

**CARACTERIZACIÓN DE LA OCURRENCIA DE TALCO AL NORTE DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE MISIONES**

AMANDA VICTORIA CÉSPEDES AGUILAR

Trabajo de Grado presentada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención de Licenciada
Ciencias Mención Geología

ASUNCIÓN – PARAGUAY

JULIO 2013

**CARACTERIZACIÓN DE LA OCURRENCIA DE TALCO AL NORTE DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE MISIONES**

AMANDA VICTORIA CÉSPEDES AGUILAR

Orientadores: Prof. Lic. MSc. Geol. HIGINIO MORENO RESQUÍN
Prof. Lic. MSc. Geol. NARCISO CUBAS VILLALBA
Prof. Lic. Geol. ALFREDO GARCETE GORDILLO

Trabajo de Grado presentada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención de Licenciada
en Ciencias Mención Geología, Departamento de Geología

ASUNCIÓN – PARAGUAY
JULIO 2013

**CARACTERIZACIÓN DE LA OCURRENCIA DE TALCO AL NORTE DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE MISIONES**

AMANDA VICTORIA CÉSPEDES AGUILAR

Aprobado en fecha 5 de Julio de 2013

Comité Asesor del Trabajo de Grado:

Prof. Lic. MSc. Geol. Higinio Moreno Resquín	FACEN/UNA
Prof. Lic. MSc. Geol. Narciso Cubas Villalba	FACEN/UNA
Prof. Lic. MSc. Geol. Ángel María Spinzi Mendoca	FACEN/UNA

(Firma)

Prof. Higinio Moreno Resquín
Orientador

DEDICO

A Dios todo poderoso que con amor eterno me ha amado, me conoce desde antes que naciera y me ha dado fortaleza para llegar aquí.

A mis padres Virgilio Céspedes y Graciela Aguilar por darme su amor, apoyo incondicional y estar siempre ahí para mí, esto es para ustedes.

A mis hermanos Virgilio Céspedes, Claudia Céspedes y Silvia Céspedes los quiero mucho.

A mis amigos de la familia Benítez Silva, Delgado Reyes, Ruiz Díaz y a mis compañeros por su apoyo, consejos y compañía.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis agradecimientos a:

Prof. Lic. MSc. Geol. Higinio Moreno Resquín por toda la ayuda asesoría y orientación en la realización de mi trabajo de grado, muchas gracias.

Prof. Lic. MSc. Geol. Narciso Cubas por su apoyo, colaboración y orientación.

Prof. Lic. Geol. Alfredo Garcete por su colaboración y asesoría.

Prof. Lic. MSc. Geol. Ángel María Spinzi Mendonca por su colaboración y aporte.

Muchas Gracias.

CARACTERIZACIÓN DE LA OCURRENCIA DE TALCO AL NORTE DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE MISIONES

Autor: AMANDA VICTORIA CÉSPEDES AGUILAR
Orientador: Prof. Lic. MSc. Geol. HIGINIO MORENO RESQUÍN

RESUMEN

Este trabajo de grado es el resultado de investigaciones bibliográficas y de campo, realizado en el área de yacimiento del talco que se encuentra localizado en la Región Oriental del Paraguay, en el Departamento de Misiones, distante a unos 3 kilómetros al Norte del distrito de San Miguel. La ocurrencia de la mineralización del talco se encuentra asociada a la unidad perteneciente al Precámbrico Sur.

Se caracterizó la génesis del mineral talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) como una unidad litoestratigráfica perteneciente a la Suite Metamórfica Villa Florida del complejo Río Tebicuary, donde se presentan rocas metamórficas de edad Proterozoico medio a inferior afectados por metamorfismo regional de grado medio a alto; las mismas se hallan cubiertas en parte por depósitos recientes.

El trabajo se realizó en diferentes fases; inicialmente se ha realizado la recopilación de toda la información existente con respecto a la mineralización del talco y en base a esto se ha seleccionado y delimitado el área de estudio. El siguiente paso consistió en una visita al campo con el objetivo de reconocimiento y muestreo.

Finalmente se ha analizado las muestras geológicas tomadas en el campo y se presentó un resultado de dicho análisis.

**CHARACTERIZATION OF THE OCCURRENCE OF TALC
DISTRICT NORTH OF SAN MIGUEL, DEPARTMENT OF MISSIONS**

Author: AMANDA VICTORIA CÉSPEDES AGUILAR

Advisor: Prof. Lic. MSc. Geol. HIGINIO MORENO RESQUIN

SUMMARY

This degree work is the result of bibliographical and field research conducted in the talc deposit area which is located in the Eastern Region of Paraguay, in the department of Misiones, located about 3 kilometers north of the district of San Miguel. The occurrence of talc mineralization is associated with Precambrian unit of the South.

It marked the genesis of the mineral talc ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) as a lithostratigraphic unit belonging to the Metamorphic Suite Villa Florida complex Tebicuary River where metamorphic rocks are Mesoproterozoic age to less affected by regional metamorphism of medium to high degree, the same are covered in part by recent deposits.

The work was carried out in different phases initially made collecting all existing information regarding talc mineralization and on this basis has been selected and defined the study area. The next step was a visit to the country with the aim of recognizing and sampling.

Finally we have analyzed geological samples taken in the field and presented a result of this analysis.

TABLA DE CONTENIDO	
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION LITERARIA	5
Descripción del área de estudio.....	5
Suelo, Vegetación y Geomorfología	6
Antecedentes	7
Geología Regional.....	7
Estructuras de los Eventos Tectónicos	11
Geología del Área de Estudio	11
Formación de Yacimientos Minerales por Metamorfismo	13
Talco	13
Origen	14
Variedades del Talco	14
Formas del yacimiento.....	15
Extracción y Preparación.....	15
Empleo.....	15
Evaluación del Potencial del Yacimiento	16
Muestreo	16
Trabajos de exploración.....	17
Clasificación de reservas y recursos.....	18
Calculo de Ley de Corte	19
3 MATERIALES Y METODOS	22
Metodología de Trabajo.....	22
Descripción Macroscópica de las Rocas.....	23
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5 CONCLUSION	27
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 La ciudad de San Miguel, al norte del Departamento de Misiones.....	5
Figura 2 La ciudad de San Miguel, al norte del Departamento de Misiones extraído de Google Earth.....	6
Figura 3 Suelo arcillo-arenoso de color gris claro.	6
Figura 4 Vista panorámica de la vegetación existente en el área del yacimiento.....	7
Figura 5 .Mapa Geológico del Precámbrico Sur del Paraguay, extraído de Cubas et al. (1998).....	8
Figura 6 Yacimiento del mineral del talco al Norte de la ciudad de San Miguel.....	12
Figura 7 Mineral del talco.....	12
Figura 8 Contacto entre el conglomerado y el material hidrotermal.....	13
Figura 9: Muestra San Miguel N° 1.....	23
Figura 10: Muestra San Miguel N° 2.....	23
Figura 11: Muestra San Miguel N° 3.....	24
Figura 12: Muestra San Miguel N° 4.....	24
Figura 13: Muestra San Miguel N° 5.....	25
Figura 14: Muestra San Miguel N° 6.....	25

LISTA DE TABLAS

Cuadro 1: Columna Litoestratigráfica de Precámbrico Sur.....	10
Cuadro 2: Variables a considerar para el cálculo de la ley de corte.....	19
Cuadro 3: Evaluación de yacimiento.....	21

INTRODUCCIÓN

La minería, tanto de materiales metálicos como no metálicos en el Paraguay se caracteriza por su escasa a esporádica explotación a diferencia de los países vecinos que poseen una larga y continua tradición minera como Brasil, Chile, Argentina y Uruguay. Como antecedente histórico, en el Paraguay se realizaron una incipiente explotación de minerales de hierro en la Región Oriental que operó antes y durante la Guerra de la Triple Alianza entre los años 1855-1870 para la fabricación de armas y material bélico. Se trataba de la ocurrencia de reserva ubicadas en la zona de Caapucú y Mbuyapey, lugares de donde se extraían mineral hierro en forma de oligisto Fe_2O_3 , destruida posteriormente por los soldados de la coalición de tres países Brasil, Argentina y Uruguay. Según el VMME, en el 2001 fueron reactivadas a gran escala el inicio de concesiones a empresas capaces de invertir en exploración.

