

Sedimentología y Estratigrafía de las manifestaciones de sedimentos glaciégenos en el intervalo Ordovícico-Silúrico en el Departamento Central del Paraguay y su correlación con la Formación Boquerón.

Gabriel Rotela Ibarra

Orientador: Prof. MSc. Narciso Cubas

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Licenciatura en Ciencias Mención Geología, Departamento de Geología

Universidad Nacional de Asunción

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

San Lorenzo-Paraguay

Julio 2016

1. INTRODUCCIÓN

El periodo Ordovícico culminó con una glaciación que puso fin al largo y estable clima invernadero típico de este periodo. Se produjeron hace alrededor de 440 millones de años y marcan el límite entre Ordovícico y Silúrico.

Las glaciaciones del Ordovícico superior y Silúrico inferior han sido descritas y tratadas en profundidad en la literatura geológica. Las del Ordovícico superior se encuentran bien documentadas en el norte de África y en Arabia, y las del Silúrico inferior se han descrito para la cuenca del Cabo en Sudáfrica y las cuencas intracratónicas brasileñas (Grahn & Caputo 1992). En los Andes Centrales se encuentra una unidad de diamictitas cerca del límite Ordovícico-Silúrico, la cual ha sido tradicionalmente utilizada como capa guía dentro de la potente y generalmente monótona serie siliciclástica del Paleozoico inferior (Boucot 1988, Díaz Martínez 1998).

La glaciación no fue probablemente tan larga como se había pensado al principio. El estudio de los isótopos de oxígeno en los fósiles de braquiópodos pone de manifiesto que probablemente no duró más de 0,5 a 1,5 millones de años (Stanley, Steven M. 1999).

El Supercontinente Pannotia, o Gran Gondwana (este último término fue propuesto por Stern en 1994, al continente que se formó en el Neopaleozoico) se desplazó hacia el Polo Sur y sobre él se formaron enormes glaciares que hicieron bajar el nivel del mar en todo el planeta, las capas de hielo formadas sobre él mismo han sido detectadas en estratos de roca del Norte de África y del Noreste de Sudamérica, que eran las zonas polares en ese momento.

Estas evidencias han sido utilizadas en reconstrucciones paleogeográficas del Ordovícico y Silúrico como evidencia para el desplazamiento de Gondwana sobre el Polo Sur. Sin embargo, las diferentes argumentaciones sobre su edad exacta e interpretación paleoambiental todavía no permiten establecer un modelo integrado de evolución paleogeográfica.

En Sudamérica las unidades se conocen como Formación Iapó en Brasil, Formación Cancañiri en Bolivia, y Formación Zapla en el norte de Argentina. En el Paraguay, una de las pocas obras que se ocupó en la caracterización de la discordancia pre-Silúrico fue el de Orué et al (1992) para el Proyecto Paleozoico Inferior, que describió una secuencia de sedimentos clásticos que se dividieron en dos unidades litoestratigráficas denominada Formación Boquerón.

En este trabajo se pretende colectar evidencias que confirman la presencia de sedimentos de carácter glaciogénico del periodo Ordovícico-Silúrico encontradas en la Región Oriental del Paraguay.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Durante el periodo Ordovícico-Silúrico se produjo una gran glaciación que han sido detectadas en estratos de roca del Norte de África y del Noreste de Sudamérica, que eran las zonas polares en ese momento.

La falta de información o de estudios realizados sobre la glaciación del Ordovícico-Silúrico en el Paraguay; y la escases de afloramientos que permiten el análisis de las características litológicas y sedimentarias de las rocas son las principales limitaciones.

Una de las pocas obras que se ocupó en la caracterización de la discordancia pre-Silúrico fue el Orué et al (1992) para el Proyecto Paleozóco Inferior. En este trabajo se describe una secuencia de sedimentos clásticos de origen fluvio-glacial denominadas Formación Boquerón, que representa una manifestación del evento glacial.

3. JUSTIFICACIÓN.

Con este trabajo se pretende un análisis de las características litológicas y sedimentológicas que presentan las rocas existente en el área de estudio, para llegar a una síntesis sobre las características estratigráficas de las muestras que pertenecen a la cantera ubicada en la ciudad de Villeta.

