, la cual dificulta la actualización de los datos petrológicos del área que abarca el Cratón Río Tebicuary. Es crucial tener información detallada sobre sondeos de perforaciones de estas áreas, dado que son de gran relevancia económica para la prospección y exploración de minerales.

1.2. Preguntas de Investigación

1.2.1. Pregunta General

- ¿Cuál es la composición y las características del subsuelo entre las ciudades de San Miguel y Villa Florida?

1.2.2. Preguntas Específicas

- ¿Cuáles son las principales unidades litológicas presentes en el área de estudio?
- ¿Cuáles son las principales estructuras y texturas de las rocas?
- ¿Cuánto se extienden lateralmente las litologías en el área de estudio?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Analizar la composición y las características del subsuelo del área de estudio.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las diferentes unidades litológicas presentes en el área de estudio.
- Caracterizar petrográficamente las rocas del subsuelo.
- Correlacionar litológicamente los pozos del área.

1.4. Justificación

Dado la relevancia de la información geológica valiosa y su relación a posibles yacimientos minerales conocidos en la zona, resulta de gran importancia complementar el

conocimiento científico a partir de registros de exploraciones obtenidas, con el fin de brindar mayores ventajas a la comunidad académica, científica y geoeconómica.

1.5. Viabilidad

Para llevar a cabo la investigación, fue necesario consultar tanto la base de datos como las muestras de testigos proporcionadas por la empresa MINERA LUCCA S.A.

LUCCA S.A. es una empresa que opera principalmente en el sector de Minería y Metales del país. A través de una solicitud enviada a dicha empresa, se pudo acceder a los datos disponibles.

1.6. Variables

1.6.1. Variables Dependientes

- Composición y características del subsuelo

1.6.2. Variables Independientes

- Unidades litológicas
- Composición mineralógica
- Espesor litológico

2.MARCO TEÓRICO

2.1. Geología Regional

El Precámbrico Sur del Paraguay Oriental se encuentra entre los paralelos $-26^{\circ}00'$, $-26^{\circ}30'$ y entre los meridianos $-57^{\circ}00'$ y $-57^{\circ}30'$, cubriendo una superficie de 5500 km², que está relacionado al Cratón Río de la Plata. El cratón Río Tebicuary está clasificado como un alto estructural (Cubas *et al.*, 1998).

Los bordes Norte y Este del Precámbrico Sur están cubiertas discordantemente por sedimentos silicoclásticos del Grupo Caacupé (Ordovícico), mientras que, en la porción sur, se verifica un contacto tectónico con los sedimentos mesozoicos de la Formación Misiones, la parte oeste se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios de la planicie de inundación del Río Paraguay (Cubas, 1999).

En las cercanías de la ciudad de Paraguari y a orillas del Lago Ypacaraí al Este de Asunción existen afloramientos aislados de rocas precámbricas, debajo de la cobertura del Fanerozoico, la cual se supone que pertenecen al Complejo del Precámbrico Sur (Meinhold *et al.*, 2011).

Regionalmente, el área está definida por el Complejo Río Tebicuary, el Grupo Paso Pindó y la Suite Magmática Caapucú, los cuales señalan el límite sur del Cinturón Paraguay-Araguaia (Almeida *et al.*, 1976). Este cinturón geológico se origina en los Rokélides de África Occidental y se extiende a lo largo de Brasil y Paraguay de Norte a Sur, según Cubas *et al.* (1998) y Meinhold *et al.* (2011).

El Complejo Río Tebicuary se compone de dos unidades principales: la Suite Metamórfica Villa Florida y la Granodiorita de Centu Cué.

Tabla 1. Cuadro estratigráfico comparativo del Precámbrico Sur.

EDAD (Ma.)	PERÍODO	AUTOR:	UN 1988		Gómez 1996 (no publ.)		Meinhold et al. 2000	
		CICLO	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	FORMACIÓN, TIPO	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	FORMACIÓN, TIPO	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	FORMACIÓN, TIPO
590 - 470	Eocámbrico a Proterozoico Superior	Ciclo Brasiliano 700 - 450 Ma.	Grupo Caapucú	T. Yeré	Suite Intrusiva Caapucú	T. Charará	Suite Magnética Caapucú	T. Charará
				T. Yaguarete-Cuá		T. Yaguarete-Cuá		T. Casualidad
								T. Fanego
1000 - 590	Proterozoico Superior	Ciclo Urucuaño Rondoniense 1000 - 1300 Ma.	Grupo Paso Pindó	Fm. Paso Lima	Grupo Paso Pindó	Fm. Paso Lima	Grupo Paso Pindó	Fm. Cristo Redentor
				Fm. Las Mercedes				Fm. Paso Lima
1000 - 1800	Proterozoico Superior	Ciclo Urucuaño Rondoniense 1000 - 1300 Ma.	Grupo Paso Pindó	Fm. Yaguary	Grupo Paso Pindó	Fm. Paso Lima	Grupo Paso Pindó	Fm. Cristo Redentor
	Neo a Mesoproterozoico	Ciclo Urucuaño Paraniense 1300 - 1600 Ma.				Fm. Ypoá		
2200 - 1800	Proterozoico Inferior	Ciclo Transamazónico 2000 ± 200 Ma.	Complejo Tebicuary	Fm. Yaguary	Suite Metamórfica Villa Florida	Fm. Ycuá Bogado	Suite Metamórfica Villa Florida	Granodiorita Centu Cué
					Suite Metamórfica Villa Florida		Suite Metamórfica (Complejo Tebicuary)	Rocas Metamórficas de Villa Florida
> 2600	Arqueano	Ciclo Jequie 2600 + 100 Ma.	Complejo Tebicuary	Fm. Villa Florida	Complejo Tebicuary	Fm. Itajurú	Complejo Tebicuary	Rocas Metamórficas de Villa Florida
			Bogado					
			Fm. Itajurú					

Fuente: Modificado de Meinhold *et al.* (2011).

El Complejo Río Tebicuary ocurre al Sur del Paraguay Oriental y presenta una faja de afloramiento de N a S desde el desvío de la Ruta PY01 a la Colonia Montiel Potrero, hasta las proximidades de la Ciudad de San Miguel, con pocos afloramientos a lo largo del corte de la Ruta PY01. Al NE limita cerca del contacto con la Suite Caapucú y el Grupo Paso Pindó, como una faja continua de dirección NE-SW; sus mejores manifestaciones se encuentran en las márgenes y las planicies del Río Tebicuary (Cubas *et al.*, 1998).

De acuerdo con Cubas (1999), la Suite Metamórfica Villa Florida (Proterozoico Inferior, Ciclo Transamazónico) está constituida por una secuencia de rocas metamórficas de bajo, medio y alto grado dentro de las facies esquistos verdes, anfibolita y granulita con anatexis parcial, las cuales comprenden: serpentinitas, gneises cuarzo-feldespáticos, cuarcitas micáceas y cuarcitas ferríferas, anfibolitas intercaladas con gneises, esquistos micáceos asociados a rocas calcosilicatadas con estructuras de migmatización, rocas calcosilicatadas con lentes de anfibolitas y diques de aplita, mármol impuro con intercalaciones de calcosilicatadas, gneis y anfibolita, gneis

tectonizado y cataclástico. Engler (1991), por el método U-Pb en circón de una anfibolita, perteneciente a la Suite Metamórfica Villa Florida, obtuvo valores de datación entre 2240 ± 20 y 2040 ± 30 Ma., edades que corresponden al evento del Ciclo Transamazónico.

Cubas *et al.*, (1998) menciona que la Granodiorita de Centu Cué está conformada por una roca ácida porfirítica que intruye a los paragneis de la unidad inferior, reflejando intensas deformaciones durante la fase sintarditectónica del Ciclo Transamazónico, generando plegamientos, migmatización y fracturamientos del Ciclo Transamazónico (Proterozoico Inferior). Por el método K-Ar en los minerales de la granodiorita, se obtuvo una edad de enfriamiento de 550 Ma. (Lohse 1990, Engler 1991), la cual corresponde en edad a la Suite Magmática Caapucú (Ciclo Brasileño), pero se considera que la edad de la granodiorita sufrió un rejuvenecimiento en el Proterozoico Superior. El afloramiento de estas rocas ocupa la porción S y E de la ciudad de Villa Florida en una cantera abandonada, mientras que otras manifestaciones se encuentran al SE de la misma ciudad, en el Paradero Centu-Cué en contacto con los gneis de la Suite Villa Florida, al N de Centu-Cué en el Arroyo Yaguary, cerca de la confluencia del Arroyo Paso Pindó y el Río Tebicuary.

El Grupo Paso Pindó se encuentra por encima de las unidades anteriores en discordancia, la ocurrencia de esta unidad es limitada, se exhiben en las inmediaciones del Arroyo Paso Pindó en el predio de la Hacienda Las Mercedes. Otros pequeños afloramientos se localizan al W de la Ruta PY01, camino a la compañía Charará, cerca del Arroyo Paso Lima, al S frente a la Estancia San José, próximo al Cerro Pirú y en la Estancia Bruíns al W de Villa Florida (Cubas *et al.*, 1998). Esta unidad está constituida de sedimentos silicos y vulcanoclásticos, la cual fue afectada por un metamorfismo de bajo grado (facies esquistos verdes), con minerales índices de clorita, epidota y sericita, en el Proterozoico Superior, Ciclo Brasileño (Cubas, 1999). Según Chaney *et al.* (1982), el Grupo Paso Pindó es una secuencia de rocas sedimentarias, posiblemente de origen glacial y vulcano-sedimentarias ligeramente metamorfizadas y plegadas. Las formaciones que componen el grupo son; Formación Las Mercedes; Formación Paso Lima y Formación Cristo Redentor. La formación inferior; Fm. Las Mercedes, está compuesta de meta-conglomerado polimíctico basal con láminas y lentes de meta-grauwacas, meta-arcosas y pizarra. En el medio, la Fm. Paso Lima, que se compone de meta-areniscas, meta-grauwacas y meta-arcosas. Tanto la Fm. Las Mercedes como la Fm. Paso Lima están nombradas por UNDP 1988, citado en Meinhold *et al.*, (2011). La formación superior es representada por la Fm. Cristo Redentor, la cual está representada por

pizarras, arcillitas, meta-siltitas (Varvitas) con capas y lentes de meta-areniscas, meta tufita y epidota hornfels (Cubas *et al.*, 1998, Meinhold *et al.*, 2011).

La Suite Magmática Caapucú intruye a la Suite Metamórfica Villa Florida y al Grupo Paso Pindó. Esta Suite fue originada en la fase post-tectónica del Ciclo Brasileño, la cual se compone de granitos de textura fanerítica con biotita, granitos hipoabisales gruesos a finos y riolitas, riolitas y dacitas subordinadas, la mayoría de éstas rocas volcánicas son subefusivas con una textura porfírica. También se encuentran diques félsicos, ignimbrita, lavas tobáceas y tobas de lapilli. (Cubas *et al.*, 1998). Según Streckeisen (1976) citado por Cubas *et al.*, (1998), las rocas de esta unidad fueron clasificadas en el diagrama QAP donde se observa una tendencia de diferenciación de tipos de rocas de acuerdo a los niveles de cristalización, desde granodiorita/dacita hacia riolita/granito del feldespató alcalino. Químicamente, las rocas de esta unidad son subalcalinas y pertenecen a granitos post-orogénicos tipo I. Estas rocas están clasificadas en cuatro diferentes tipos; Tipo Barrerito, Tipo Fanego, Tipo Casualidad y Tipo Charará.

Tabla 2. Suite Magmática Caapucú

TIPOS DE ROCAS				
	TIPO BARRERITO	TIPO FANEGO	TIPO CASUALIDAD	TIPO CHARARÁ
LITOLOGÍA	Granito de biotita, de grano grueso a porfírico	Granito porfírico con fenocristales de grano grueso y con una matriz fina xenomórfica	Pórfido de granito/riolita de grano fino, con matriz holocristalina idiomórfica, intruido por aplita de grano muy fino	Riolita densa, riolita porfírica con fenocristales de cuarzo en una matriz densa y textura de flujo laminar, lava tobácea, ignimbritas, toba de lapilli y diques félsicos
LOCALIDAD TIPO	Estancia Barrerito al E de Caapucú (denominado por Kanzler, 1987)	Establecimiento Fanego, NE de Caapucú (nueva denominación)	Estancia Casualidad, W de Villa Florida (denominado por Kanzler, 1987)	Colonia Charará, W de Caapucú (denominado por Kanzler, 1987)
OCURRENCIA	A/E de Caapucú, W de Quiindy (Granito Jhu de Kanzler)	Desde Fanego hasta Valle Apu'a al N de Caapucú, Lago Ypoá, al W de Villa Florida	Alrededor del granito del Tipo Barrerito y del Tipo Fanego en el N y E de Caapucú, y una distribución continua al W de Villa Florida	W de Villa Florida, Colonia Yeré, Charará a Lago Ypoá, Yaguareté Cuá, desde Caapucú hasta Quiindy, Paraguari, Ypacarai

Fuente: Modificado de Meinhold *et al.* (2011)

- Intrusiva/Extrusiva: Ciclo Brasileño (post-tectónico).
- Quimismo: Granítico – Alkali Granítico: Tipo I.
- Edad: Cámbrico-Eocámbrico (Edad Rb-Sr: 531±5 Ma.).