Actualmente se hace mucho énfasis a la prospección, exploración y explotación de minerales metálicos dejando de lado a los minerales no metálicos, los cuales deberían ser igual de prospectados, explorados y explotados debido al potencial económico que puedan generar. Este trabajo tiene como finalidad dar a conocer la característica de la génesis del mineral talco y la evaluación de la calidad mediante la toma de muestras y ensayos.

En la Región Oriental del Paraguay de acuerdo a investigaciones hechas por el programa de cooperación geológica MOPC – BGR, evidencian la mineralización del talco, el cual abarca un área de 10 km^2 , localizándose entre los paralelos $25^{\circ}50'$ – $26^{\circ}35'$ y meridianos $56^{\circ}55'$ – $57^{\circ}30'$ perteneciente al Precámbrico Sur, dentro del departamento de Misiones.

El talco ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), debe su origen al metamorfismo regional débil dentro de la facies de los esquistos verdes de las peridotitas y serpentinitas, (Heinrich, 1970); se lo conoce también como a un conjunto de materiales, minerales y rocas que tienen propiedades semejantes y usos industriales comunes, como por ejemplo la pirofilita, piedra jabón, arcilla talcosa. Cubas et al. (1998).

Se utiliza en diversas aplicaciones como ser: en forma de polvo como relleno en la fabricación de papel y cartulina, para lacas y pinturas, en la industria cerámica, como aditivo de gomas y plásticos. Por su resistencia a elevadas temperaturas se

utiliza en la fabricación de materiales termo resistente. También es la base de muchos polvos en la cosmética.

1.1 JUSTIFICACIÓN

El depósito de talco fue explotado en galerías subterráneas estimándose una producción total de 561 toneladas, entre los años 1963-1975 por la minera San Miguel.

En la zona de ocurrencia, el Proyecto Par 86/003 (1988) citado por Cubas et al (1998) realizó sondeos en un área de 10 km², en el cual calcularon una reserva de 80.0000 toneladas de talco.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de proveer información con respecto a la mineralización del talco, caracterizando la génesis del mineral y evaluando su calidad mediante ensayos realizados a las muestras tomadas en el campo. Dicha información podría ser útil para investigaciones futuras como prospección, exploración y explotación de dicho mineral.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Establecer las características y calidad del mineral talco que ocurre en el área del Precámbrico sur del Paraguay.

1.2.2 ESPECIFICO

- Delimitar el área de estudio.
- Caracterizar la génesis del mineral talco y las rocas asociadas.
- Evaluar mediante muestras y ensayos la calidad del mineral.

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra localizado en la Región Oriental del Paraguay, en el Departamento de Misiones fig. 1, a 177 kilómetros de la ciudad de Asunción coordinadas: Este: 49.5420 – Norte: 70.665, al Norte de la Ciudad de San Miguel como se observa en la fig. 2. El clima en la zona se caracteriza de subtropical húmedo, con temperaturas media entre 21° - 23°C. El periodo de lluvia es desde Octubre hasta Marzo.

La principal vía de acceso constituye la Ruta N° 1, Mariscal Francisco Solano López.

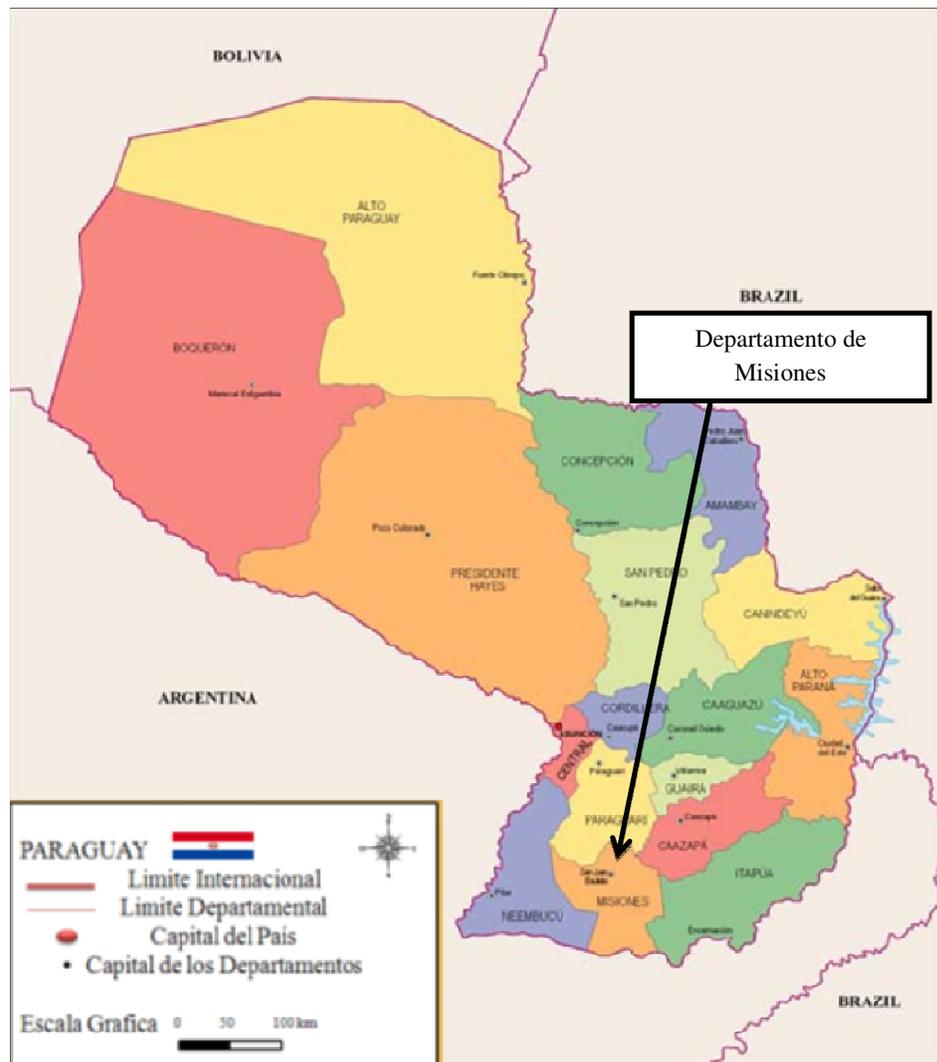


Figura 1: Mapa del Paraguay, extraído de DigiAtlas.com

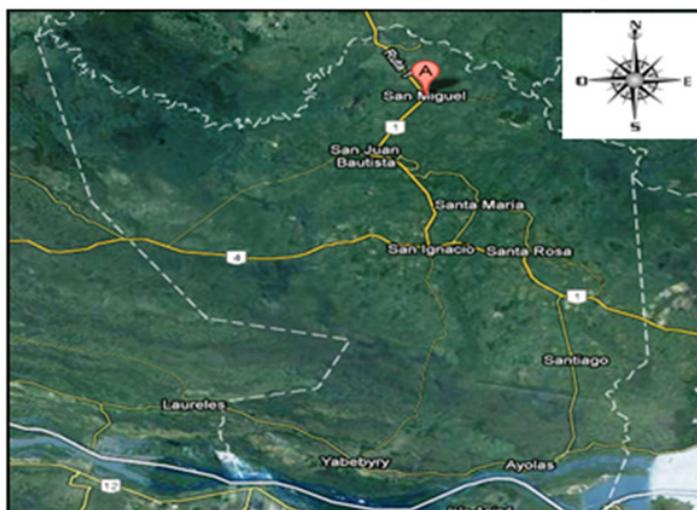


Figura 2: La ciudad de San Miguel, al norte del Departamento de Misiones, extraído de Google Earth

2.2 Suelo, Vegetación y Geomorfología.

El suelo del área de estudio según la Soil Taxonómica está clasificada en el Orden de un Alfisol, estos suelos por lo general presentan características de un horizonte argílico con saturación de base mayor a 35% fig. 3. (López et al. 1995).