Con la intención de aportar informaciones sobre las manifestaciones de sedimentos glaciógenos del periodo Ordovícico-Silúrico, aflorantes en el Dpto. de Central, se requiere investigar la zona de estudio desde el punto de vista litológico, sedimentológico y estratigráfico.

Este trabajo forma parte del requisito académico para la obtención del título de grado de la carrera de Geología.

4. HIPÓTESIS

Hi: En la cantera ubicada en la ciudad de Villeta se encuentran rocas de origen glaciógenos que son manifestaciones de la glaciación del Ordovícico-Silúrico. Confirmando que el Paraguay pertenecía al supercontinente Gondwana que en ese periodo se desplazó hacia el Polo Sur y sobre él se formaron enormes glaciares.

Ho: Las muestras no son sedimentos glaciógenos, por ende, no son manifestaciones de la glaciación del Ordovícico-Silúrico.

5. OBJETIVOS.

5.1 Objetivo General:

Determinar las características sedimentológicas y estratigráficas de las rocas aflorantes en la ciudad de Villeta y relacionar su ambiente de sedimentación con otras unidades similares en el país y en la región.

5.2 Objetivos Específicos:

- Identificar las características litológicas de las muestras de rocas pertenecientes a la cantera ubicada en la ciudad de Villeta.
- Caracterizar sedimentológica y estratigráficamente las muestras de rocas.
- Correlacionar las muestras de la cantera de Villeta, con las de la Formación Boquerón, como posible equivalente a la misma unidad geológica.
- Relacionar con otras manifestaciones similares de la región.
- Aportar mayor información sobre los ambientes de sedimentación y estratigrafía del Paraguay.

6. REVISIÓN LITERARIA RELACIONADA AL ÁREA DE ESTUDIO.

6.1 Formación Boquerón en Paraguay

Orué et al, (1992) para el Proyecto Paleozóico Inferior, describió una secuencia de sedimentos clásticos que se dividieron en dos unidades litoestratigráficas. La parte inferior, que consiste en areniscas de granulación gruesa con matriz de arcilla y la porción superior, compuesta esencialmente de tillitas con matriz siltítica, arcillosa o arenosa de origen fluvioglacial.

En el paquete de sedimentos del Grupo Itacurubi, la Formación Boquerón es la unidad que ocupa menor área de una superficie de cobertura de sedimentos paleozoicos de aproximadamente 2100 km²; las areniscas y tillitas de esta unidad representan apenas 10 km², es decir, 0,5% del total. La ocurrencia de estas rocas es muy limitada, restringiéndose a la parte SE del municipio de Eusebio Ayala, que afloran en las inmediaciones de las localidades de Boquerón y Capilla Loma. Allí, se forman ondulaciones orientadas en la dirección NW-SE, conocido como Cerro Caaby-Cupe; y caracterizado como pequeñas cuestas empinadas. Estas cuestas de areniscas y tillitas son nítidas, con desniveles relativos al orden de 70 metros y alturas que alcanzan entre 130 a 200 m. Aunque la porción S, en la orilla derecha del arroyo Piribebuy, hay pasajes marcados por la presencia de la superficie en forma de rampa, que ofrecen localmente zonas coalescencia con el suelo alivio regional.

Orué et al (1992) en su trabajo de mapeo preliminar del Paleozóico Inferior, reconoció la existencia de areniscas de granulación media a gruesa, de color claro, con la matriz limosa y arcillosa, y que contiene generalmente guijarros de cuarzo y argilita. Estos afloramientos alcanzan cotas altimétricas del orden de 70 metros, como el tramo alargado en el extremo SW de la compañía Boquerón y en pequeñas áreas en el municipio de Eusebio Ayala.

Otras ocurrencias de esta formación son encontradas en una pequeña cantera en dirección W de la localidad de Zanja Pytá, así como en la ruta de conecta los municipios de Guarambaré y Nueva Italia.