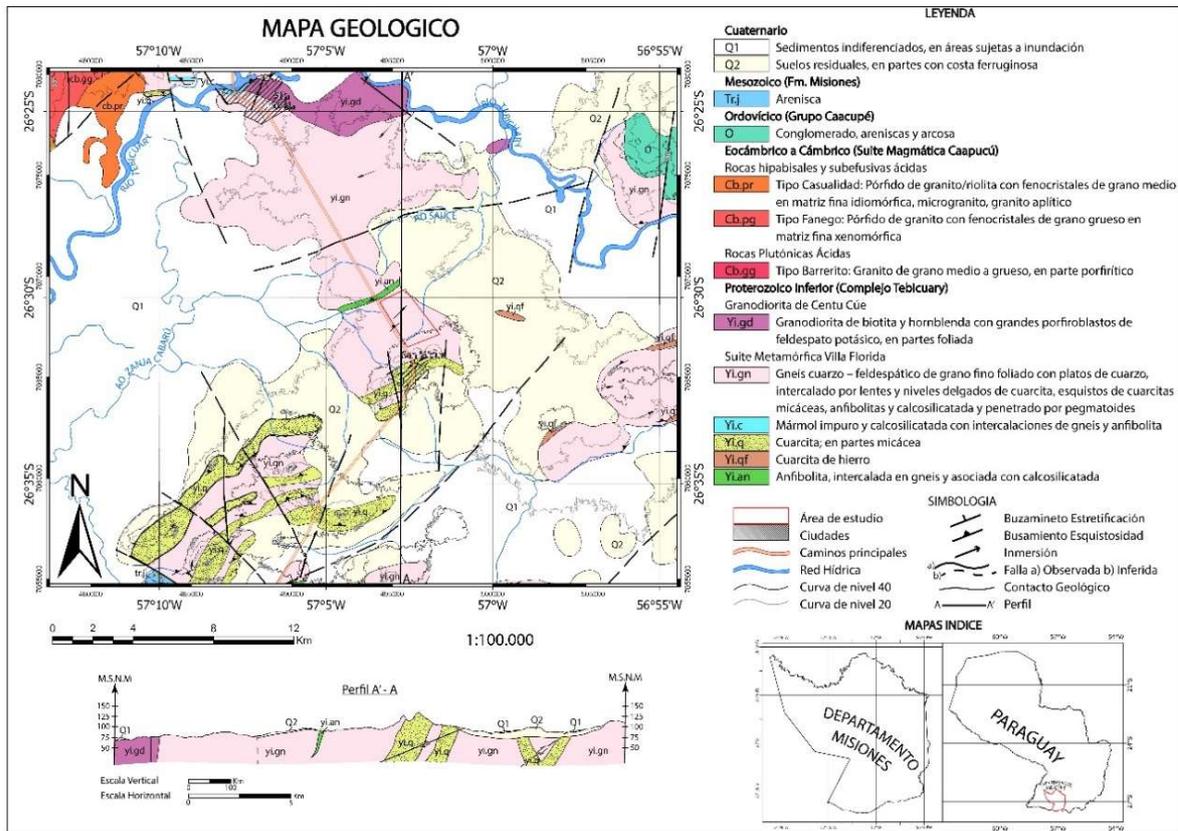


Figura 1. Mapa geológico regional a escala 1:100.000 del Complejo Precámbrico Sur, del Paraguay Oriental.
Fuente: Modificado de Meinhold et al. (2011).

2.2. Aspectos físicos del área de estudio

2.2.1. Clima y vegetación

La región es caracterizada por un clima subtropical húmedo, de acuerdo al Compendio Estadístico Ambiental (2021), del Instituto Nacional de Estadística (INE), la temperatura máxima media anual para el departamento es de 28,6°C, la temperatura media anual de 21,5 °C y la temperatura mínima media anual de 16°C. La humedad relativa media anual es de 67,5%, con una precipitación total anual de 1152,6 mm.

Cubas *et al.*, (1998), menciona que la vegetación en la zona de planicie está cubierta de pastizales naturales en su mayoría representado por gramíneas aptas para la producción ganadera. Los cerros de mayor altura están cubiertos por estrato arbóreo denso.

2.2.2. Geomorfología

El Precámbrico Sur del Paraguay se divide en tres sectores bien diferenciados; la primera unidad morfológica se denomina planicie de denudación, formada antes de la transgresión de sedimentos Ordovícicos sobre esta planicie, que más tarde fue afectada por eventos tectónicos distensivos post-ordovícicos con movimientos verticales y fallas mayoritariamente de dirección NW-SE, que, en consecuencia, éstas planicies de denudación se encuentran a niveles diferentes entre 75 y 200m; la segunda unidad morfológica se trata de relieves en forma de macizos elevados, cerros testigos y remanentes de planicie de denudación. Estos macizos y cerros ocurren generalmente en series o crestas alargadas, exhiben pendientes abruptas que poseen una altitud máxima de 275 m; la tercera unidad morfológica es la planicie de inundación resultado de la erosión selectiva, donde la parte baja es de 55m y la más elevada de 110 metros de altura (Cubas *et al.*, 1998).

El área de estudio se encuentra en la primera unidad morfológica, la planicie de denudación en esa zona presenta una cota entre 90 y 105m.

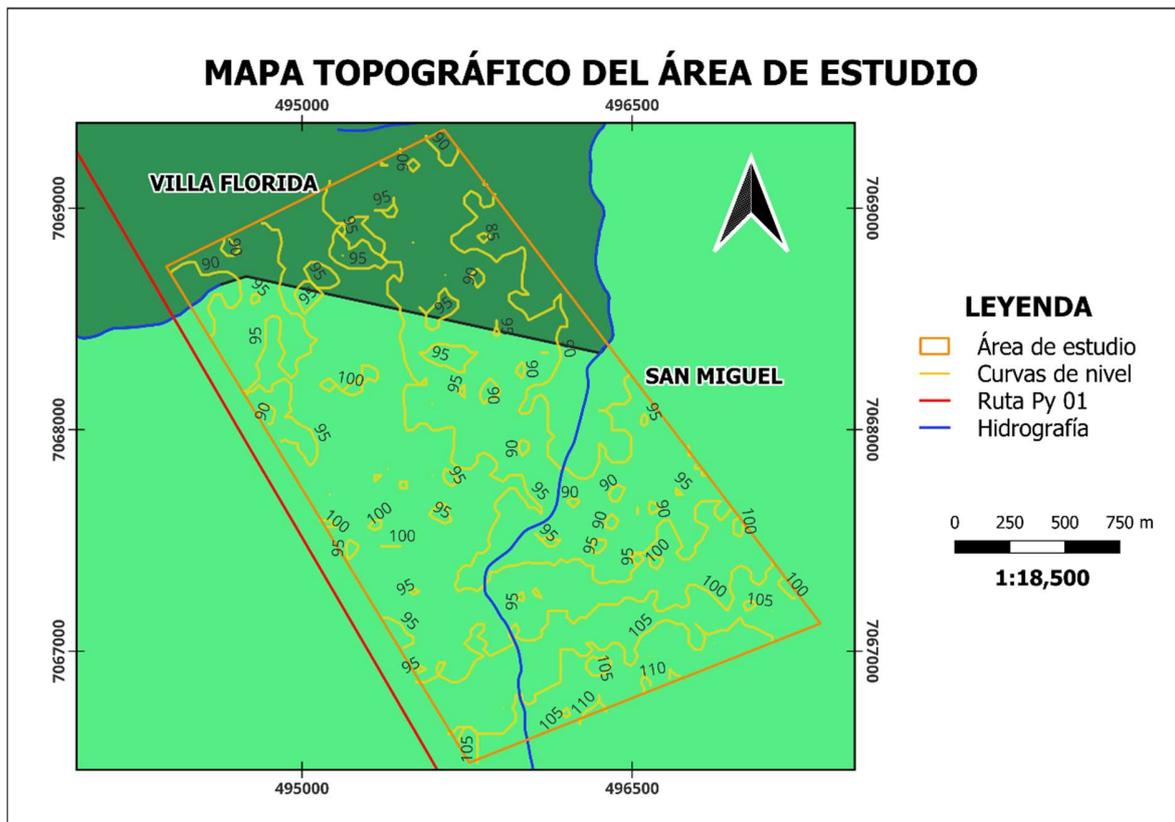


Figura 2. Mapa topográfico del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE, 2012

2.2.3. Suelo

De acuerdo a López *et al.* (1995), los suelos de la región en gran parte son alfisoles, entisoles y ultisoles, areno-arcillosos de color grisáceo-amarillento, producidos por la alteración de rocas graníticas. Dichos suelos ocurren en todas las áreas precámbricas donde las zonas de relieves más planos están asociadas a concreciones lateríticas de color rojo. En las zonas más disecadas, las rocas gnéissicas o graníticas originan suelos arcillo-arenosos de color gris claro.

3.DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque o abordaje

Para esta investigación se utilizó un enfoque cualitativo, ya que se realiza una recolección de datos sin medición numérica.

La investigación cualitativa sirve como un marco amplio que abarca una diversidad de enfoques, perspectivas, métodos y estudios no basados en números. Principalmente se emplea para explorar y afinar preguntas de investigación. Este enfoque ofrece profundidad en los datos, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o contexto, así como detalles y experiencias únicas (Sampieri *et al.* 2014).

3.2. Nivel de investigación

El enfoque de investigación adoptado es descriptivo, ya que el objetivo principal de este estudio es interpretar y caracterizar exhaustivamente el área de estudio por medio de descripciones petrográficas obtenidas de los sondeos de perforación. La investigación descriptiva según Sampieri *et al.* (2014) busca especificar las propiedades importantes, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

3.3. Área de estudio

3.3.1. Localización

El área de estudio está localizada al Sur de la Región Oriental, en el Departamento de Misiones, aproximadamente a 175 Km. de la Ruta PY01, en el límite entre las ciudades de San Miguel y Villa Florida. Se encuentra entre los paralelos 26°29'46,59" S, 26°31'19,46" S y entre los meridianos 57°2'37,33" W, 57°2'33,22" W, cubriendo una superficie de 415,60 ha. El principal acceso al área constituye la ruta pavimentada RN PY01, la cual une Asunción con todas las principales poblaciones de la región, atravesando al Complejo Precámbrico en su parte media con dirección Norte – Sur y llegando hasta la ciudad de Encarnación en la frontera con Argentina. El área se ubica de lado

izquierdo de la Ruta PY01 en dirección a la ciudad de San Miguel.

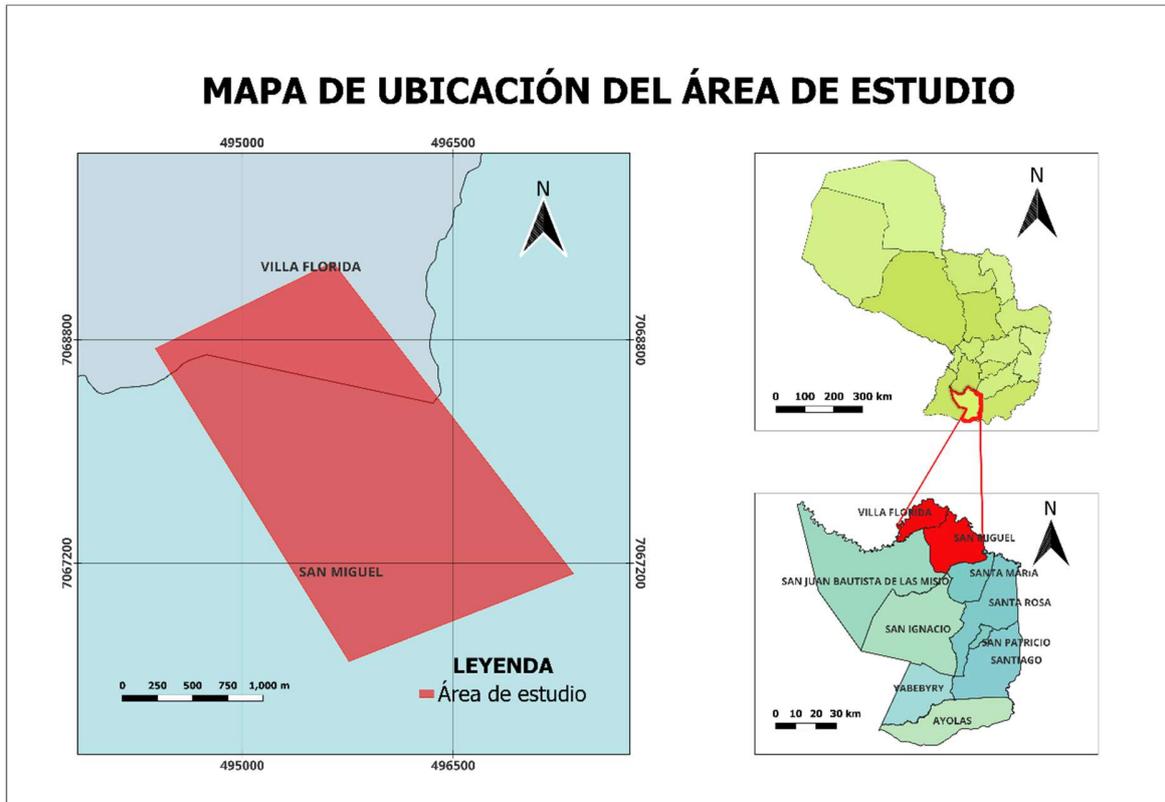


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE, 2012

3.4. Población

Según Lepkowski, (2008), citado por Sampieri *et al.* (2014), una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

En este estudio, la población está compuesta por un total de 12 pozos verticales ubicados en el área de investigación. Estos pozos se dividen en pozos profundos y pozos poco profundos, con profundidades promedio de 137.6 m y 12.7 m, respectivamente.

3.5. Muestra

La muestra se refiere a un subgrupo seleccionado de la población total. Es un conjunto de elementos que comparten características específicas del conjunto más amplio al que llamamos población (Sampieri *et al.* 2014).

De un total de 12 pozos verticales, se seleccionaron 4 pozos profundos como muestra para el análisis.

3.6. Unidad de análisis

La unidad de análisis está conformada por los 4 pozos verticales profundos que fueron perforados en el área de estudio por la empresa MINERA LUCCA S.A.

3.7. Muestreo

El muestreo para la presente investigación es del tipo no probabilístico – intencional, porque la elección de los pozos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, de acuerdo con Johnson, 2014, Hernández-Sampieri *et al.*, 2013 y Battaglia, (2008b), citado en Sampieri *et al.* (2014).

3.8. Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron la información de los pozos, las muestras de testigos, el reconocimiento de campo y las láminas delgadas.

4. METODOLOGÍA

4.1. Trabajo de gabinete

La primera etapa de esta investigación se basó en el trabajo de gabinete, la cual consistió en delimitar el área de estudio, la recopilación bibliográfica para así posterior a eso revisar y analizar trabajos anteriores de la zona, publicaciones científicas, mapa de la Hoja de Villa Florida. 1:100.000, imágenes satelitales a través de *Google Earth Pro*, descargados de *Earth Explorer* del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Una vez delimitado el área, se realizó mapas utilizando el *software Qgis 3.32*, también se elaboró perfiles litológicos de los pozos con el *software Strater 5*. Por último, una vez obtenidos los perfiles se procedió a realizar la correlación entre los pozos, utilizando el *software Illustrator*.

4.2. Trabajo de campo

Durante el trabajo de campo, se realizó un reconocimiento detallado del área donde se llevó a cabo la perforación de los pozos, permitiendo la observación de afloramientos y sub-afloramientos, también se tomaron muestras in situ. Posteriormente, se recolectaron muestras de los testigos para su análisis en laboratorio. En este proceso se utilizaron herramientas como lupas, brújulas, lápices de dureza y magnéticos, GPS, así como martillos geológicos, entre otros.

4.2.1. Datos de las perforaciones

Para este estudio, se eligieron perforaciones con profundidades superiores a 80 metros y que estaban distribuidas de manera más espaciada entre sí, con el propósito de cubrir extensas áreas y profundidades del terreno investigado. Las distancias entre los pozos seleccionados variaron entre aproximadamente 358 metros y 1,554 metros.

Tabla 3. Datos de las perforaciones utilizadas en el estudio.