El relieve se clasifica geomorfológicamente, como planicie de denudación, con un promedio de 100 – 150 m.s.n.m., cubiertas de pastizales naturales como se observa en la fig.4.



Figura 3 Suelo arcillo-arenoso de color gris claro.



Figura 4 Vista panorámica de la vegetación existente en el área del yacimiento

2.3 Antecedentes

La minera San Miguel explotó en galerías subterráneas el depósito de talco entre los años 1963-1975, estimándose una producción total de 561 toneladas de talco. Proyecto Par 86/003 (1988) citado por Cubas et al. (1998).

El Proyecto Par 86/003 (1988) realizó 10 sondeos rotativos en un área de 10 km² en la zona de ocurrencia, con la cual calcularon una reserva de 80.000 toneladas de talco, de las cuales unas 40.000 toneladas corresponden a talco puro y el resto es de material contaminado.

2.4 Geología Regional

El mineral talco se encuentra dentro del Precámbrico Sur, que está constituido por rocas Precámbricas que se extiende desde Quiindy hasta San Juan Bautista, el cual abarca un área 5500 km², representado por la Suite Magmática Caapucú y el complejo Río Tebicuary comprende la Suite Metamórfica Villa Florida y la Granodiorita de Centu Cué, Cubas et al. (1998). como se observa en la figura 5.

Rocas metamórficas afectadas por un metamorfismo de grado medio a alto dentro de la facies anfíbolita o granulita y acompañadas de fuerte deformaciones ocurrido durante el Ciclo Tectónico Trans-amazónico 2000 ± 200 Ma., se encuentran cerca de Villa Florida hasta San Juan Bautista (Lohse 1990 citado por Cubas et al. (1998)). Desde Villa Florida hasta Quiindy afloran rocas magmáticas de edad Brasiliana. (Cuadro 1)

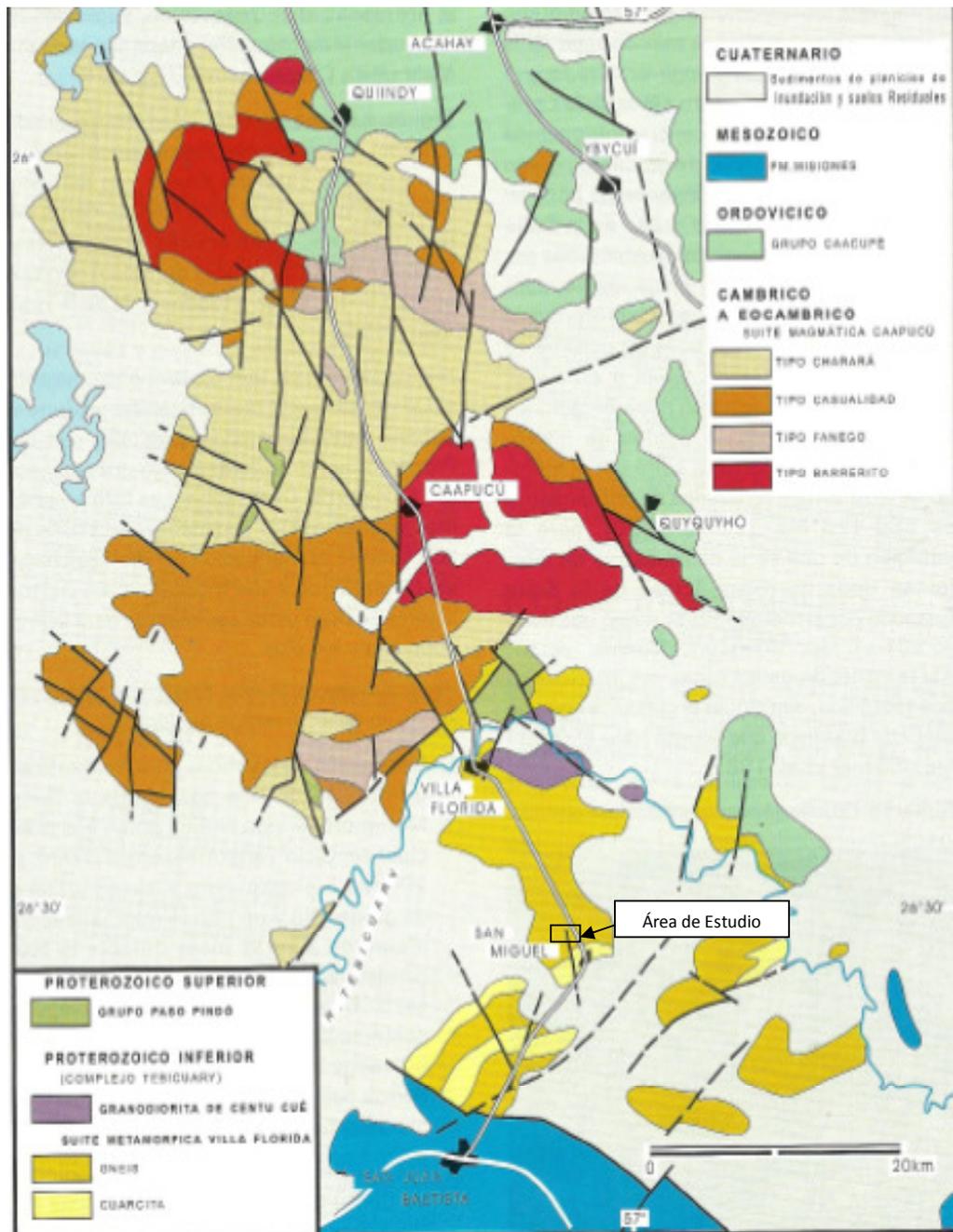


Figura 5 .Mapa Geológico del Precámbrico Sur del Paraguay, extraído de Cubas et al. (1998).

Las referencias bibliográficas que tratan sobre la geología del Precámbrico Sur del Paraguay citadas a continuación fueron adaptadas de Cubas et al (1998)

Beder (1921) clasificó como pórfido cuarcífero a las rocas asociadas al mineral de hierro de Caapucu, y menciona las localidades donde aflora este tipo de roca. Las rocas aflorantes a orillas del Arroyo Paso Pindó los denominó como

esquistos arcillosos de Paso Pindó, los mismo están cortados por vetas de aptitas y mineralizadas con hojas de oligisto.

Putzer (1962) describió los metasedimentos del Paso Pindó como arcosas y pizarras con un rumbo 175° y un buzamiento de 15° al E.