La Formación Boquerón se asienta de modo discordante sobre las areniscas de la Formación Tobatí. La principal característica de esta discordancia reside en la discontinuidad litológica entre los paquetes arenosos por debajo y la unidad fluvio-glacial superpuesta. En cuanto a la existencia de contacto discordante al final del ciclo Ordovícico-Silúrico, se entiende que ha sido un importante episodio regresivo que dio origen a la discordancia Pre-Devónica, sobre la cual se deposita la secuencia transgresiva de la formación Eusebio Ayala.

A pesar de que no se había observado, esta discordancia se infiere a la luz de la glaciación que ocurrió entre el final de la deposición de la Formación Tobatí (Ordovícico Superior) y el principio de la deposición de la Formación de Boquerón (Silúrico Inferior) de origen fluvio-glacial.

El contacto superior con la Formación Eusebio Ayala es por discordancia erosiva. Igualmente, la existencia de eventos de naturaleza glacial en el Ordovícico-Silúrico (Assine y Soares, 1989; Soares, 1991) señala un episodio regresivo de carácter regional, de manera similar a lo ocurrido en Argentina y África.

Los mejores afloramientos de esta formación se encontraron en las márgenes del arroyo Piribebuy, extendiéndose en dirección NE por aproximadamente 1,5 km antes del límite de contacto con la Formación Eusebio Ayala, próximo a la Ruta N° 2. En este sitio, se identifican de forma general dos secciones litológicas distintas, y se refirió previamente como inferior y superior.

La parte inferior muestra predominancia de areniscas masivas, a veces friables, de color blanco a amarillo, granulación media a gruesa, con matriz arcillosa y a veces, conteniendo guijarros de cuarzo; adicionalmente, ellos son mal seleccionados, con estratificación irregular en la base pasando por laminaciones paralelas. Este cambio es también acompañado por variaciones decrecientes de granulometría.

En la parte superior, el predominio es para las areniscas de coloración claro, granulación gruesa y fragmentos subredondeados, mal seleccionados, caolínicos, y portadores de matriz limosa, arcillosa o arenosa. Ellas contienen también intercalaciones de conglomerados oligomíticos, con guijarros estriados mostrando formas esféricas y facetas planas, y orientadas paralelamente a la dirección de flujo detrítico (*debris flows*).

6.2 Formación Iapó en Brasil.

Fue definida por Maack (1947) en la Sierra de San Joaquín en las inmediaciones de la ciudad de Castro estado de Paraná. En la sección tipo de las rocas Cambro-Ordovícico del Grupo Castro Grupo, hay 14,5 m de diamictitas con clastos polimícticos de granito, gneis, cuarcita, filita, rocas volcánica de diferentes dimensiones, coronada por 2 m de limolitas gris azulado con guijarros, que están superpuestos erosivamente por areniscas de la Formación de Furnas.

Es poco gruesa y discontinua en su área de afloramiento, que rara vez excede los 24 m y está situado al pie de la escarpa de la Formación Furnas, donde los depósitos de talud se acumulan. Exposiciones pueden verse en las carreteras Castro-Tibagi y Pirai-Ventania, en el estado de Paraná, donde se presentan en discordancia angular sobre los sedimentos Cambro-Ordovícicos del Grupo Castro y en contacto erosivo bajo las areniscas conglomerádicas de la Formación Furnas.

En la carretera Pirai-Ventania, las diamictitas quedan limitadas por una capa de aproximadamente 1 m de limolitas de color gris claro, en la que se encuentran presentes areniscas conglomerádicas de la Formación Furnas.

En San Luis de Purunã, entre Curitiba y Ponta Grossa, diamictitas de color marrón rojizo se hallan por debajo de Formación Furnas, con guijarros y cantos rodados de distintas litologías, a menudo facetados y estriados, habiendo sido incluidos anteriormente en molasas de la Formación Camarinha (Popp, 1972).

Las diamictitas basales con ocasionales intercalaciones delgadas de lutitas y areniscas, y los variables espesores que no exceder más de 10 m, como describe Faria (1982) pertenecientes a parte inferior de la Formación Villa María, constituye la misma Formación Iapó.