HOLE ID	TESTIGO	PROFUNDIDAD (m)	COORDENADAS		COTA
			E	N	
H-07	DHTD-66	166.60	494643	7068731	90
H-08	DHTD-67	158.50	494988	7068650	93
H-10	DHTD-73	159.60	495801	7068109	91
H-12	DHTD-78	82.20	497116	7067284	100

Fuente: Modificado de la base de datos de LUCCA S.A.

4.3. Trabajo de laboratorio

Esta etapa constó de dos procesos. En primer lugar, se seleccionaron y codificaron las muestras más representativas y menos alteradas de las principales litologías de los pozos seleccionados para el estudio. Estas muestras fueron extraídas de los testigos de perforación. En segundo lugar, se procedió a preparar las láminas delgadas para su posterior observación bajo el microscopio. Como resultado de estos procesos, se obtuvieron 4 láminas delgadas.

4.3.1. Petrografía

4.3.1.1. Descripción de los testigos de perforación

El logueo de los testigos de perforación (Figura 4) comprende las descripciones litológicas, las texturas y estructuras presentes en los distintos sondeos.

Los pasos generales que se siguió para el logueo geológico fueron las siguientes; 1) Identificar la roca: textura, estructura, minerales componentes, etc. 2) Reconocer estructuras tales como fallas, fracturas, venillas. 3) Definir la alteración. 4) Definir contactos, los testigos de perforación pueden contener diferentes unidades de rocas, algunas con procesos de alteración. Estos contactos entre diferentes unidades deben ser identificados. 5) Medir las observaciones, es decir, medir los tramos de testigos definiendo donde comienzan y terminan las observaciones geológicas. El paso final fue describir estas observaciones en las hojas de logueo.



Figura 4. Muestras de testigos de perforación H-07.

4.3.1.2. Elaboración de láminas delgadas

Las láminas delgadas fueron elaboradas con equipamientos específicos para este fin, las cuales están disponibles en el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Las muestras procesadas fueron seleccionadas siguiendo los criterios de interés a observar; cómo ser minerales, procesos de alteración y estructuras. Los cortes se realizaron con una cortadora de precisión con disco diamantado Leco VC-50, buscando superficies lo más planas posible para la adherencia a la lámina de vidrio.

Para el proceso de adherencia se utilizó adhesivo epoxy Dipreg 87 A y B de proporción 4:1 entre el epoxy y el endurecedor. Las muestras se adhirieron a portaobjetos de vidrio de 48x28 cm esmerilados, luego se dejó secar en la estufa por varias horas a no más de 60° C. Posteriormente se procedió al pulido con una pulidora LECO Spectrum System 1000 y de forma manual utilizando carburo de silicio de diferentes granulometrías según el requerimiento. El desbaste de las muestras se continuó hasta alcanzar espesores tan finos que la luz puede atravesar completamente, permitiendo apreciar los colores de interferencia de los minerales (Figura 5). Una vez conseguido el espesor requerido, normalmente de 30 micras, se sometió a observación bajo el microscopio petrográfico Leica DM750 P para la descripción e identificación de los minerales, la textura y estructura de la roca, para poder así clasificarla.



Figura 5. Trabajo de pulido con carburo de silicio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Descripción de afloramiento

El área de estudio se encuentra ubicada en una zona que cubre parte del Cratón del Precámbrico Sur. La naturaleza de los terrenos precámbricos más antiguos denota extensas áreas de planicies, con muy escasos pequeños afloramientos, asomos o floats de rocas metamórficas o vetas de cuarzo, como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Pequeños afloramientos de vetas de cuarzo en el área de estudio. Coordenadas, E:496036 – N: 7068471

En casos, estas vetas de cuarzo están dispuestas como fajas cortas expuestas al ras del suelo (Figura 7), entre los gneises pertenecientes al complejo metamórfico Rio Tebicuary.



Figura 7. Fajas cortas de vetas de cuarzo. Coordenadas, E: 496418 – N: 7066371

En el área de estudio se recolectó muestras de rocas tales como gneis con moderada oxidación, alteración feldespática y epidota, cuarcitas moderadamente oxidadas, con

oquedades, boxworks rellenas de óxidos en parte y cuarzo de veta moderadamente oxidado.



Figura 8. Cuarzo con intensa fracturación, evidenciando tectonismo.
Coordenadas, E: 494643 – N: 7068731



Figura 9. Cuarzita con estructura gnéisica con minerales del grupo de la serpentina

5.2. Ubicación y descripción de testigos

5.2.1. Ubicación de pozos

Se asignaron códigos a los sondeos estudiados, así como se puede ver en la Tabla 3. Los 4 pozos tienen una profundidad promedio de 137.6 metros, las cuales se han descrito para la identificación de las litologías del subsuelo de la zona de estudio.

Los suelos no han sobrepasado profundidades de mayores de 2 metros, en donde la parte orgánica inicial solo corresponde principalmente a unos 20 a 40 cm de profundidad, con 1m a 1,50 m de los suelos arcillo arenosos del horizonte A y B hasta alcanzar el saprolito que denota los fragmentos pequeños de la roca, principalmente gnéisica que sirve de caja a las diferentes vetas de cuarzo, o fajas de anfibolita, rocas calcosilicatadas y esquisto de cuarzo mica y feldespatos que constituyen las principales rocas de la planicie que abarca esta

descripción.



Figura 10. Roca de caja, gneis alterado en parte oxidado. Imagen gentileza de LUCCA S.A.

Las descripciones detalladas de los testigos corresponden a los sondeos indicados en la Figura 11, de los cuales se han extraído las muestras para la realización de los cortes petrográficos, caracterización e identificación de las muestras de rocas y correlación litológica entre los sondeos descriptos.

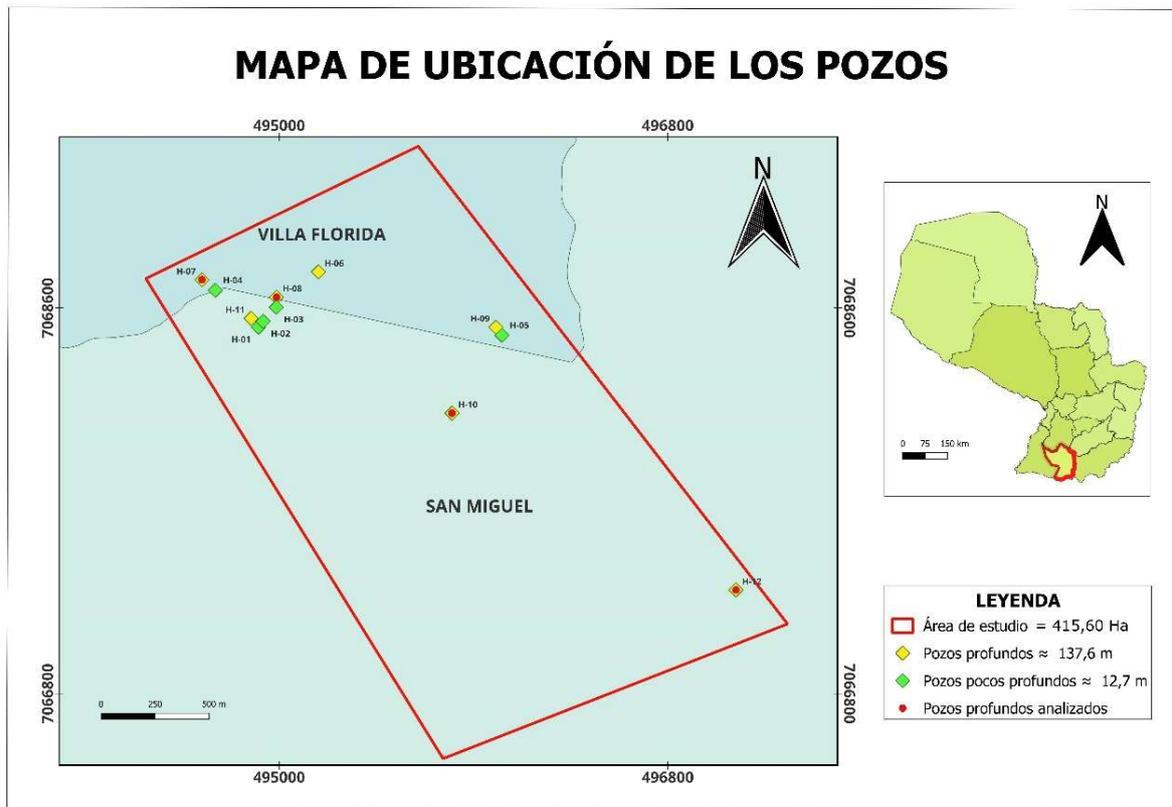


Figura 11. Mapa de ubicación de los pozos.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Descripción de pozo

5.2.2.1. Pozo H-07

El pozo H-07 es el de mayor profundidad (166.60 m), donde los primeros dos metros abarca el suelo orgánico, Horizonte A y Horizonte B para luego alcanzar al saprolito de gneis. A continuación, con un espesor de 10 m aproximadamente se observa gneis, en partes caolinizado, algunas vetillas de segregaciones de cuarzo, venillas de MnO. Llegando a los 15 m de profundidad, las diferentes litologías se presentan intercaladas entre sí, aparecen fracturas, oquedades, vetillas de segregación de cuarzo, posibles fallas.

El perfil litológico del testigo de perforación H-07 tiene una escala de 1.1000. A

continuación, se describe las características litológicas observadas en el sondeo.

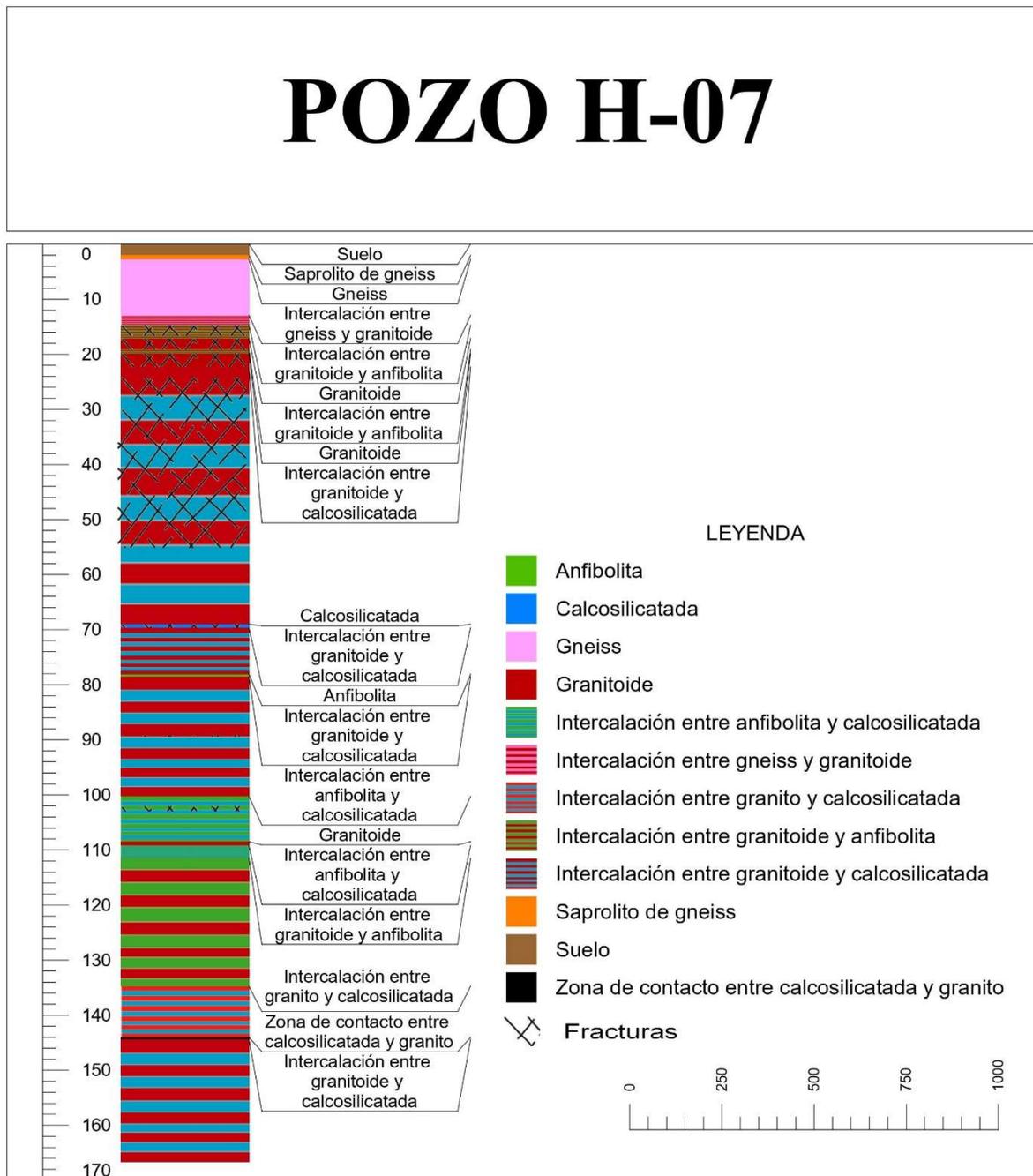


Figura 12. Perfil litológico del sondeo H-07. Escala 1.1000
Fuente: Elaboración propia.

- **De 0 a 2.00 m:** Suelo orgánico, horizonte A; arcilloso/arenoso de color marrón oscuro a gris, gramos de cuarzo subangulosos a subredondeados, feldespatos

y escasas gangas de hierro. Horizonte B; arenoso/arcilloso de color marrón grisáceo, presenta granos de cuarzo subangulosos a subredondeados, fragmentos de gneis, fragmentos de cuarzo, contiene caolín y limonita.

- **De 2.00 a 2.75 m:** Saprolito de gneis.
- **De 2.75 a 12.90 m:** Gneis con moderada a alta oxidación, con abundantes venillas de hematita, MnO y limonita diseminada, contenido de esmectita y mica en partes. Presenta algunas venillas de segregación de cuarzo e intercalaciones con anfibolita.
- **De 12.90 a 14.70 m:** Intercalación entre gneis y granitoide con moderada oxidación de MnO, limonita, hematita y mica.
- **De 14.70 a 17.10 m:** Intercalación entre granitoide y anfibolita, presenta fracturas, oquedades y posible falla. Alteración feldespática en partes.
- **De 17.10 a 19.10 m:** Granitoide con alteración feldespática, diseminado y rellenando fracturas, escasa mica en partes.
- **De 19.10 a 19.85 m:** Intercalación entre granitoide y anfibolita, presenta moderada a alta oxidación, MnO, limonita diseminada, mica, débil alteración.
- **De 19.85 a 22.25 m:** Granitoide con alteración feldespática, diseminado y rellenando fracturas, escasa mica en partes.
- **De 22.25 a 69.00 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, presenta venillas de calcita, alteración feldespática y calcita rellenando fracturas, en parte pirita diseminada y esmectita en venillas. Presenta aspecto brechoso a los (55.65 a 55.85), (56.25 a 56.55), (57.00 a 57.38), (57.92 a 58.08), (65.00 a 65.40). Niveles de serpentinita en partes a partir de los 64.00 m.
- **De 69.00 a 69.65 m:** Calcosilicatada con venillas de calcita, abundante esmectita rellenando fracturas y en venillas, pirita en parte. Mayor nivel de serpentinita.
- **De 69.65 a 78.06 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada,

feldespato potásico, alteración feldespática diseminada y en vetillas.