Comte y Hasui (1971) realizaron determinaciones de edad de las rocas ígneas ácidas de Caapucu y metamórficas de Villa Florida, resultando una edad Paleozoico Inferior (468 Ma.) y de edad del Proterozoico Superior-Eocámbrico (535Ma.) para las anfibolitas.

Palmieri y Velázquez (1982) estos autores reunieron a las rocas cristalinas del Precámbrico Sur bajo la denominación de Grupo Villa Florida, dividiéndola en dos Formaciones: San Miguel, constituido principalmente de rocas metamórficas derivadas de rocas sedimentarias y atribuyéndole una edad Proterozoico Inferior y Caapucú, que se encuentra intruyendo a las rocas metamórficas, con tipos litológicos representados por granitos, pórfidos, riolitas y pegmatitas de edad Precámbrica Superior.

Bitschene y Lippolt (1986) analizaron petrográficamente, geoquímicamente y geocronológicamente, algunas de las muestras de rocas del basamento cristalino del Centro y Sur de la región Oriental del Paraguay y el resultado del análisis geocronológico dio una edad de 544 ± 11 Ma. para el granito de la cantera de Caapucú.

Proyecto Par 83/005 (1986) realizo un mapa geológico del Paraguay en escala 1:1.000.000, donde se denominó Alto de Caapucú a los afloramientos de rocas cristalinas que se inician entre Carapegua – Quiindy al N, dirigiéndose al S hasta San Miguel. También durante la elaboración de este proyecto se investigó las ocurrencias de talco al N de San Miguel y de pirofilita en Charará.

Kanzler (1987) basadas en evidencias litológicas, dividió las ocurrencias de las rocas cristalinas en tres zonas; la zona 1 corresponde a la Proción N del Río Tebicuary, donde afloran principalmente rocas magmáticas de la Suite Caapucú; a la zona 2 denomino como área de fractura alrededor de Villa Florida y ocurren asociados rocas metamórficas; y la zona 3 abarca la porción S de Villa Florida y su extensión hasta cerca de San Juan Bautista con rocas metamórficas del Complejo Río Tebicuary.

Orué (1996) realizó una síntesis estratigráfica y tectónica, basándose fundamentalmente en una amplia revisión del conjunto de rocas que comprende la faja occidental de la Cuenca Paraná.

ERA	PERIODO	CICLO TERMOTECTÓNICO	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	FORMACIÓN, TIPO DE ROCA	LITOLÓGÍA
PROTEROZOICO	CAMBRICO a PROTEROZOICO SUPERIOR	BRASILIANO (700 – 450Ma.)	Suite Magmática Caapucú (531 ±5 Ma)	Tipo Charará	<ul style="list-style-type: none"> - Lava tobácea, ignimbrita, riolita, riolacita. - Pórfido de granito/riolita con matriz idiomórfica, granito aplítico, microgranito. - Pórfido de granito/riolita con matriz xenomórfica. - Granito grueso, en partes porfírico
	Tipo Casualidad				
	Tipo Fanego				
	Tipo Barrerito				
PROTEROZOICO SUPERIOR		Grupo Paso Pindó (>590 Ma)	Fm. Cristo redentor	<ul style="list-style-type: none"> Meta-lutita con meta-tufita, corneana y meta-arenisca subordinada. Meta-arenisca, meta-grauwaca y meta-arcosa. Meta-conglomerado, meta-arenisca, y meta-arcosa con meta-lutita subordinada. 	
Fm. Paso Lima					
			Fm. Las Mercedes (facies de esquistos verdes)		
MESO-PROTEROZOICO					
PROTEROZOICO INFERIOR		TRANS-AMAZÓNICO	(Complejo Río Tebicuary) (2000 ± 200 Ma)	Granodiorita de Centu Cué	Granodiorita migmática de biotita y hornblenda con grandes porfiroblastos de feldespato
				Suite Metamórfica Villa Florida (facies de anfibolita)	Orto- y para-gneis intercalado con esquistos de mica, mármol, calcosilicatada, cuarcita, cuarcita de hierro, anfibolita, esquistos de talco, serpentinita, intruido por diques de cuarzo, pegmatoides y granito aplítico

Cuadro 1: Columna Litoestratigráfica del Precámbrico Sur, adaptado de Cubas et al. (1998)

2.5 Estructuras de los Eventos Tectónicos

El Precámbrico Sur fue sujeta a intensa deformación y metamorfismo durante el evento tectónico del ciclo Tras-amazónico, deformación y magmatismo en el Ciclo Brasileño.

➤ Ciclo Tectónico Trans-amazónico 2000 ± 200 Ma., metamorfismos de alto grado y las rocas preexistentes fueron sometidas a una deformación que formaron la primera esquistosidad que fue plegada formando la lineación dada por la presencia de minerales alargados y por la intersección de las esquistosidades paralelas a los planos axiales de los pliegues durante la deformación principal.

La segunda esquistosidad de dirección NE-SW e inclinación casi vertical desarrollada en la Suite Villa Florida esta asociados a la etapa de plegamiento durante la deformación principal de este Ciclo. Esta deformación ha permitido la formación de pliegues de dirección NE-SW que afectaron las estructuras preexistente y a los diques.

➤ Ciclo Brasileño 570 ± 150 Ma., los sedimentos del Grupo Paso Pindó fueron deformados, metamorfizados y plegados durante la fase principal de deformación del Ciclo Brasileño, también hubo desarrollo de esquistosidad y lineación de minerales en la metalutita. El elemento estructural principal es la estratificación de los sedimentos; estos normalmente están plegados en forma de pliegues suaves con ejes de dirección NW-SE, más o menos horizontales. Hubo desarrollo de una esquistosidad transversal durante el plegamiento; además el Complejo Tebicuary en contacto con el Grupo Paso Pindó sufrió una deformación superpuesta por el plegamiento. (Cubas, et al, 1998).

2.6 Geología del Área de Estudio

El talco debe su origen al metamorfismo regional débil (facies de los esquistos verdes) de las peridotitas y serpentinitas. La presencia de anfíboles indica una intensidad algo mayor del metamorfismo.

Harrington (1950), encontró una ocurrencia restringida de gneis granítico y esquistos micáceos, con finas intercalaciones de mármol, en las cercanías de la ciudad de San Miguel.

Eckel (1959) citado por Cubas et al (1998), cerca del área de estudio reconoció varios tipos de rocas: cuarcitas, esquistos de mica y gneis de rumbo NE-SW buzando al NW, instruidos por granitos, pegmatitas, aplitas y rocas ultrabásicas.

En la zona de ocurrencia, se puede comprobar que la mineralización del talco se trata de un cuerpo alargado en dirección NE-SW con buzamiento al NW, formado en una zona de contacto entre roca ultrabásica y leucocrática, (posiblemente gneis).



Figura 6: Yacimiento del mineral del talco al Norte de la ciudad de San Miguel



Figura 7: Mineral del talco.



Figura 8: Contacto entre el conglomerado y el material hidrotermal.

2.7 Formación de Yacimientos Minerales por Metamorfismo.

Los procesos metamórficos alteran profundamente los depósitos minerales preexistentes y forma otros nuevos. Los principales agente que interviene son el calor, la presión y el agua. Las sustancias sobre las que actúan son yacimientos minerales formados anteriormente o bien rocas. A partir de estas últimas se forman depósitos valiosos de minerales no metálicos, principalmente por recristalización y recombinación de los minerales que integran las rocas. (Bateman, 1982)

Como resultado de metamorfismo regional se originan diversos tipos de depósitos minerales no metálicos. Los materiales originarios son los constituyentes de las rocas que han sufrido una recristalización o recombinación, o ambas cosas a la vez. En pocas ocasiones se ha añadido anhídrido carbónico o agua, pero no se introducen otros nuevos constituyentes como ocurre en los depósitos metasomáticos de contacto. Las rocas que encierran los depósitos son metamorfoseados totalmente o en parte; el metamorfismo de la roca es lo que ha dado origen a los yacimientos. Los principales minerales formados de este modo son: asbesto, grafito, talco, esteatita, andalucita-sillimanita-cianita, granate y posiblemente algo de esmeril. (Bateman, 1982).