Las diamictitas están recubiertas por la lutita de la Formación Villa María de edad Llandoveryana y la superposición de los sedimentos Cambro-Ordovícico del Grupo Castro. Su asociación con la glaciación neo-Ordovícico permitió posición a la Formación Iapó en Ashgilliano Superior/ Llandoveryano inferior.

El contacto inferior es a menudo abrupto, dada por diamictitas que se superpone erosivamente a las areniscas de la Formación Alto Garças. Esta discontinuidad en el registro se interpreta como consecuencia de la reducción del nivel del mar durante la glaciación, exponiendo el sedimento a los procesos subaéreos resultante de rejuvenecimiento de drenaje continental.

En afloramientos en el estado de Paraná, las diamictitas se asientan directamente sobre el basamento Precámbrico/Eopaleozóico, situación en la que las diamictitas terrestres (tillitas) fueron preservados por el recubrimiento rápido en *onlap* por lutitas transgresiva de la Formación Villa María.

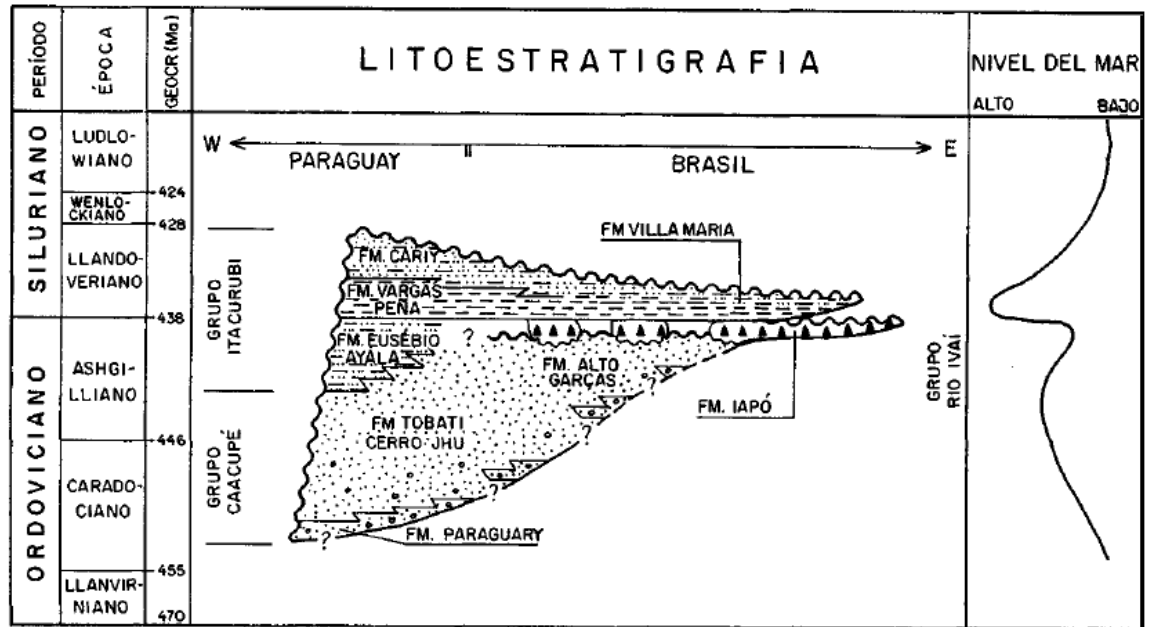


Figura N°1. Carta Crono-estratigráfica de la secuencia Ordovícico-Silúrico de la Cuenca del Paraná (modificado de Assine et al, 1994)

6.3 Formación Zapla en Argentina.

Se compone de diamictitas asociadas a areniscas y lutitas grises y horizontes ferríferos, de color rojizo oscuro. Está constituida de manera predominante por diamictitas grises oscuras, friables, con clastos dispersos tamaño guija, de constitución variable y sin orientación definida; intercala cerca de la base un paquete de 5 m de espesor de cuarcita gris blanquecina, en partes sabulítica a conglomerádica; en la porción superior de la unidad intercalan pelitas grises oscuras, en partes algo laminadas. Las zonas de aporte que generaron estas diamictitas se ubican principalmente desde zonas elevadas en el Oeste y en el Sur, ya que bloques de granitos presentes en la Cordillera Oriental se alojan en las diamictitas. Otros estudios consideran a esta formación como resultado de depósitos de *debrisflows*, depósitos deslizados y slumpizados en una plataforma marina. Se tienen evidencias de un origen glaciar, por la presencia de extraclastos polimícticos pulidos y facetados, así como clastos de más de 2 m de diámetro de origen plutónico (Mingramm & Russo, 1972; Monaldi & Boso, 1987; Diaz Martinez, 1997).