- **De 78.06 a 78.50 m:** Anfibolita con abundantes ferromagnesianos, vetillas de posibles plagioclasas en forma de pliegue, calcita diseminada en venillas y esmectita. Pirita 1 a 2%.

- **De 78.50 a 100.25 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, vetillas de calcita diseminada, escasa alteración feldespática. Zona de brecha (82.10 a 82.15), (82.80 a 83.10), (85.25 a 85.65), (86.55 a 86.60), (87.75 a 87.85), (88.60 a 88.85), zona de posible microfalla (89.25 a 89.40), importantes venillas de calcita y plagioclasa? a los (82.30) de 2cm de ancho.

- **De 100.25 a 108.45 m:** Intercalación entre anfibolita y calcosilicatada, esmectita, anfíbol, pirita 1 a 2% en partes, venillas de calcita, aspecto brechoso en partes, micas en partes, posible zona de falla (102.10), en partes magnético.

- **De 108.45 a 109.15 m:** Granitoide con vetillas de cuarzo/cuarcita?, de color blanquecino, leve gris verdoso.

- **De 109.15 a 111.45 m:** Intercalación entre anfibolita y calcosilicatada, venillas de calcita, aspecto brechoso en partes, (109.90 a 110.30), escasa mica en partes, venillas de cuarzo.

- **De 111.45 a 134.75 m:** Intercalación entre granitoide y anfibolita, abundantes venillas de cuarzo y plagioclasas?, escasa pirita en partes, niveles mayores de anfibolita (118.60 a 119.80), (121.50 a 124.30).

- **De 134.75 a 144.00 m:** Intercalación entre granito y calcosilicatada, venillas de calcita.

- **De 144.00 a 144.35 m:** Zona de contacto entre calcosilicatada y granito, posible evidencia de pliegue.

- **De 144.35 a 166.60 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, bandeamiento más marcado, abundantes venillas de cuarzo a los (146.80 a 147.70), venillas de calcita, piroxenos, escasa limonita, escasa alteración feldespática esmectita en partes, mica en partes, venillas de serpentinita/ esmectita? a los (158.00 a 159.00),

zona de brecha a los (161.00 a 162.00), (165.50 a 165.80).

5.2.2.2. Pozo H-08

El pozo H-08 presenta una profundidad de 158.50 m, donde los primeros 1.85m se compone de suelo orgánico, horizonte A y horizonte B. Luego, con espesor de 0.65 cm se encuentra saprolito de gneis con abundantes fragmentos de cuarzo de veta. Hasta los 30.30 m de profundidad se observan gneises intercalados con veta de cuarzo, con esquistos, anfibolitas y luego otras intercalaciones entre calcosilicatada y granitoide.

El perfil litológico del testigo de perforación H-08 tiene una escala de 1.1000. A continuación, se describe las características litológicas observadas en el sondeo.

POZO H-08

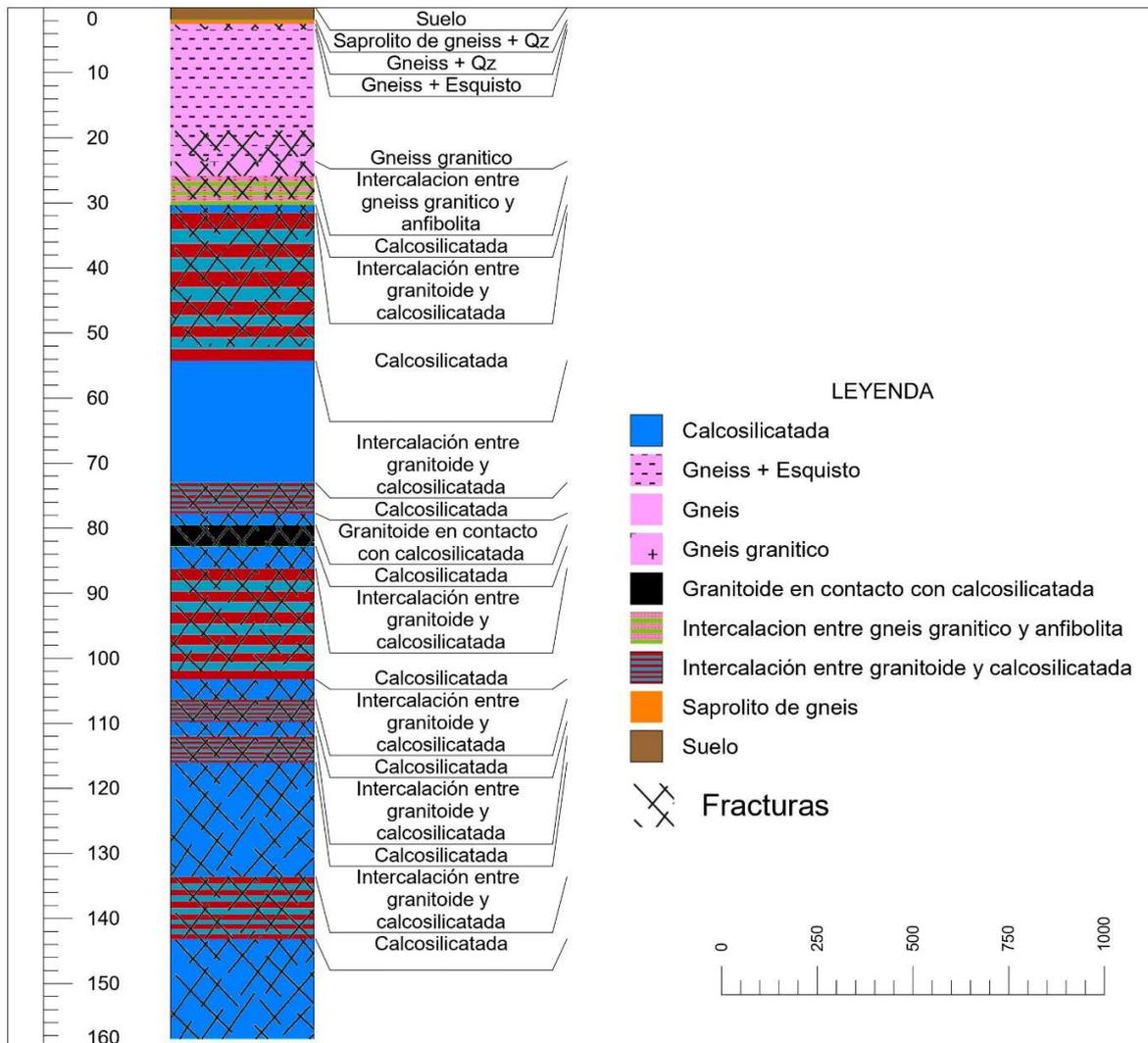


Figura 13. Perfil litológico del sondeo H-08. Escala 1.1000

Fuente: Elaboración propia.

- De 0.00 a 1.85 m: Suelo orgánico. Horizonte A, de color marrón oscuro a gris, granos de cuarzo y feldespato subanguloso a subredondeado, limonita y hematita diseminada. Horizonte B, arcilloso/arenoso, de color marrón amarillento, con

granos de cuarzo subangulosos a subredondeados, feldespato, MnO y limonita diseminada, escaso caolín.

- **De 1.85 a 2.50 m:** Saprolito de gneis con abundantes fragmentos de cuarzo de veta, presenta moderada oxidación con hematita y limonita diseminada.

- **De 2.50 a 3.33 m:** Gneis intercalado con veta de cuarzo, presenta moderada a alta oxidación, fracturas, limonita y hematita diseminada y en venillas.

- **De 3.33 a 23.60 m:** Gneis intercalado con esquisto, en partes el gneis se encuentra caolinizado, moderada a alta oxidación con MnO diseminado y en venillas, limonita y hematita diseminada. En partes abundante mica, fracturas en parte.

- **De 23.60 a 25.88 m:** Gneis granítico con abundantes fracturas, presenta alteración feldespática en venillas y rellenando fracturas, oquedades en parte, MnO, hematita y esmectita diseminadas.

- **De 25.88 a 30.30 m:** Intercalación entre gneis granítico y anfibolita, presenta abundantes fracturas, aspecto brechoso en partes, alteración feldespática diseminada y en venillas, moderada a alta oxidación, MnO y hematita diseminada.

- **De 30.30 a 31.50 m:** Calcosilicatada con aspecto brechoso, calcita rellenando fracturas, bien cristalizadas, débil oxidación con venillas de hematita y limonita.

- **De 31.50 a 54.25 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, en partes aspecto brechoso, venillas de calcita y de hematita en partes, limonita diseminada y rellenando fracturas, alteración argílica en partes, escasa alteración feldespática y hematita.

- **De 54.25 a 73.00 m:** Calcosilicatada, con aspecto brechoso, calcita en venillas y diseminados, fractura rellana de hematita, pirita 1 a 2%, hematita diseminada, escasa esmectita y limonita diseminada en partes.

- **De 73.00 a 77.70 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, con abundante ferromagnesianos, hematita diseminada y rellenando fracturas, en partes brechoso, abundante esmectita diseminada, venillas de calcita, pirita 1 a 2%.

- **De 77.70 a 79.50 m:** Calcosilicatada brechosa, con abundante ferromagnesianos, calcita en venillas y diseminada, fracturas rellenas de hematita, diseminada, escasa esmectita diseminada.
- **De 79.50 a 82.80 m:** Granitoide en contacto con calcosilicatada, presenta minerales ferromagnesianos, feldespatos y cuarzo, fracturas rellenas de esmectita, calcita, hematita y en venillas, escasa limonita.
- **De 82.80 a 86.20 m:** Calcosilicatada con abundante ferromagnesianos y calcita diseminada y en vetillas, hematita diseminada, presenta oquedades en partes, fracturas rellenas de hematita y calcita.
- **De 86.20 a 103.20 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, en partes la calcosilicatada se presenta brechosa, se observa principalmente venillas de calcita, esmectita diseminada, escasa limonita relleno de fracturas, pirita en partes 1 a 2%.
- **De 103.20 a 106.30 m:** Calcosilicatada brechoso, con abundante ferromagnesianos, calcita en venillas y diseminada, fracturas rellenas de hematita, diseminada y en venillas, esmectita y pirita diseminada 1 a 2%.
- **De 106.30 a 109.70 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, venillas, vetillas de calcita y diseminada, abundantes fracturas rellenas de calcita, esmectita, escasa hematita y esmectita diseminadas.
- **De 109.70 a 112.00 m:** Calcosilicatada con abundantes ferromagnesianos, fracturas rellenas de calcita y esmectita, en partes de hematita y escasa limonita diseminada.
- **De 112.00 a 116.00 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, presenta abundantes venillas de calcita, menor hematita y esmectita diseminada, limonita en partes. Fracturas en partes.
- **De 116.00 a 133.58 m:** Calcosilicatada con abundante ferromagnesianos, presenta fracturas rellenas de calcita, escasa hematita en venillas y diseminada, esmectita en partes, pirita 1 a 2% en partes.

- **De 133.58 a 143.15 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, presenta fracturas rellenas de calcita, menor hematita, calcita y hematita diseminada en partes.

- **De 143.15 a 158.50 m:** Calcosilicatada con abundantes ferromagnesianos, presenta fracturas rellenas de calcita, escasa hematita en venillas y diseminada, esmectita en partes, pirita 1 a 2% en partes.

5.2.2.3. Pozo H-10

Este sondeo presenta una profundidad de 159.60 m, donde la parte orgánica corresponde principalmente a unos 70 cm de profundidad, 2 m de los suelos arcilloso/arenoso del horizonte A y horizonte B hasta alcanzar el saprolito de gneis. Luego, se observan litologías de gneis granítico, granitoides, hasta alcanzar las intercalaciones con diferentes litologías.

El perfil litológico de este sondeo tiene una escala de 1.1000. A continuación, se describe las características litológicas observadas en el mismo.

POZO H-10

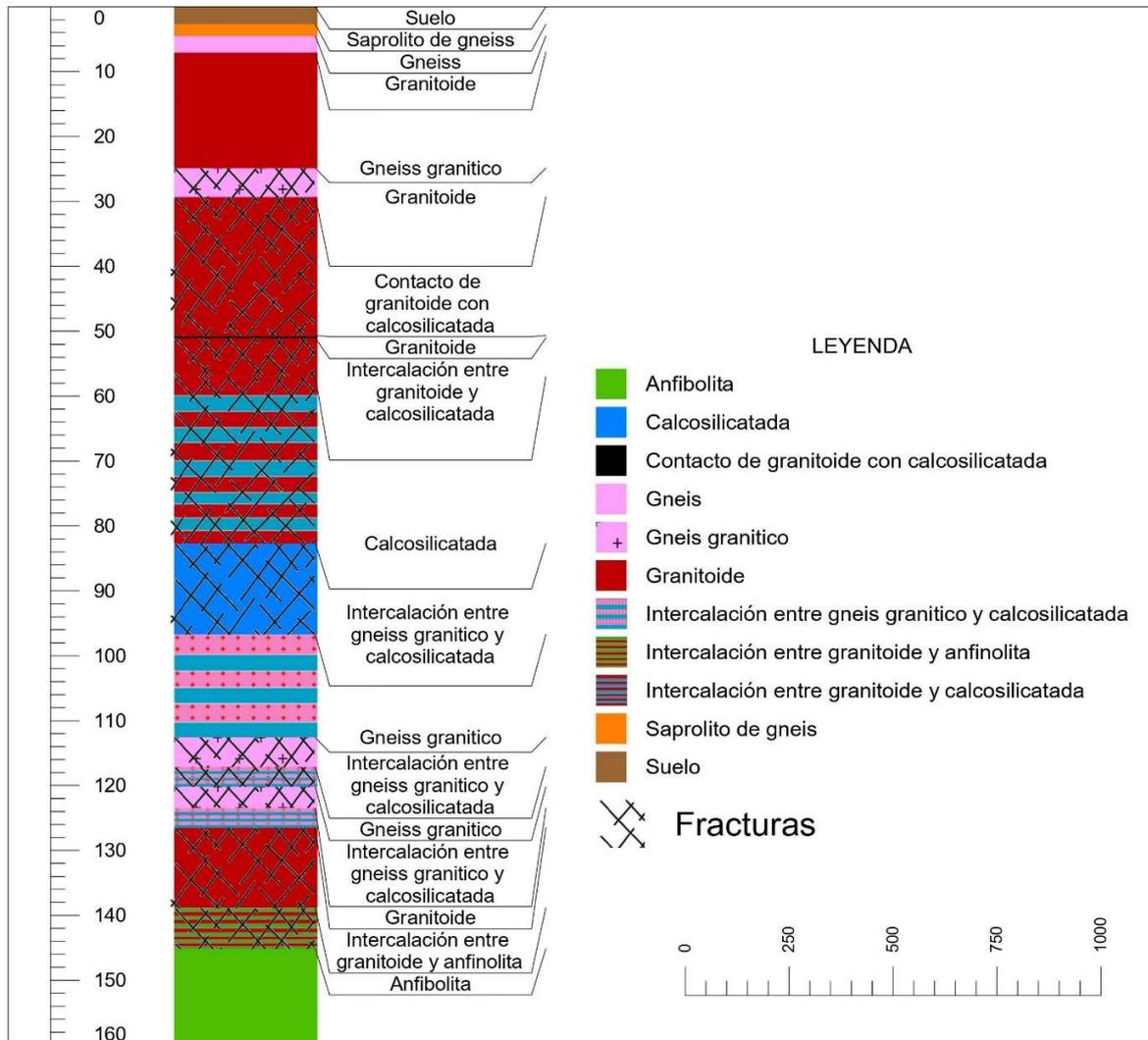


Figura 14. Perfil litológico del sondeo H-10. Escala 1.1000
Fuente: Elaboración propia.