2.8 Talco

El talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$), es un producto de la transformación de los minerales magnésicos primario o secundario de las rocas, probablemente deriva de la palabra árabe talk. Es el resultado del metamorfismo hidrotermal, pero nunca por meteorización. Es raro en los yacimientos metálicos.

Es producto de la transformación de la caliza, por entrada de silicatos de magnesio, tales como olivino, piroxeno y anfíboles, por descomposición termal de los mismos, y puede ser pseudomórfico de estos minerales. En las rocas ígneas se presentan, debido a la transformación de dichos silicatos especialmente en peridotitas y piroxenitas, pero es más característico de las rocas metamórficas, donde en forma granular a criptocristalina, la esteatita forma casi por completo la masa rocosa, también se encuentra como un elemento importante de los esquistos. (Cornelius, 1981).

Se forma en gran parte a partir de otros minerales que a su vez representan productos de transformación de minerales primarios. Cuando está presente en la serpentinita no se formó como resultado de la serpentización, sino por procesos posteriores no relacionados con aquel proceso, por medio de los cuales la serpentina fue substituida por el talco. Gillson mencionado en Bateman (1982) afirma que el talco en rocas con serpentina es pseudomórfico de actinolita, o de la clorita que substituyo a la biotita. Su orientación al azar sugiere que no puede haberse formado tan solo por un metamorfismo dinámico.

2.9 Origen

Lindgren mencionado por Bateman (1982) afirma que puede haber sido formado a partir de cualquier anfíbol o piroxeno magnésico activado por CO₂ y H₂O según la siguiente reacción: $4 \text{SiO}_3 \text{Mg} + \text{H}_2\text{O} = \text{Si}_4\text{O}_{12}\text{H}_2\text{Mg}_3 + \text{CO}_3\text{Mg}$

Así se origina en: a) calizas metamórficas regionales, b) rocas ígneas ultrabásicas alteradas y c) zonas metamórficas de contacto adyacente a rocas ígneas básicas. El talco es siempre el último en la secuencia mineral.

2.10 Variedades del talco

Existen dos variedades:

Pizarra talcosa: es el mineral puro, blanco y cuyas hojas pueden ser extraordinariamente finas, se conoce en el comercio con el nombre de talco, esta variedad es mucho más frecuente.

Esteatita: es el nombre con que se designa una variedad compacta y en masa, es una roca blanda compuesta esencialmente por talco, pero que tiene también clorita, serpentina, magnesita, antigorita y enstatita, y tal vez algo de cuarzo, magnetita o pirita. Es una roca talcosa impura, de fractura astillosa y compacta que

puede ser extraída y aserrada en grandes bloques, Petrascheck, (1965) Bateman, (1982).

2.11 Formas del yacimiento

Los depósitos comerciales de talco y esteatita se halla en intrusiones ultrabásicas metamorfozadas o calizas dolomíticas. Así, están restringidas a las zonas metamórficas, y confinadas en gran parte al Precámbrico. La mejor calidad de talco procede de las calizas dolomíticas metamórficas, y generalmente está asociado a la tremolita, actinolita y minerales relacionados con estas. Estos depósitos son generalmente lenticulares y en capas. (Bateman, 1982)

El talco se encuentra también, intercalado en esquistos y gneis, originado según se supone por reemplazamientos.

Los depósitos existentes en masas ultrabásicas y asociados con la mismas son más numerosos pero menores que los existentes en las calizas. Se encuentra asociado a la serpentinita, cuya formación precedió a la del talco. (Bateman, 1982)

En las canteras el talco puede estar localizado a lo largo de las charnelas, puede yacer en capas de esquistos alternado con calizas, asociado con la tremolita y estatita, de cuyas masas evidentemente ha derivado, y zonas graníticas, como producto de descomposición. (Cornelius, 1981).

Los yacimientos ligados a la caliza, son en la mayoría de los casos, más puros que aquellos relacionados con las rocas anfibolíticas. Petrascheck, (1965).

La esteatita, puede originarse en la aureola de contacto de un granito al atravesar la dolomita y forma grandes masas irregulares.

2.12 Extracción y Preparación

El talco se extrae mediante procedimientos subterráneos y de cantera, y el jabón de sastre se extrae en grandes bloques. El talco es molido en seco y separado por aire, y se le pulveriza hasta un grado muy fino. El talco cosmético es seleccionado y tamizado a mano, molido muy finamente y pasado a través de una tela de seda.

2.13 Empleo

Grandes cantidades de talco en polvo se emplean en pintura, tejas, papel, industrias de la goma y en cerámica para hacer talco calcinado, que es más duro que el acero. También como polvo de talco, jaboncillo, para los sastres, y pizarrín. Un

pequeño porcentaje del talco producido se corta y se emplea para superficies de mesas, cuadros eléctricos y artefactos sanitarios, puede ser labrado y fileteado para su empleo en espitas de gas, refractarios y puede ser tallado en pequeños objetos. La esteatita tiene como principal empleo; tableros de distribución desagüe, embrochado. Cornelius (1981) Petrascheck (1965) Bateman (1982).

2.14 Evaluación del Potencial del Yacimiento

2.14.1 Muestreo

El muestreo es la primera fase involucrada en los procesos de evaluación del yacimiento y la que va a condicionar, en gran parte, la viabilidad económica de la explotación.

“Si las muestras no son representativas del yacimiento, el resto de la evaluación carece de interés”.

La muestra es “una relativamente pequeña cantidad de material, tomada de acuerdo con un procedimiento sistemático y debe ser representativa para la obtención de información del conjunto total: el yacimiento.

La representatividad de una determinada muestra viene condicionada por la heterogeneidad de la masa primaria. La heterogeneidad se puede manifestar, básicamente, de formas diferentes:

1. En la textura de la mineralización, pues una mena de tamaño grueso, a igual ley, es más heterogénea que una fina y
2. En la composición mineralógica, ya que la homogeneidad es menor, a igual ley, en aquellos minerales que poseen un porcentaje más elevado en la fase de interés económico.

La toma de muestras, en el yacimiento, debe llevarse a cabo en diferentes estadios a lo largo de los procesos de exploración, evaluación y explotación.

Fase de exploración, el muestreo tiene como objetivo primordial el análisis de los testigos de los sondeos, con el fin de evaluar las intersecciones de mineral comúnmente muy separadas entre sí. De esta forma, se tendrá leyes y espesores in-situ, pero se obtendría poca información sobre la continuidad de la mineralización potencialmente económica y prácticamente, ninguna sobre las restricciones desde el punto de vista minero. Una vez que el proyecto minero tiene posibilidades de llevarse adelante, en la fase de evaluación se cierra la malla de sondeos y se obtiene

un número mucho mayor de muestras, lo que permite matizar los datos obtenidos en la fase de exploración, generándose un mayor grado de precisión en la estimación.