Astini (2008) describe tres asociaciones de facies para esta unidad. La más característica es la asociación de diamictitas fangosas, que constituye un intervalo de gran continuidad lateral, sin desarrollo de estratificación interna y con frecuencia, conteniendo clastos exóticos de granitos y metasedimentitas, facetados y estriados; además de abundantes clastos y bloques de sedimentitas del Grupo Santa Victoria de Ordovícico. Dentro de esta asociación se intercalan cuerpos arenosos medianos a gruesos, con gradación normal y marcas de flujo y carga en su base, que indican depósitos a partir de flujos gravitacionales. La facies de diamictitas macizas matriz soportadas es la más representativa en el intervalo glaciogénico y dentro de ella pueden reconocerse sutiles cambios texturales.

Otra asociación menos difundida está representada por variedades rítmicas donde intercalan diamictitas finamente estratificadas con pelitas y delgadas capas gradadas. Esta asociación contiene abundantes clastos caídos (que superan el espesor de las capas que los contienen) y en ella no se reconocieron evidencias de retrabajado de oleaje.

La tercera asociación de facies es predominantemente arenosa y comprende areniscas blanco amarillentas, medianas a gruesas, con geometría tabular y cuerpos conglomerádicos lenticulares de tonalidades rosadas. Esta asociación está mejor estratificada y es más competente que las anteriores, formando crestones distintivos en el paisaje.

La Formación Zapla (en Argentina) y la Formación Cancañiri (en Bolivia) afloran desde el Río Inambari en el SE de Perú hasta la Sierra de Puesto Viejo en Jujuy, Argentina. La Formación Cancañiri de Bolivia se encuentra en toda la Cordillera Oriental y es considerada como equivalente a la Formación Zapla, variando desde unos pocos metros hasta 1500 m de espesor, aunque puede no estar preservada en algunos puntos (Diaz Martinez, 1997).

6.4 Formación Cancañiri en Bolivia.

La Formación Cancañiri es de edad Silúrico inferior (Llandoveryense) según la fauna más joven y no resedimentada que se ha encontrado en ella (Antelo, 1973; Rodrigo et al, 1977, Suárez, 1995). El espesor de esta unidad varía desde unos pocos metros o ausentes en algunas localidades, hasta más de 1 000m en la zona Centro-Occidental de la Cordillera Oriental de Bolivia en el área de Potosí. Aunque se ha llegado a proponer un origen continental glaciario para las diamictitas de la Formación Cancañiri, actualmente se considera que toda la sedimentación tuvo lugar en ambiente marino o transicional, tal como indican los fósiles presentes en estas unidades.

Se han reconocido varias litofacies sedimentarias, agrupadas en 3 asociaciones de facies características de diferentes subambientes sedimentarios. La primera es la facies de lutitas que contiene lutitas grises y negras laminadas, ligeramente bioturbadas, a veces fosilíferas o con pirita. Constituyen la mayor parte de la Formación Uncía, aunque también se observan algunas capas centimétricas a decimétricas en la Formación Amutara y Cancañiri.

La segunda es la facies de turbiditas compuesta por areniscas blanquecinas y grises, finas y muy finas, con intercalaciones de lutitas negras, en capas milimétricas a decimétricas muy extensas, con laminación paralela y de ripples de corriente, escasamente bioturbadas, y bien cementadas. No se pudo constatar la presencia de geometrías canalizadas. Constituyen la mayor parte de la Formación Amutara, y de los tramos de la Formación Cancañiri.