- De 0.00 a 2.70 m: Suelo orgánico. Horizonte A, arcilloso/arenoso, de tonalidad marrón rojizo grisáceo, presenta hematita diseminada, granos de cuarzo subanguloso a subredondeados, feldespato, caolín y escasas cangas ferríferas. Horizonte

B, arcilloso/arenoso, de color marrón grisáceo amarillento, granos de cuarzo subangulosos a subredondeado, feldespatos, fragmentos de gneis, caolín y limonita diseminada, escaso MnO.

- **De 2.70 a 4.50 m:** Saprolito de gneis con fragmentos de cuarzo, escaso caolín y MnO diseminado.

- **De 4.50 a 7.00 m:** Gneis con moderada oxidación, limonita, hematita diseminada y en venillas, esmectita y caolín diseminado, importantes vetillas de hematita, MnO en venillas, escasos fragmentos de cuarzo a los (6.50m), débil alteración feldespática.

- **De 7.00 a 24.85 m:** Granitoide moderadamente oxidado, en partes mejor preservado, presenta alteración feldespática diseminada y en venillas, MnO, limonita, hematita diseminada y en venillas, mica y esmectita en partes, niveles de mayor caolinización. Intercalado con micaesquistos en partes.

- **De 24.85 a 29.30 m:** Gneis granítico con débil a moderada oxidación, MnO, limonita diseminada y escasas venillas, esmectita diseminada, presenta fracturas y alteración feldespática en partes.

- **De 29.30 a 50.65 m:** Granitoide, presenta débil oxidación, MnO, limonita diseminada en partes, venillas de calcita, esmectita en partes rellenando fracturas, pirita < 1%, alteración feldespática.

- **De 50.65 a 51.00 m:** Contacto de granitoide con calcosilicatada, presenta caolín, limonita, pirita 1 a 2%, hematita, esmectita y MnO en partes.

- **De 51.00 a 57.00 m:** Granitoide con débil oxidación, MnO, limonita diseminada, venillas de calcita, escasa esmectita rellenando fracturas, pirita < 1% y escasa alteración feldespática.

- **De 57.00 a 82.70 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada, minerales de feldespato, cuarzo, escasa limonita, venillas de calcita, alteración feldespática diseminada y en venillas, en parte rellenando fracturas intercalada con la calcita, hematita diseminada y en venillas, esmectita diseminada y pirita 1 a 2%. Aspecto brechoso (82.30 a 82.70 m).

- **De 82.70 a 96.70 m:** Calcosilicatada con abundante ferromagnesianos, leve intercalación de granitoide en partes, venillas de calcita, alteración feldespática rellenando fracturas, pirita < 1% y escasa esmectita.
- **De 96.70 a 112.60 m:** Intercalación entre gneis granítico y calcosilicatada, aspecto brechoso (99.00 a 99.75 m), alteración feldespática en partes, venillas de calcita, pirita 1 a 2%, en partes abundante pirita diseminada 10 a 15% y en venillas, esmectita diseminada.
- **De 112.60 a 117.12 m:** Gneis granítico, pirita < 1%, esmectita diseminada y en venillas, limonita diseminada, fracturas en partes rellenas de calcita, débil alteración feldespática.
- **De 117.12 a 120.20 m:** Intercalación entre gneis granítico y calcosilicatada, alta silicificación (de 118.20 a 118.80m y de 119.30 a 119.60 m), calcita rellenando fracturas, hematita en venillas, esmectita diseminada, MnO en venillas, pirita < 1%, venilla de calcita intercalada con esmectita y pirita a los 118.70 m.
- **De 120.20 a 123.50 m:** Gneis granítico, esmectita diseminada y en venillas, escasa limonita y hematita diseminada, fracturas en partes rellenas de calcita y esmectita, débil alteración feldespática.
- **De 123.50 a 126.50 m:** Intercalación entre gneis granítico y calcosilicatada, presenta abundantes venillas de calcita y de esmectita (de 124.50 a 126.20m), venillas de hematita a los (126.30), pirita < 1%, esmectita diseminada, aspecto brechoso (de 125.45 a 126.30 m).
- **De 126.50 a 138.85 m:** Granitoide, con escasos minerales ferromagnesianos, venillas de calcita, esmectita diseminada y rellenando fracturas, principalmente de (126.50 a 128.50 m), escasa alteración feldespática en partes, pirita > 1%, rellenando fracturas en partes, alteración argílica en venillas.
- **De 138.85 a 145.15 m:** Intercalación entre granitoide y anfíbolita?, presenta minerales de cuarzo, feldespatos, fracturas en partes rellenas de calcita, venillas de calcita, esmectita, pirita < 1%, escasa alteración feldespática diseminada y alteración argílica en

venillas.

- **De 145.15 a 159.60 m:** Anfibolita, con notable aumento de ferromagnesianos, en partes intercalada con granitoide, presenta venillas de calcita en partes con pirita 1 a 2%, pirita diseminada de 1 a 2%, en partes 2 a 3%, escasa hematita diseminada, venillas de cuarzo (de 150.00 a 15.25m y de 158.10 a 158.50m).

5.2.2.4. Pozo H-12

El pozo H-12 tiene una profundidad de 82.20 m, se trata del pozo con menos profundidad descripta. Abarca los primeros metros entre suelo orgánico, horizonte A y horizonte B, para luego continuar con los gneises intercalados con granitoides, anfibolitas con granitoides, y las calcosilicatadas. El perfil litológico de este pozo de perforación tiene una escala de 1.1000, a continuación, la descripción detalladas de las litologías.

POZO H-12

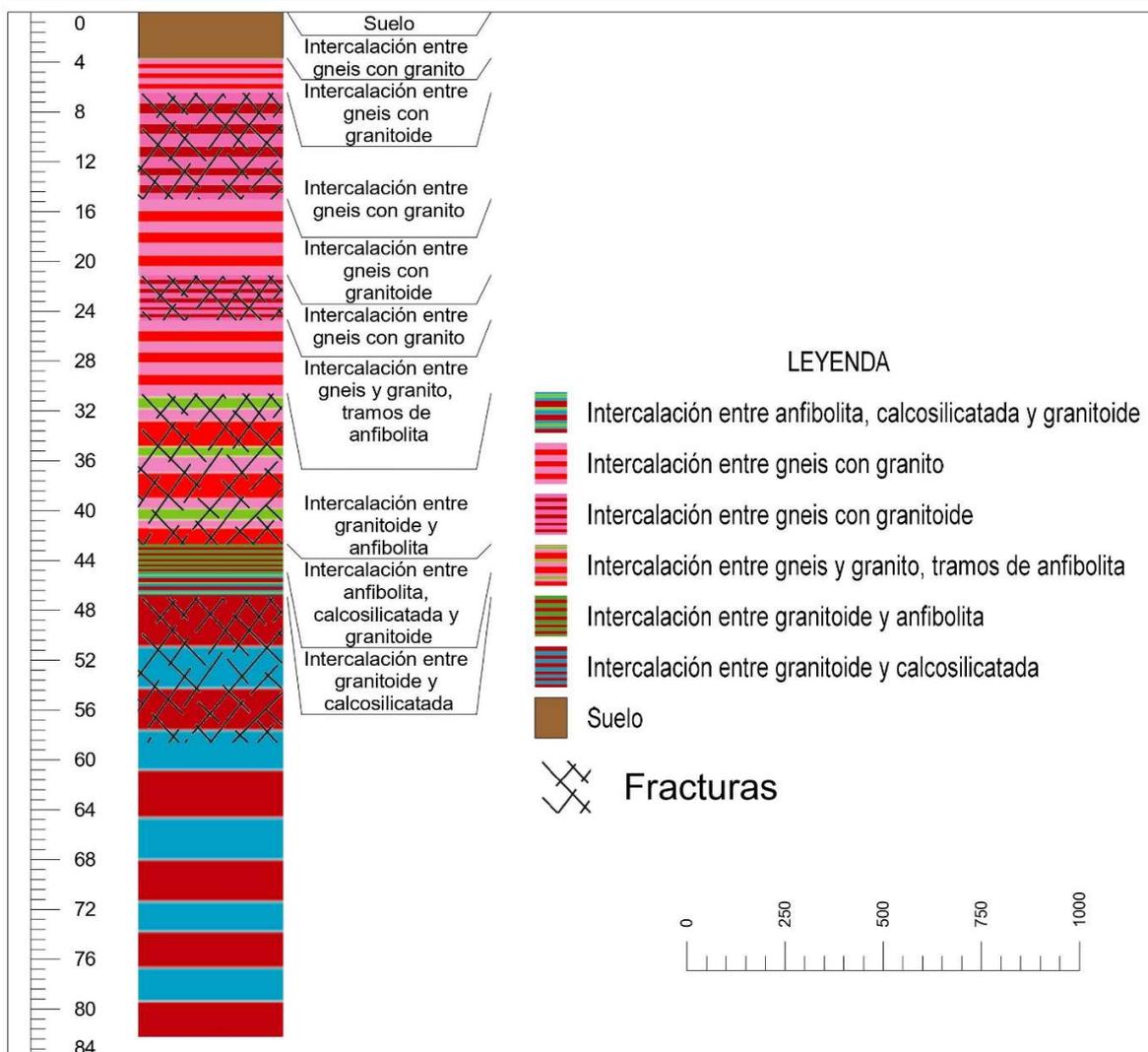


Figura 15. Perfil litológico del sondeo H-12. Escala 1.1000

Fuente: Elaboración propia.

- De 0.00 a 3.70 m: Suelo orgánico. Horizonte A, arcilloso/arenoso, marrón oscuro a claro, presenta granos de cuarzo angulosos a subangulosos, hematita, limonita

caolín y MnO diseminado. Horizonte B, arcilloso/arenoso, de color marrón claro a amarillento, presenta granos de cuarzo angulosos a subangulosos, alteración feldespática en partes, mayor oxidación limonita, caolín, hematita y MnO diseminado. De los 3.00 a 3.70 m se observó un material arenoso, de granos medio a grueso, de color marrón claro a amarillento, granos subangulosos a subredondeados de cuarzo granito y escaso MnO.

- **De 3.70 a 6.45 m:** Intercalación entre gneis alterado con granito de coloración naranja amarillento con alta oxidación, presenta MnO diseminado, caolín y venillas de esmectita y diseminado en partes, granos de cuarzo anguloso a subanguloso, venillas de MnO en partes, alteración feldespática en partes.

- **De 6.45 a 15.00 m:** Intercalación entre gneis alterado con granitoide. Mayormente material arenoso grueso a medio, en partes fracturado, se observa caolín, esmectita, limonita, hematita, MnO.

- **De 15.00 a 21.10 m:** Intercalación entre gneis alterado con granito, moderada a alta oxidación, venillas de hematita y MnO, limonita, esmectita, caolín, MnO diseminado, granos de cuarzo angulosos a subangulosos, alteración feldespática en partes.

- **De 21.10 a 24.70 m:** Intercalación entre gneis alterado con granitoide, moderadamente oxidado, presenta limonita, alteración feldespática, hematita, MnO diseminado y en venillas, oquedades y fracturas rellenas de limonita, menor esmectita que caolín.

- **De 24.70 a 30.60 m:** Intercalación entre gneis y granito, moderada a alta oxidación, venillas de hematita, limonita, esmectita diseminada y en venillas, abundante MnO diseminado, granos de cuarzo angulosos a subangulosos, alteración feldespática en partes.

- **De 30.60 a 42.70 m:** Intercalación entre gneis y granito, tramos de anfíbolita, moderada oxidación MnO, limonita, hematita, escasa venillas de MnO, caolín, esmectita, parcialmente fracturado con oquedades.

- **De 42.70 a 45.00 m:** Intercalación entre granitoide y anfíbolita, moderada a alta oxidación, piroxenos, esmectita, venillas de hematita, MnO, limonita, caolín,

abundante mica.

- **De 45.00 a 46.95 m:** Intercalación entre anfibolita, calcosilicatada y granitoide, venillas de cuarzo, hematita, limonita, MnO, caolín y esmectita, venillas de segregación de cuarzo, moderada oxidación, pirita en partes.

- **De 46.95 a 82.20 m:** Intercalación entre granitoide y calcosilicatada parcialmente fracturado, venillas de calcita y cuarzo, MnO, hematita, escasos nódulos de cuarzo, leve alteración feldespática en partes, piroxenos, zonas de segregación de cuarzo, esmectita, oquedades en partes, zona de brecha (56.10 a 56.20 m).

5.2.3. Correlación litológica de pozos

Conforme a los objetivos de la investigación se realizó la descripción litológica macroscópica y microscópica de los 4 pozos más profundos perforados en el área de estudio. Con estos datos posteriormente se construyeron los perfiles litológicos a partir de los cuales analizaron las unidades litológicas de cada uno de los sondeos, para de este modo realizar la correlación litológica del subsuelo.