Durante la fase previa a la explotación, si ésta se va a llevar a cabo, el muestreo tiene como objetivos establecer ensayos sobre muro y techo de las galerías, en caso de que el método de explotación sea subterráneo, teniendo muy en cuenta, no sólo la mineralización, sino también la dilución potencial por material estéril o de baja ley. El muestreo, por ello, es mucho más intenso en esta fase, obteniéndose datos para establecer bloques individuales de explotación, zonas internas de baja ley o estéril, áreas de diferente comportamiento mineralógico, etc. También puede servir para definir zonas que contienen elementos que pueden actuar como subproductos.

Fase de explotación, el muestreo debe realizarse para establecer los controles de leyes, cuyos objetivos pueden variar: en comparación con los modelos de estimación previos, agotamiento de zonas, presencia de áreas de baja ley, etc. También se debe llevar a cabo, en zonas limítrofes al yacimiento delimitado, con el objetivo de ampliar las reservas existentes, lo que produce un aumento de la vida de la explotación minera y, con ello, una mejor amortización de las inversiones. Las investigaciones a realizarse en las muestras obtenidas deben ser de análisis químicos para el cálculo de leyes, son los que van a definir si la mineralización tiene el suficiente valor económico como para que sea viable continuar con el proyecto minero, análisis físicos y/o tecnológicos.

La toma de muestras no debe ser la única labor a llevarse a cabo con los sondeos, pues el esfuerzo en dinero y tiempo, para su realización, hace imprescindible la obtención de la máxima información posible. Por ello, aspectos tales como el manejo de los testigos (extracción, disposición en cajas, transporte y almacenamiento), testificación detallada, etc., deben realizarse de forma completa y adecuada. En el log, la hoja de testificación, deben figurar todos aquellos datos que se consideran, imprescindibles para una correcta testificación del sondeo.

2.14.2 Trabajos de exploración

Los trabajos de exploración que permitirán evaluar Reservas Probadas, Probables y Posibles, y deberán realizarse son:

- Exploración Preliminar: el cateo es realizado en terreno con una malla de 400 X 400 metros, con la información recopilada se genera la primera evaluación de reservas Inferidas o Posibles.
- Exploración de reconocimiento: una vez evaluadas las reservas, utilizando el cateo preliminar, se realiza una malla menor, con la finalidad de obtener mayor información de leyes y espesores, para realizar este cateo se trabaja con mallas de 100 X 100 metros. Con esta información se tienen las reservas Indicadas o Probables.
- Exploración de control: con la finalidad de asegurar los sectores a explotar se divide el terreno en áreas aún más pequeñas por explorar, conformando mallas demarcadas de 33 X 33 metros, con esta información se logra realizar una evaluación certera de leyes y espesores de explotación y como se encuentran distribuidos, para que sea factible su explotación.

2.14.3 Clasificación de reservas y recursos

La segunda fase a tener en cuenta para la evaluación del yacimiento es la clasificación de Recursos y Reservas teniendo en cuenta las condiciones económicas del mercado y el nivel tecnológico de la industria.

Recurso Mineral: es el volumen de la roca mineralizada donde debe ser conocido con cierto grado de certeza su ley, calidad y cantidad con interés económico intrínseco para su explotación.

Recurso Indicado: parte del yacimiento, estimado en cantidad y ley, para el cual la continuidad y la ley conjuntamente con su extensión y forma están tan bien establecidas que se podría hacer una estimación confiable en ley y tonelaje. En los recursos indicados es fundamental contar con información geológica que deje bien establecida la continuidad de las zonas mineralizadas.

Recurso Medido: es la cantidad estimada y ley, de la parte del yacimiento en el cual el tamaño, configuración y ley deben estar bien establecidos por observación y muestreo de afloramientos.

Reservas: parte del recurso que debe ser explotada legalmente y con utilidades económicas. La viabilidad económica debe ser demostrada al menos con un estudio preliminar de factibilidad y debe estar basada en Recursos Indicados y Medidos.

Reserva Posible: cantidad y ley estimada de una parte del Recurso Inferido que es determinado a partir de un muestreo limitado para el cual la geología, continuidad de ley, y parámetros de operación están basadas en interpretaciones. Una Reserva Posible no debe ser considerada sola y debe ser una extensión a Reservas Probables, no puede ser usada en un análisis económico o de factibilidad.

Reserva Probable: cantidad y ley estimada del Recurso Indicado para el cual la factibilidad económica debe ser demostrada.

Reservas Probadas: la cantidad y ley de una parte del Recurso Medido donde el tamaño, ley y distribución de valores, junto con factores técnicos y económicos, deben estar bien establecidos que existe el mayor grado de confianza en la estimación. Es recomendable tener reservas Probadas por lo menos para un año de explotación, con lo cual se asegura una mejor planificación de la explotación en cuanto a tonelajes y leyes.

2.14.4 Cálculo de Ley de Corte

La ley de corte es el grado mínimo de concentración, para que la explotación se rentable. Beneficio = Ingresos – Costos. Para ello se debe tener en cuenta el siguiente cálculo.

X	Toneladas caliche cargadas a pilas	Tons
x	Costo de movimiento de material	US\$/tons
Lc	Ley de corte	Ppm
Y	Fino a tratar en lixiviación	Tons
y	Costo asociado a lixiviar una tonelada de fino	US\$/tons
RLx	Rendimiento de Lixiviación	%
Z	Fino a tratar en Planta Química	tons
z	Costo asociado a tratar una tonelada de fino en Planta Química	US\$/tons
Rpta	Rendimiento Planta Química	%
V	Fino a Refinar	tons
v	Costo asociado a refinar una tonelada de fino	US\$/tons
Rref	Rendimiento Refinadora	%
W	Otros costos (Servicios, Agotamiento de reservas, Ventas)	US\$/tons

Cuadro 2: Variables a considerar para el cálculo de la ley de corte

Definiciones

$$Y = \frac{XXL}{1.000.000} \quad (\text{tons})$$

$$Z = YXRL_x = \frac{XXL}{1.000.000} \times RL_x \quad (\text{tons})$$

$$V = ZXR_{pta} = \frac{XXL}{1.000.000} \times XRL_x \times XR_{pta} \quad (\text{tons})$$

Si consideramos $L = L_c$

$$V = ZXR_{pta} = \frac{XXL_c}{1.000.000} \times XRL_x \times XR_{pta} \quad (\text{tons})$$

$$\text{Fino producido} = \frac{XXL_c}{1.000.000} \times XRL_x \times XR_{pta} \times XR_{ref} \quad (\text{tons})$$

$$\text{Ingresos} = \text{fino producido (tons)} \times \text{Precio de venta (US$/tons)} \quad (\text{US\$})$$

$$\text{Ingresos} = \frac{XXL_c}{1.000.000} \times XRL_x \times XR_{pta} \times XR_{ref} \times XP_v \quad (\text{US\$})$$

Costo del fino producido

$$\text{Costo} = XX_x + YX_y + ZX_z + VX_v + W \quad (\text{US\$})$$

$\text{Beneficio} = \text{Ingreso} - \text{Costo}$
--

Beneficio = 0, Luego, Ingreso = Costo, es decir

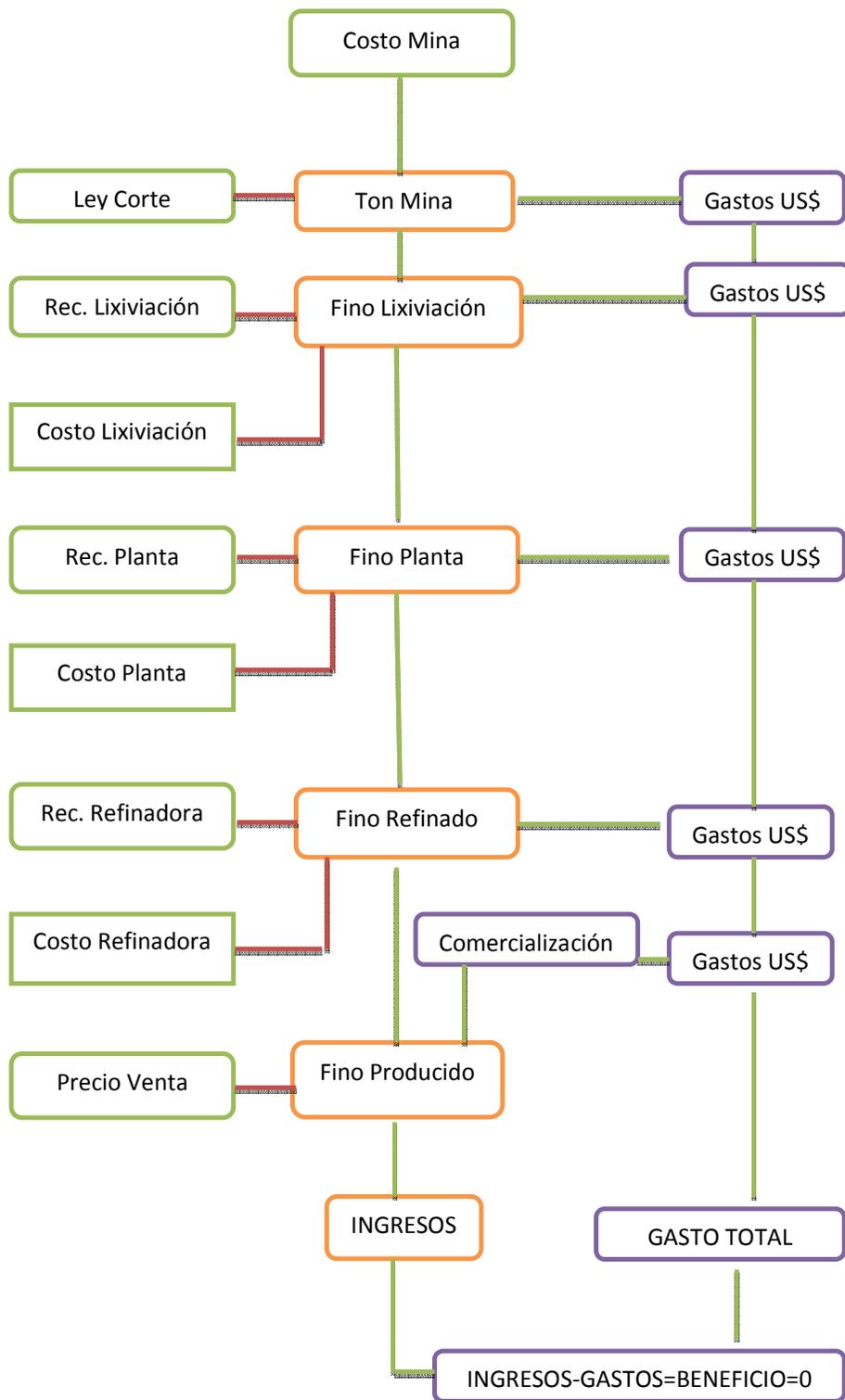
$$\frac{XXL_c}{1.000.000} \times XRL_x \times XR_{pta} \times XR_{ref} \times XP_v = XX_x + YX_y + ZX_z + VX_v + W$$

F = factor de rendimiento global del proceso

$$\text{Factor (F)} = \frac{RL_x \times XR_{pta} \times XR_{ref}}{XXL_c / 1.000.000}$$

$$\frac{XXL_c}{1.000.000} \times F \times XP_v = XX_x + YX_y + ZX_z + VX_v + W$$

$$L_c = \frac{(XX_x + W) \times 1.000.000}{XX(F \times XP_v - y - RL_x X_z - RL_x XR_{pta} X_v)} \quad (\text{ppm})$$



Cuadro 3: Evaluación de yacimiento

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Metodología de Trabajo

La investigación para el presente trabajo de grado se enmarco dentro de los siguientes aspectos: documental, de campo y experimental, siguiendo la siguiente metodología.

La recopilación bibliográfica constituye el punto de partida de este trabajo de investigación. Se consultaron trabajos previos orientados al conocimiento de la geología regional, geología local y otras generalidades concernientes al área de estudio como informes técnicos, mapas y cartas topográficas, que son de vital importancia para el análisis e interpretación del estudio geológico, debido a que proporciona información sobre las vías de acceso, formas de relieve, estructuras geológicas, geología regional y geología local.

Basado en salidas al campo para la obtención de información preliminar sobre las características macroscópicas del afloramiento, efectuar levantamientos geológicos del área de estudio, seleccionar afloramientos de interés y la toma de muestras frescas puntuales representativas de la roca de la cual se obtuvo. Todo este trabajo, fue debidamente marcado y organizado con la ayuda de mapas, la Hoja Villa Florida, GPS, libreta de campo, bolsas para la toma de muestras y pico, con la finalidad del desarrollo de trabajos posteriores en laboratorio.

Se recolectaron varias muestras y solo se tomó como representativas seis, las cuales fueron colocadas en bolsas individuales, etiquetadas y enumeradas con el nombre de MSM-1 (Muestra San Miguel) MSM-2, MSM-3, MSM-4, MSM-5, MSM-6.

En el laboratorio se procedió a la toma de fotos y un análisis macroscópico de las muestras tomadas en el campo, describiendo el color, la dureza del mineral, el brillo, la estructura, el tipo de fracturas, la raya, y la orientación de los minerales presentes en las muestras, con la ayuda de materiales como lápiz de dureza, lupa, HCl (ácido clorhídrico), libros de petrología y cámara fotográficas. Mediante esta descripción se pudo determinar la calidad del mineral presente en el yacimiento.

Durante el trabajo de oficina se realizó la recopilación y ordenamiento de la información obtenida en campo, en el laboratorio y en las referencias consultadas, así

como también el análisis y procesamiento de las información obtenidas a fin de lograr los objetivos propuestos.

3.2 Descripción Macroscópica de las Muestras



Figura 9: Muestra San Miguel N° 1: Cuarzita (Roca de caja), roca foliada dada por la orientación de los minerales de cuarzo de color rosado y bandas de segregación, también presenta minerales de fengita (variedad de la muscovita) que le da una coloración verdosa.

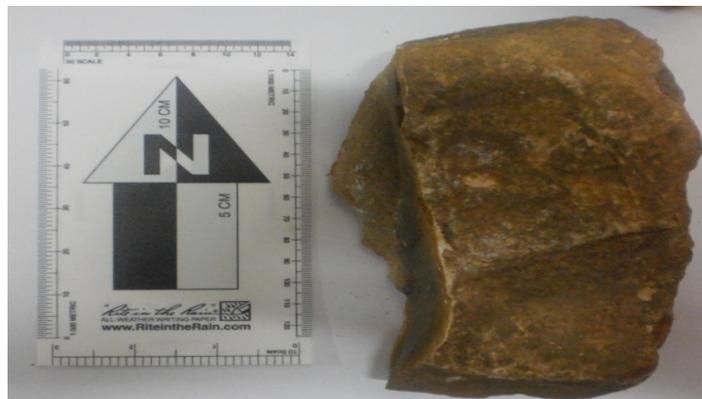


Figura 10: Muestra San Miguel N° 2: Material (Roca de caja) altamente silicificado de grano fino, de color gris amarillento, presenta fractura o vetas rellenadas con minerales oscuros, la fractura es concoidea, brillo grasoso. Tiene las características de una roca corneana.