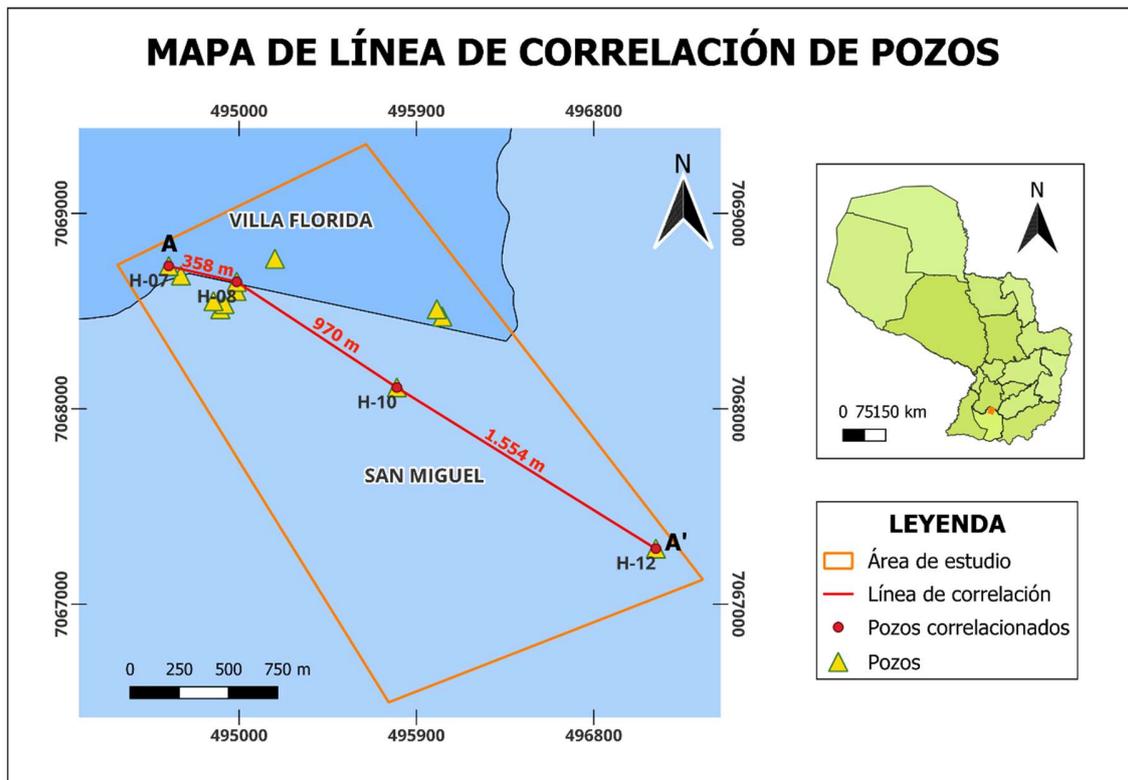


Figura 16. Mapa de línea de correlación de pozos.
Fuente: Elaboración propia.

Para ello se trazó una línea de una dirección NW-SE (A-A') con una distancia de 2882 metros, a los efectos de realizar la interrelación litológica como se observa en la Figura 16.

En la Figura 17 se aprecian las principales unidades litológicas presentes en el área de estudio; las que corresponden a la Suite Metamórfica Villa Florida. Además de las fajas metamórficas de la Suite Metamórfica se observaron cuerpos ígneos graníticos (aplita) que intruyen a estas rocas metamórficas y las mismas corresponden a rocas de la Suite Magmática Caapucú. Las unidades metamórficas y las ígneas corresponden a edades Precámbricas (2000 ± 200 Ma. y 531 ± 5 Ma.), respectivamente.

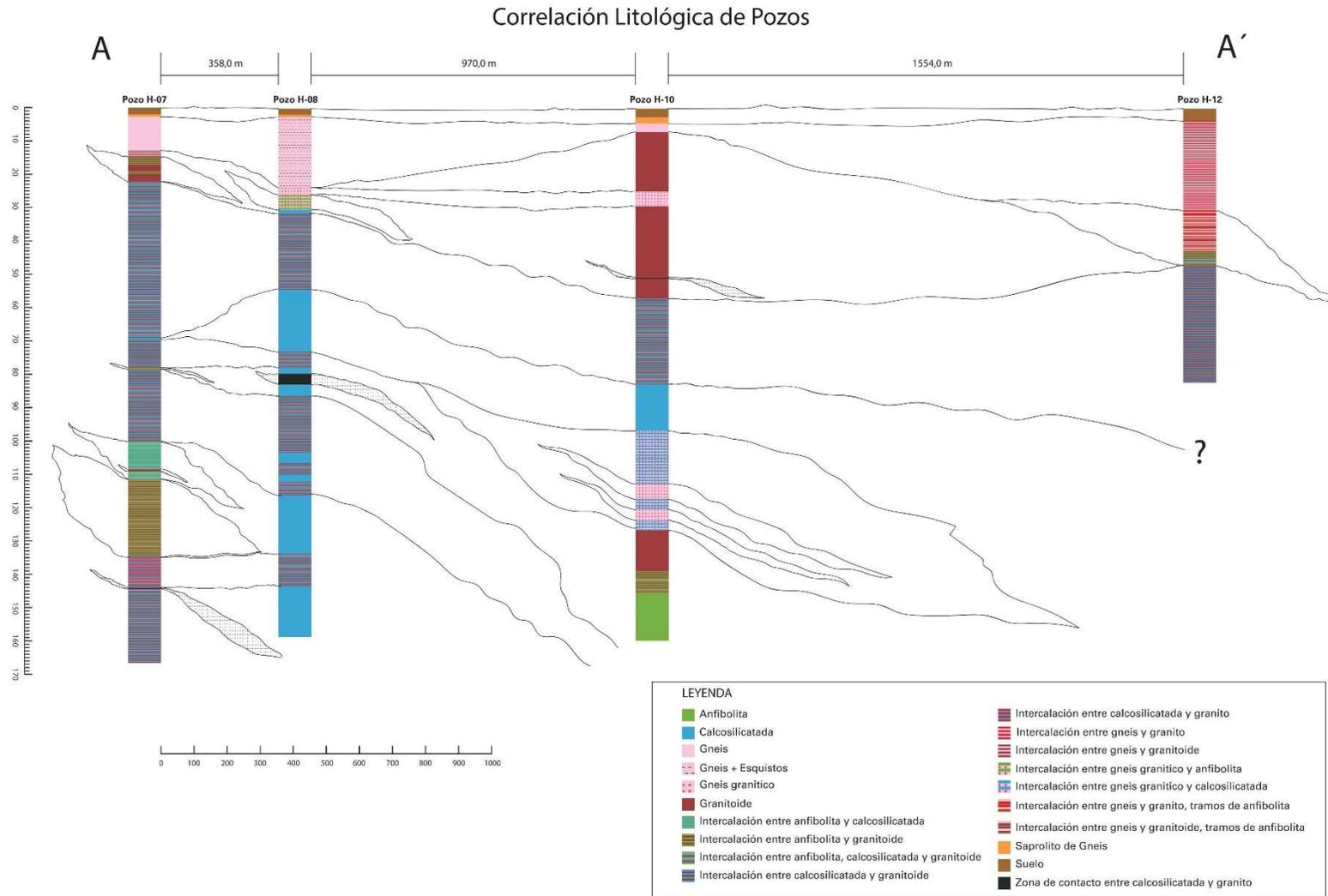


Figura 17. Correlación de pozos.
Fuente: Elaboración propia.

Las unidades litológicas metamórficas compuestas por gneises y rocas calcosilicatadas, son las dos unidades litológicas que poseen un espesor entre 10m y 55 m aproximadamente, y una extendida continuidad lateral, siendo las rocas calcosilicatadas la que predominan en volumen en los 4 pozos, aunque está intercalada con rocas tipo gneis, anfibolitas y granitoides.

En los 4 sondeos se pudo correlacionar la unidad litológica conformada por gneis, principalmente en las partes superiores próximas a la superficie; aunque presentan variaciones a gneis graníticos o granitos gnéisicos, hasta manifestaciones, como las observadas en el pozo H-12 donde se manifiesta de forma profusamente intercalada con granitoides.

Subsidiariamente se presentan también lentes de anfibolitas en todos los pozos, aunque con variaciones en la intercalación, espesores menores y una continuidad lateral menos marcada.

En los pozos H-07, H-08 y H-10 se encuentran intrusiones de cuerpos graníticos, los cuales, dada su textura pueden ser caracterizados como diques aplíticos correspondientes a la Suite Magmática Caapucú que intruyen a las rocas de la Suite Metamórfica Villa Florida.

De acuerdo a esta correlación, la manera en que se encuentran interdigitadas las diversas unidades litológicas correlacionadas, muestran continuidad lateral, a lo largo de la sección, con variaciones importantes en sus espesores y con la manifestación de importantes zonas tectonizadas con expresiones de fracturas, fallas, zonas de cizallas y plegamientos (Anexo 1), podemos manifestar que el área de estudios se encuentra en una zona plegada, característica de zonas orogénicas como lo constituye el Cratón del Río Tebicuary. Estas observaciones de eventos tectónicos fueron caracterizadas tanto en las descripciones de los testigos de los sondeos H-07, H-08, H-10 y H-12, así como en varios afloramientos de la zona de estudios (Figura 8.)

5.3. Descripción microscópica

5.3.1. Lámina delgada H66-41

Las figuras 18 y 19, corresponde al Pozo H-07, a una profundidad de 120,30 metros. Se trata de una roca granítica que intruye a una roca calcosilicatada. La roca granítica presenta una textura sacaroidal típica de la aplita (dique granítico), cuarzo anhedrales y feldespatos

potásico subhedrales mayormente alterados. La calcosilicatada presenta una textura granonematoblástica de grano medio a fino, se observó el mineral wollastonita y calcita. Existe orientación preferente de los cristales, paralela a la foliación y presenta fracturas perpendiculares a la foliación.

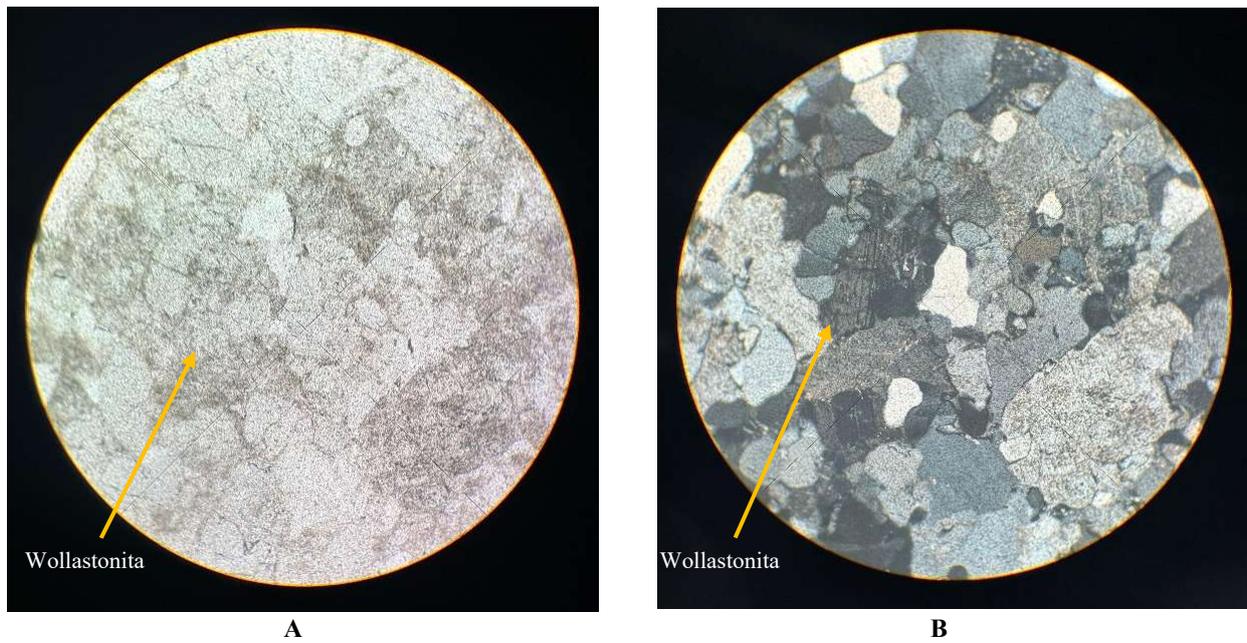


Figura 18. Sección delgada de calcosilicatada. A) Luz Natural, B) Luz polarizada. Aumento 10x.

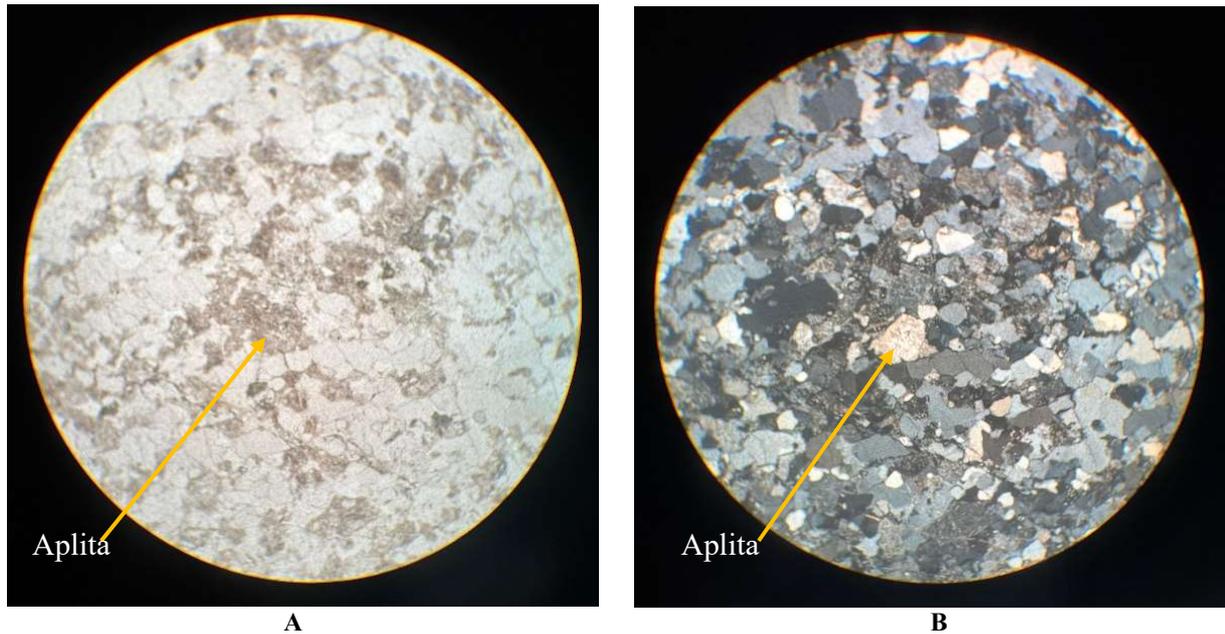


Figura 19. Sección delgada de roca granítica. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.

5.3.2. Lámina delgada H66-53

Las figuras 20 y 21 corresponden al pozo H-07, de una profundidad de 157.3 metros. En esta sección, se identifica un gneis con textura granolepidoblástica, caracterizado por una alineación pronunciada de cuarzo recristalizado en una dirección específica. Además, se observa feldespato potásico alterado entre medio, junto con una marcada esquistosidad. Se distinguen minerales de epidota, relictos de plagioclasas y una escasa presencia de moscovita, así como pequeñas venas rellenas de calcita.