Figura 11: Muestra San Miguel N° 3: mineral del talco levemente silicificado presenta fractura concoide, coloración de color crema, dureza $1 \cong 2,5$ y raya blanca.

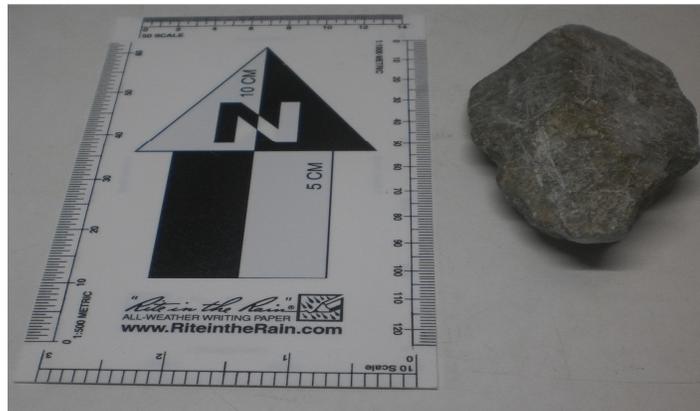


Figura 12: Muestra San Miguel N° 4: mineral de talco puro, de color verde, brillo graso, dureza $1 \cong 1,5$, raya blanca.



Figura 13: Muestra San Miguel N° 5: mineral de talco de color crema, dureza 1, raya amarillenta debido a las impurezas, brillo grasoso, mineral de talco impuro.

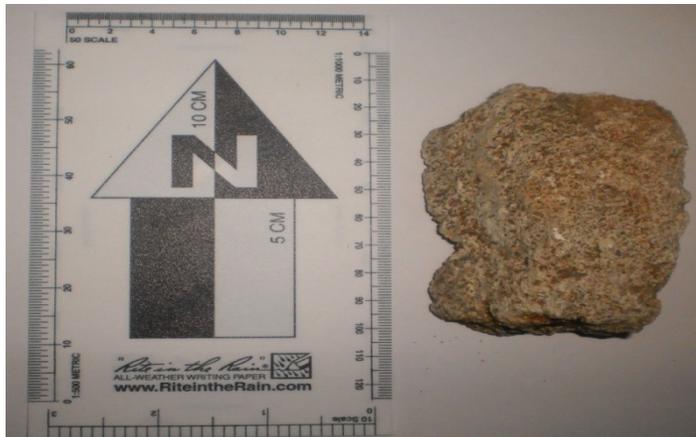


Figura 14: Muestra San Miguel N° 6: mineral de talco alterado, dureza 1, raya amarillo claro, color crema y marrón claro, estructura masiva, relicto del mineral original (seudomorfo) olivino, piroxeno.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El yacimiento del talco se encuentra localizado a unos 3 kilómetros al Norte del distrito de San Miguel, en el departamento de Misiones, en la Región Oriental del Paraguay.

La Suite Metamórfica Villa Florida del complejo Río Tebicuary, presenta rocas afectadas por metamorfismo regional de grado medio a alto, este tipo de metamorfismo da como resultado depósitos minerales no metálicos, la mineralización del talco pertenece a esta unidad y su origen se atribuye a soluciones hidrotermales que han actuado sobre las rocas ultrabásicas portadoras de minerales de olivino y ortopiroxeno.

El muestreo es la fase más importante en los procesos de evaluación de la calidad de este tipo de mineral.

Mediante la descripción y análisis de las muestras tomadas se puede evidenciar que en el área de estudio se encuentra rocas como la cuarcita (roca de caja) que presenta una orientación de los minerales presente en la misma y tiene una coloración verdosa, luego un material de contacto altamente silicificado de color gris amarillento que presenta las características de una roca corneana, después de esta roca se encuentra el mineral del talco levemente silicificado de color crema y fractura concoide, asociadas a estas rocas se presenta el mineral de interés que es el talco puro de color verde, brillo graso, dureza $1 \cong 1,5$ y raya blanca y el mineral de talco impuro de color crema, finalmente se encuentra el talco alterado de color crema y marrón rojizo, que presenta relictos del mineral original.

5 CONCLUSIÓN

El yacimiento del talco que se encuentra localizado al Norte del distrito de San Miguel, en el departamento de Misiones, en la Región Oriental del Paraguay. Pertenece a la Suite Metamórfica Villa Florida del complejo Río Tebicuary, que se caracteriza por presentar rocas afectadas por metamorfismo regional de grado medio a alto.

En la zona de ocurrencia del mineral existieron rocas ultrabásicas portadoras de minerales de olivino y ortopiroxeno que se transformaron mediante soluciones hidrotermales en el mineral de talco.

Se pudo comprobar que existen dos tipos de talco; el primero corresponde al talco puro de color verde, brillo graso, dureza $1 \cong 1,5$ y raya blanca, el otro tipo corresponde al talco contaminado de color crema, dureza 1, brillo graso y raya amarillenta debido a las impurezas que presenta por estar en contacto con la roca de caja, pero igualmente puede ser aplicado para otros usos.

Por otro lado, en el transcurso de la investigación se ha comprobado que existe escaso estudio y evaluación de la ocurrencia de esta mineralización; y debido al escaso conocimiento del recurso ésta podría representar eventualmente una opción para la explotación local de minerales no metálicos en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bateman, A.M. 1982. Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Sexta edición. Ediciones OMEGA S.A. Barcelona, España
- Cornelius, S. H. Jr. 1981. Manual de Mineralogía de Dana. Segunda edición. REVERTÉ, S.A.
- Cubas, N.; Garcete, A.; Meinhold, K.D. 1998. Mapa Geológico de la Republica de Paraguay 1:100000, Hoja Villa Florida 5468, Texto Explicativo; Asunción (MOPC &BGR) 74 pág + 1 mapa.
- Harrington, H. J. 1950. Geología del Paraguay Oriental. Buenos Aires.
- Heinrich, E. W. M. 1970. Identificación Microscópica de los Minerales. Primera Edición. URMO, S. A. DE EDICIONES.
- Heinrich, E. W. M. 1972. Petrografía Microscópica. Segunda Edición. OMEGA.
- López, O.; González, E.; De Llamas, P.; Molinas, A.; Franco, E.; García, S.; & Ríos, E. 1995. Mapa de reconocimiento de suelos de la región Oriental. Proyecto de racionalización del uso de la tierra – Gobierno del Paraguay/Banco Mundial/Gobierno de Japón/DMA – Servicio Geodésico Interamericano. Imapa. Asunción.
- Petrascheck, W. E. 1965. Yacimientos y Criaderos. Un estudio sucinto de los tesoros del subsuelo. Segunda edición. OMEGA. Casanova, 220. Barcelona.

Turner, F. J. 1978. Petrología Ígnea y Metamórfica. Tercera edición.
OMEGAWilliams, H.; Turner, J.; Gilbert, C. M. 1968. Primera
Edición. W. H. Freeman and Company, Inc.

Calculo de Reservas (en línea). Consultado 29 mayo 2013. Disponible en
www.es.scribd.com/doc/58981418/CALCULO-DE-RESERVAS

Paraguay, su oro, diamantes y otras riquezas (en línea). Consultado 18 marzo
2013. Disponible en <http://www.abc.com.py/articulos/paraguay-su-oro-diamantes-y-otras-riquezas-286180.html>

DigiAtlas.com. Consultado 03 julio 2013. Disponible en
www.digiatlas.com/mapas/esp/mapa-de-paraguay.html