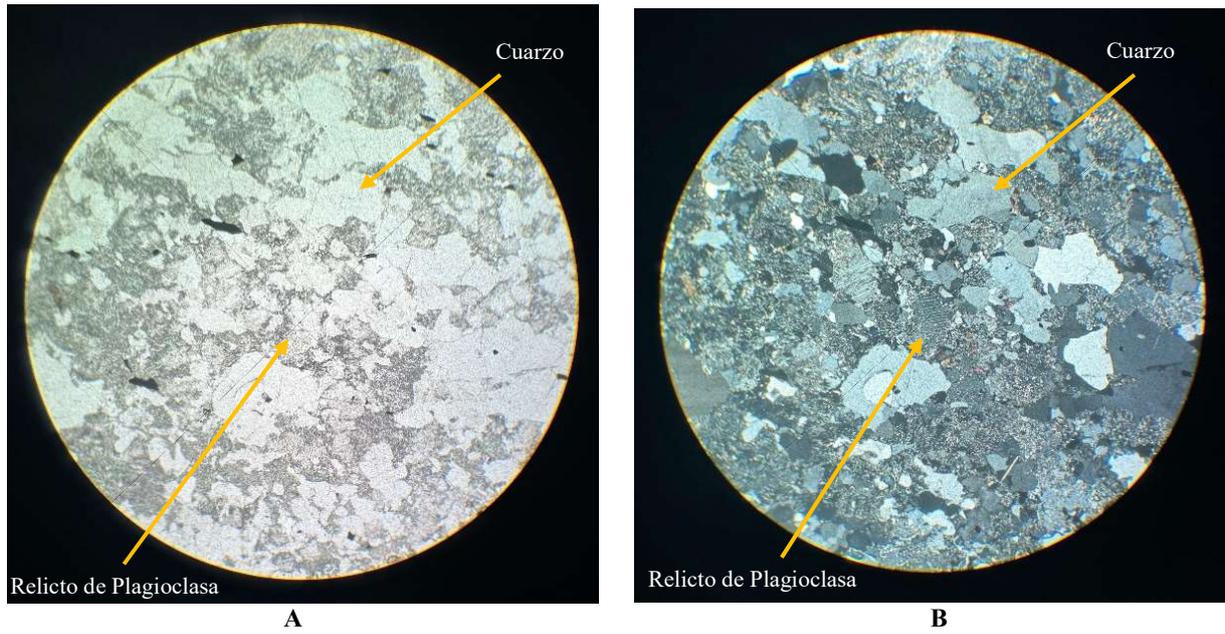


Figura 20. Sección delgada de Gneis. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.

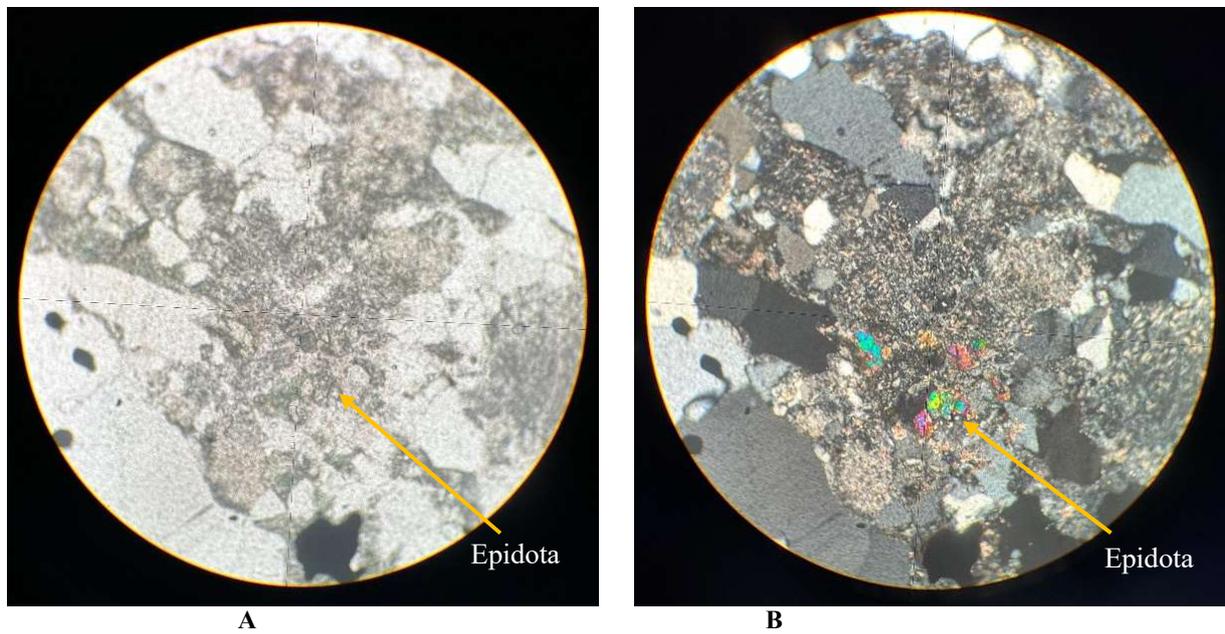


Figura 21. Sección delgada de Gneis. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.

5.3.3. Lámina delgada H67-14

Las figuras 22 y 23, corresponde al Pozo H-08, a una profundidad de 39.80 metros. Se trata de un mármol dolomítico de textura granolepidoblástica, donde la dolomita se encuentra alterada y presenta clivajes de carbonato, también se observa formación de talco, minerales accesorios de mica flogopita y minerales metálicos.

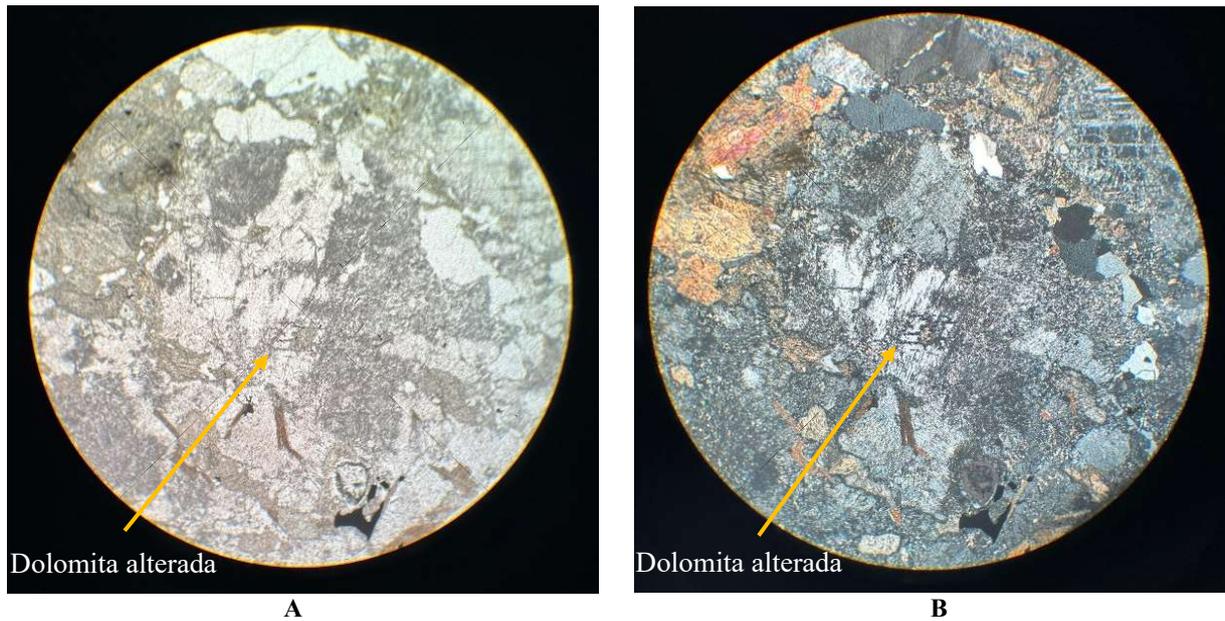


Figura 22. Sección delgada de mármol dolomítico. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x

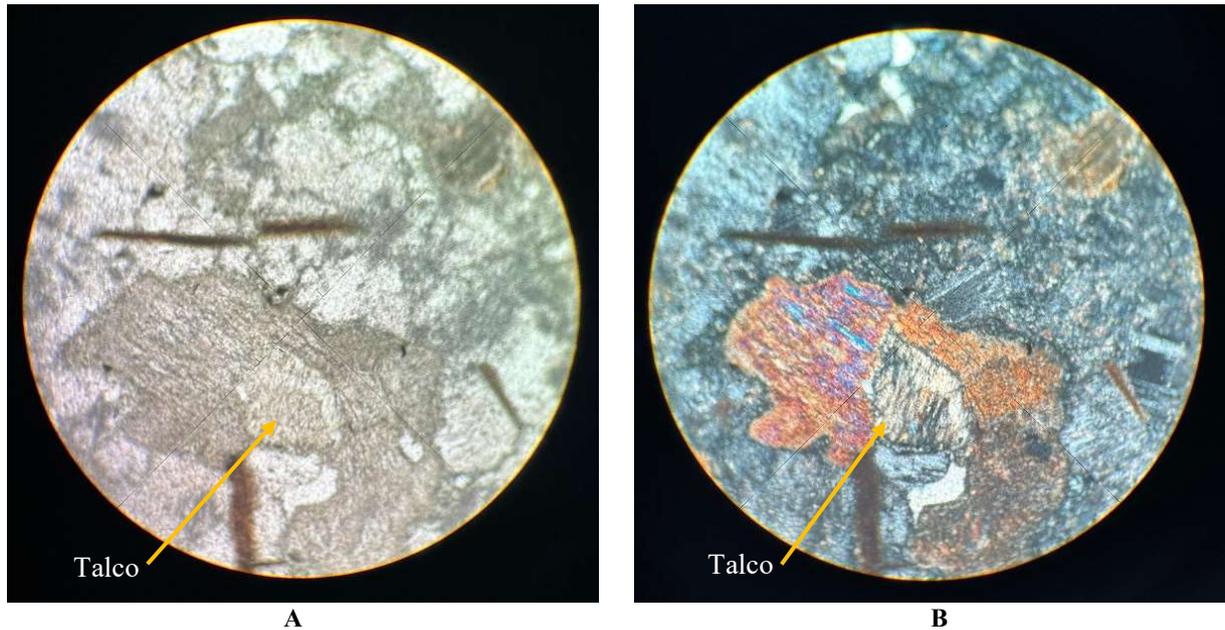


Figura 23. Sección delgada de mármol dolomítico. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 10x.

5.3.4. Lámina delgada H73-50

La figura 24 corresponde al Pozo H-10, a una profundidad de 149.60 metros, donde se observa una roca calcosilicatada con venas de calcita, de textura granonematoblástica. Destacan cristales grandes y numerosos de calcita, así como fracturas rellenas de carbonatos, minerales de wollastonita y escapolita, todas ellas en contacto con las venas de calcita.

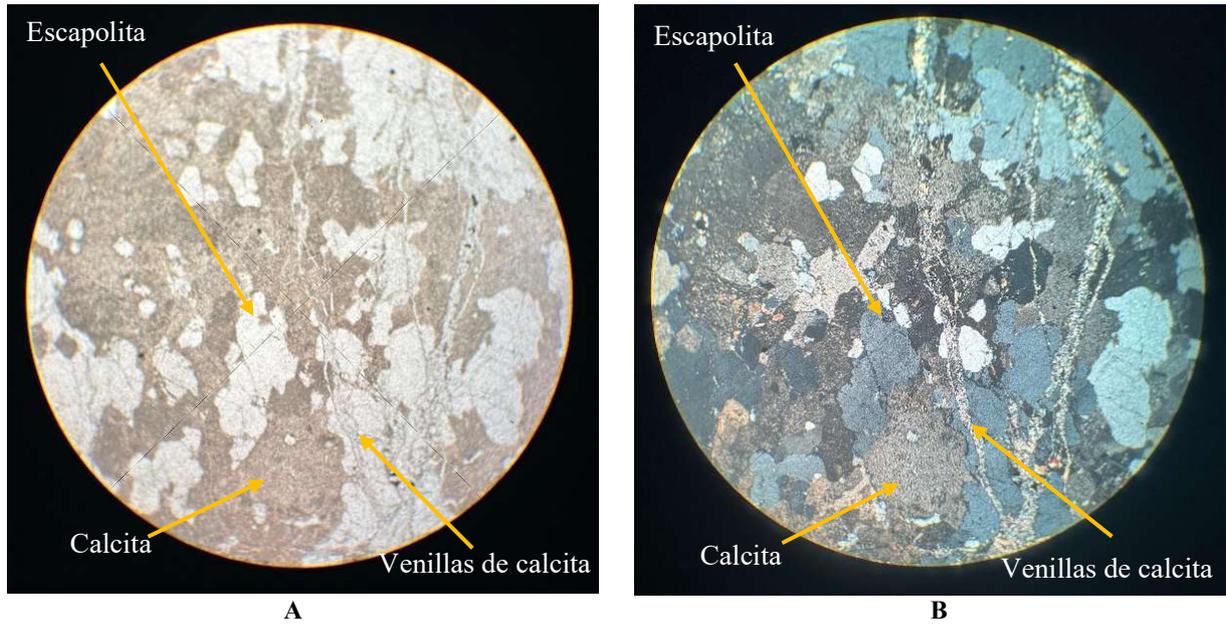


Figura 24. Sección delgada de Calcosilicatada con venas de calcita. A) Luz Natural, B) Luz Polarizada. Aumento 4x.

6. CONCLUSIONES

Se logró determinar la composición y las características del subsuelo del área de estudio. Se trata de una secuencia de alternancia de rocas calcosilicatadas, gneis con biotita y hornblenda constituyendo las rocas predominantes en el área de estudio, con intercalaciones menores de mármol dolomítico, anfibolita; estos conjuntos litológicos fueron intruídas por rocas graníticas de la Suite Magmática Caapucú de edad Neoproterozica (580-530 Ma).

Las relaciones de campo junto con las características megascópicas y microscópicas, indican que las rocas metasedimentarias representan parte de un protolito calcáreo y sedimentos siliciclásticos, los cuales fueron deformados y metamorfizados durante el ciclo Transamazónico en el Proterozoico Inferior-Medio (2000 ± 200 Ma). La presencia de minerales índice como wollastonita y escapolita, indican temperaturas cerca de $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el metamorfismo regional lo cual alcanzó facies de anfibolita. Además, se presentan evidencia de metamorfismo retrógrado con formación de epidota y talco (facies esquisto verde) relacionada a la etapa Postectónica del Ciclo Brasiliano. La foliación exhibe un patrón relativamente homogéneo con dirección NE-SW con buzamiento al NW. Segregación de minerales forma láminas y/o bandas de calcita y cuarzo.

La secuencia de rocas metamórficas consiste en una alternancia de mármoles, rocas calcosilicatadas, paragneis y ortogneis que contiene biotita y hornblenda que fueron intruidos por rocas graníticas. Sus protolitos corresponden a una sucesión sedimentaria conformada por carbonatos puros e impuros (suficiente para formar silicatos ricos en calcio y/o magnesio), alternando con material máfico de origen volcánico (anfibolitas).

Por sus relaciones de contactos concordantes y los cuerpos tabulares se sugiere que la anfibolita proviene del metamorfismo de rocas ígneas básicas que fue emplazado como sills. Estos sills, junto con los metasedimentos, posteriormente fueron metamorfizados dando como resultado las rocas metacarbonatadas y la anfibolita (de protolito ígneo).

Se logra observar que la roca gnéssica se muestra como una faja continua superficial, sin embargo, las rocas calcosilicatadas abarcan, con mayores espesores, gran parte del subsuelo estudiado. Complementan además intercalaciones importantes de rocas anfibolíticas interdigitadas

con las unidades litológicas predominantes. Cuerpos menores, pero lateralmente constantes, de rocas como gneis graníticos, granitos gnéisicos, granitoides, gneis de cuarzo y mica se muestra intercaladas, con diferentes espesores, con estas unidades metamórficas precedentemente citadas. Las rocas intrusivas de tipo granítico se encuentran distribuidas a diferentes profundidades, representando eventos magmáticos ácidos posteriores característicos de la Suite Caapucú.

Las fracturas, fallas, cizallamientos y plegamientos de las rocas observadas en afloramientos y en los testigos de perforaciones evidencian profusa actividad tectónica en el Cratón del Río Tebicuary.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chaney, R. Stanley, O., Franco, R. (1982). *Paso Pindó Area*. The Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC. Asunción.
- Cordani, U. G.; Cubas, N.; Sato, K.; Nutman, A. P.; González, M. E.; Presser, J. L. B.; 2001; *Geochronological constraints for the evolution of the metamorphic complex near the Tebicuary River, Southern Precambrian Region of Paraguay*; III SSAGI, 2001, Pucon - Chile. III Simposio Sudamericano de Geología Isotópica.
- Cubas, N. V., 1999. Consideraciones Geológicas sobre el Precámbrico Sur: Aspectos Estratigráficos, Tectónicos y Geocronológicos. Dirección de Recursos Minerales – MOPC.
- Cubas, N. V., Garcete, A, Meinhold, K. D., Benítez, J. C., Figueredo, L., González M. E., Burgaht, K. P, Höndorf, A., 1998. Mapa Geológico de la República del Paraguay, Escala 1:100.000, Hoja Villa Florida – Texto Explicativo. Archivo MOPC, Asunción.
- Cubas, N.; Ruiz, A.S. & Matos, J.B. (2018). *Faja Móvil Paraguari: una orogénesis Neoproterozoica en el Precámbrico Sur del Paraguay Oriental. II Jornadas Científicas sobre Geología del Paraguay y Ciencias Afines*; AGP, FACEN (UNA) San Lorenzo-Paraguay.
- Earth Explorer – USGS. <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- Eckel, E. B. (1959). *Geology and Mineral Resources of Paraguay- A Reconnaissance*. Geological Survey Professional Paper 327.
- Fúlfaro, V. J. (1996). *Geología del Paraguay Oriental*. Recuperado de: <https://www.geologiadelparaguay.com.py/Geolog%C3%ADa-del-Paraguay-Oriental.pdf>.
- Gómez Duarte, D.R.; 1.996; *Cuadro Estratigráfico de la Hoja Villa Florida – Una Propuesta en Base al Código Paraguayo de Nomenclatura Estratigráfica*; Cooperación Geológica Paraguay-Alemana, Dirección de Recursos Minerales, Minist. De Obras Púb. y Comun.; San Lorenzo; Paraguay.
- Harrington, H. (1950). *Geología del Paraguay Oriental*. Contribuciones Científicas Serie E Geología.

- Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Compendio Estadístico Ambiental*. INE.
- Kanzler A.; 1.987; *The Southern Precambrian in Paraguay – Geological Inventory and Age Relations*. - Zbl Geol. Palaont. Teil I, 1987 (7/8): 753-765; Stuttgart
- López, O., González, E., De Llamas, P., Molinas, A., Franco, E., Garcia, S. & Ríos, E. (1995). *Mapa de reconocimiento de suelos de ña Región Oriental*; Proyecto de racionalización del uso de la tierra
- Meinhold, K. D., Cubas, N., Garcete, A., 2011. *Mapa Geológico 1:250.000 del Complejo Precámbrico Sur del Paraguay – Texto explicativo*. Geologisches Jahrbuch. Regionale Geologie Ausland. Reihe B, Heft 100. Hannover.
- Orué, D. (1996). *Síntese da geologia do Paraguai Oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino asociado*. Tesis de Maestría. Recuperado de: <https://www.geologiadelparaguay.com.py/tesis.htm>.
- Proyecto PAR. (1986). Texto Explicativo del Mapa Geológico del Paraguay
- Putzer, H. (1962). *Die Geologie von Paraguay*. Gebruder Borntraeger.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). *Metodología de la investigación*.

ANEXOS

Anexo 1: Muestras del testigo de perforación del pozo H-07.



Muestras de los testigos, profundidad de 72.00 a 81.00 m. Al iniciar los 78.00 metros se observa una evidencia de posible pliegue.



Muestras de los testigos, profundidad de 117.00 a 126.00 m. Toma de muestra para lámina delgada a los 120.30 m aproximadamente.



Muestras de los testigos, profundidad de 153.00 a 162.00 m. Toma de muestra para lámina delgada a los 157.30 m aproximadamente.

Anexo 2: Muestras del testigo de perforación del pozo H-08.



Muestras de los testigos, profundidad de 36.00 a 45.00 m. Toma de muestra para lámina delgada a los 39.80 m aproximadamente.



Muestras de los testigos, profundidad de 144.00 a 153.00 m. Se observa calcosilicatada con fracturas rellenas de calcita.

Anexo 3: Muestras del testigo de perforación del pozo H-10



Muestras de los testigos, profundidad de 108.00 a 117.00 m. Calcita relleno de fracturas

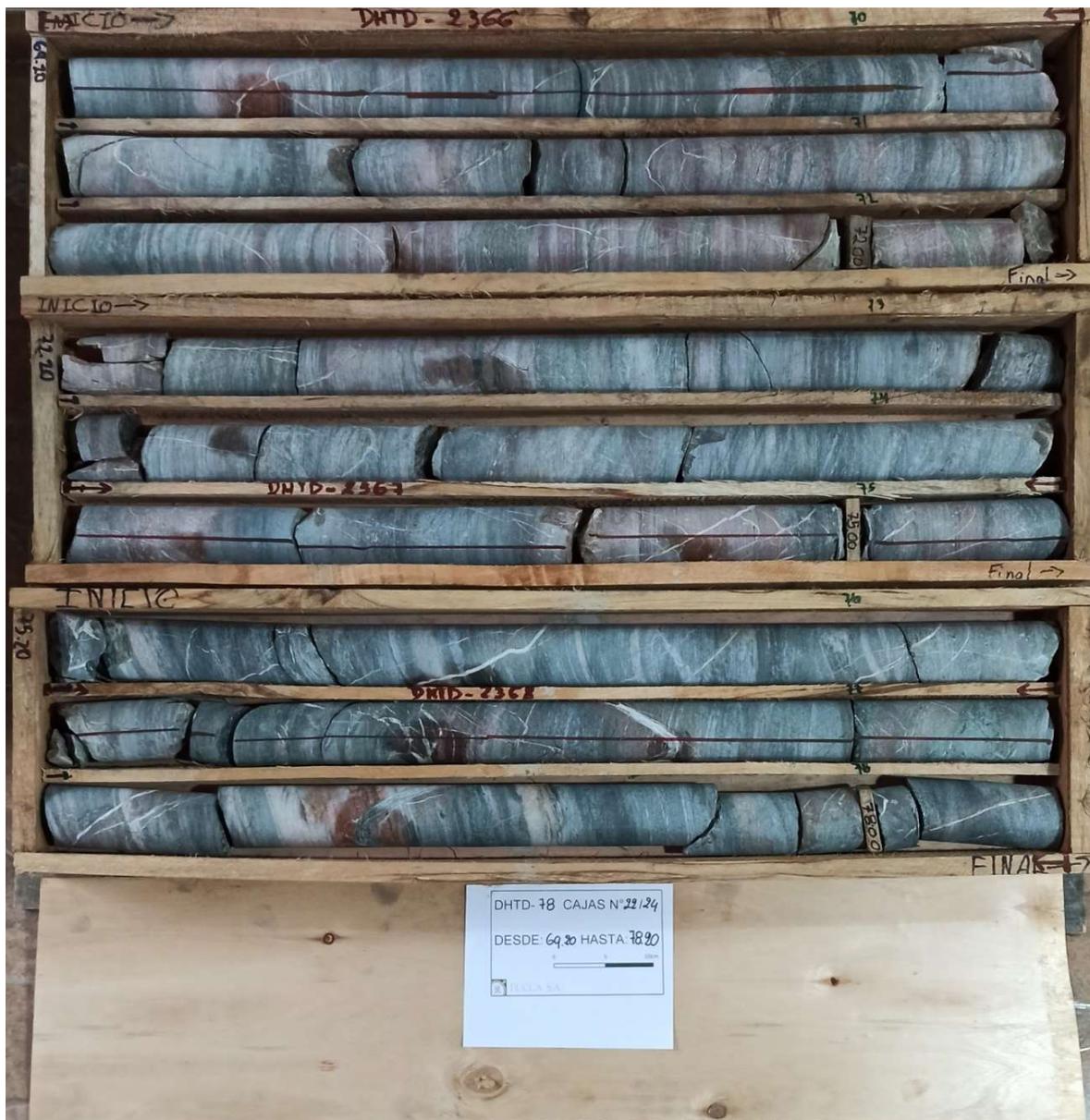


Muestras de los testigos, profundidad de 144.00 a 153.00 m. Toma de muestra para lámina delgada a los 149.60 m aproximadamente.

Anexo 4: Muestras del testigo de perforación del pozo H-12



Muestras de los testigos, profundidad de 51.20 a 60.20 m.



Muestras de los testigos, profundidad de 69.20 a 78.20 m.

Anexo 5: Muestras seleccionadas para elaboración de láminas delgadas



Muestra para lámina H66-41

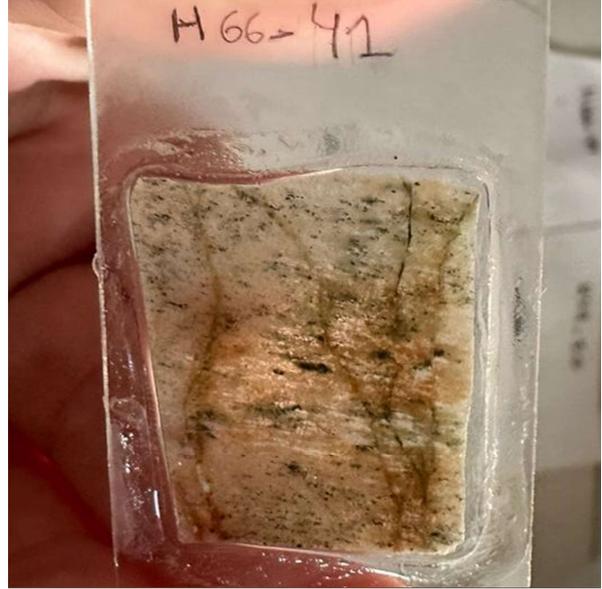


Lámina H66-41



Muestra para lámina H66-53



Lámina H66-53



Muestra para lámina H67-14



Lámina H67-14



Muestra para lámina H73-50

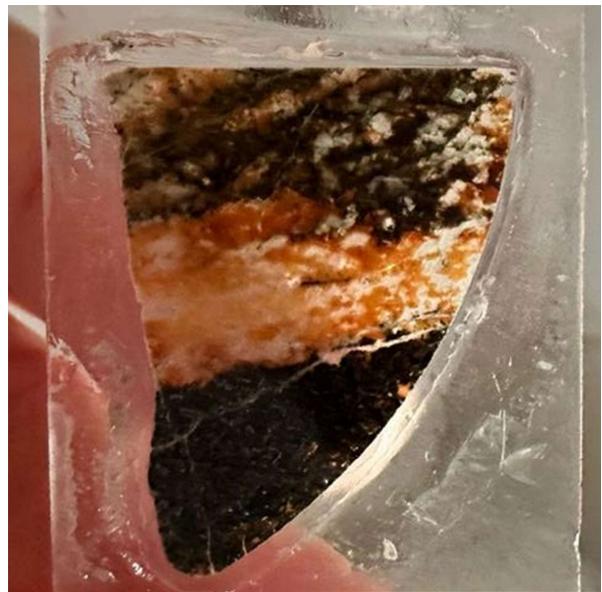
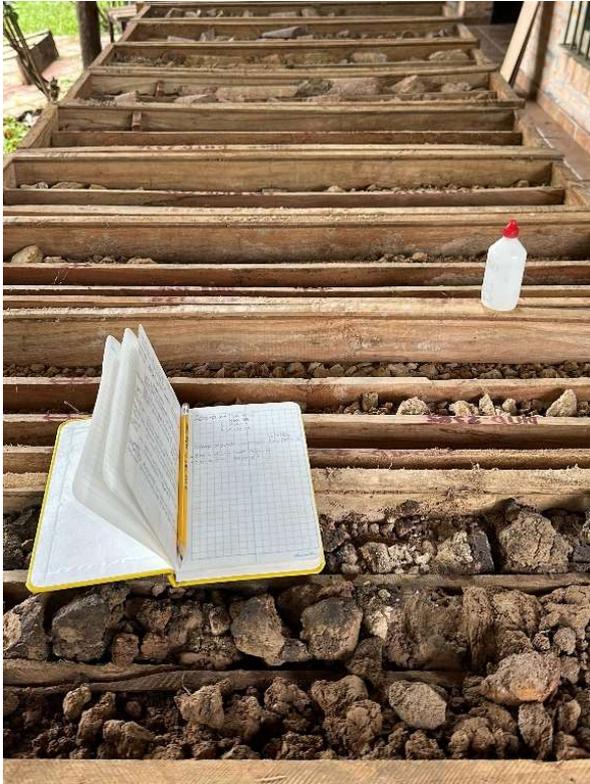


Lámina H73-50

Anexo 6: Descripciones petrográficas.



Descripción macroscópica



Descripción microscópica

Anexo 7: Trabajos para exponer cuerpos cuarcíferos. Gentileza de LUCCA S.A. Coordenadas: E: 493927 - N: 7067613



Asomo de un afloramiento de veta de cuarzo. Foto gentileza.



Inicio de trabajo de excavación para exponer cuerpos cuarcíferos. Foto gentileza.



Cuerpo cuarcífero mejor expuesto en una roca de caja gnéissica. Foto gentileza.