Por último la facies de flujos de gravedad comprendida por lutitas, areniscas y diamictitas, grises y negras, masivas, con frecuentes clastos dispersos de tamaño y abundancia variables, planos de estratificación escasos y poco marcados, y disyunción irregular, a veces formando estructuras concéntricas. Constituye la mayor parte de la Formación Cancañiri, aunque también está presente en la Formación Amutara. El tamaño de los clastos es muy variable, generalmente milimétrico a centimétrico, aunque llegan a alcanzar decenas de metros en algunos tramos, donde se observan capas de arenisca deformadas y replegadas. Los bloques extracuencas de granitoide contenidos dentro del material transportado en masa indican que se resedimentaron depósitos que previamente habían sido depositados en el ambiente marino bajo influencia glaciogénica, posiblemente como clastos caídos de icebergs. En áreas de Potosí y Tarija se encuentran frecuentemente clastos estriados y facetados, claramente de origen glaciogénico, dentro de los flujos de detrito.

7. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

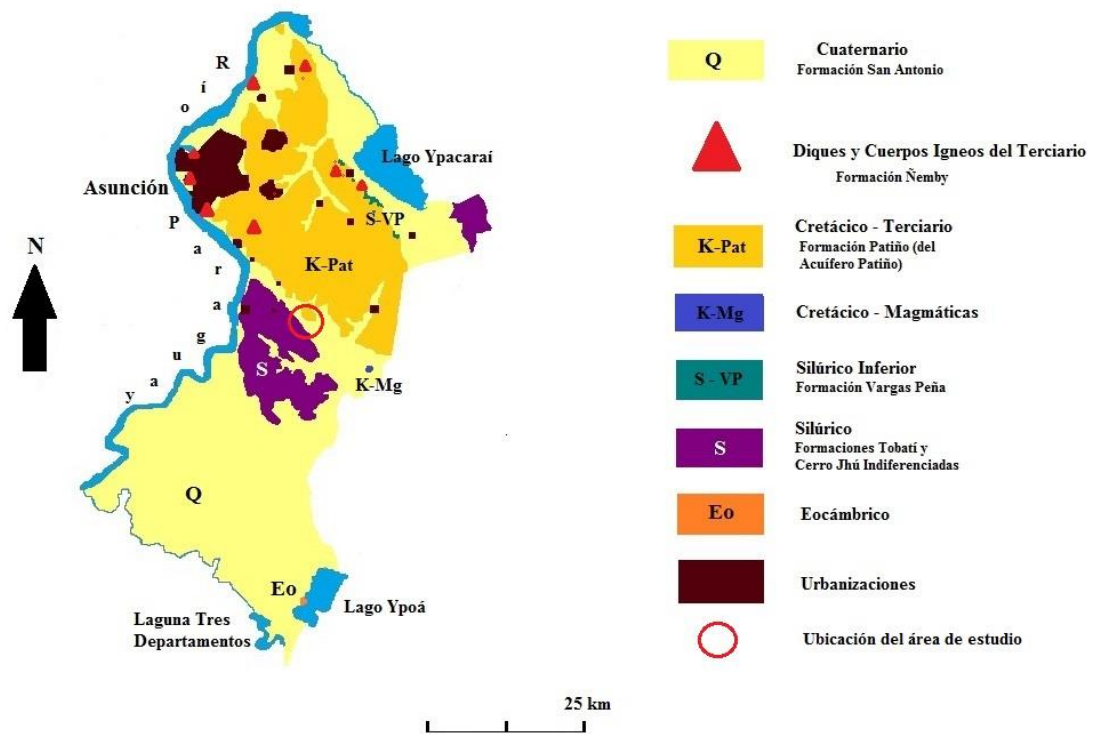


Figura N°2. Mapa Geológico del Dpto. Central del Paraguay modificado de geologiadelparaguay.com.py

8. UBICACIÓN.

El área está localizada en el centro oeste de la Región Oriental del Paraguay, en el Departamento Central (Figura N°2), ubicado en la ciudad de Villeta. La principal vía de acceso a las canteras localizadas en esta zona es la Av. Emiliano R. Fernández, también conocida como Acceso Sur y luego tomando la ruta que va a la ciudad de Nueva Italia.

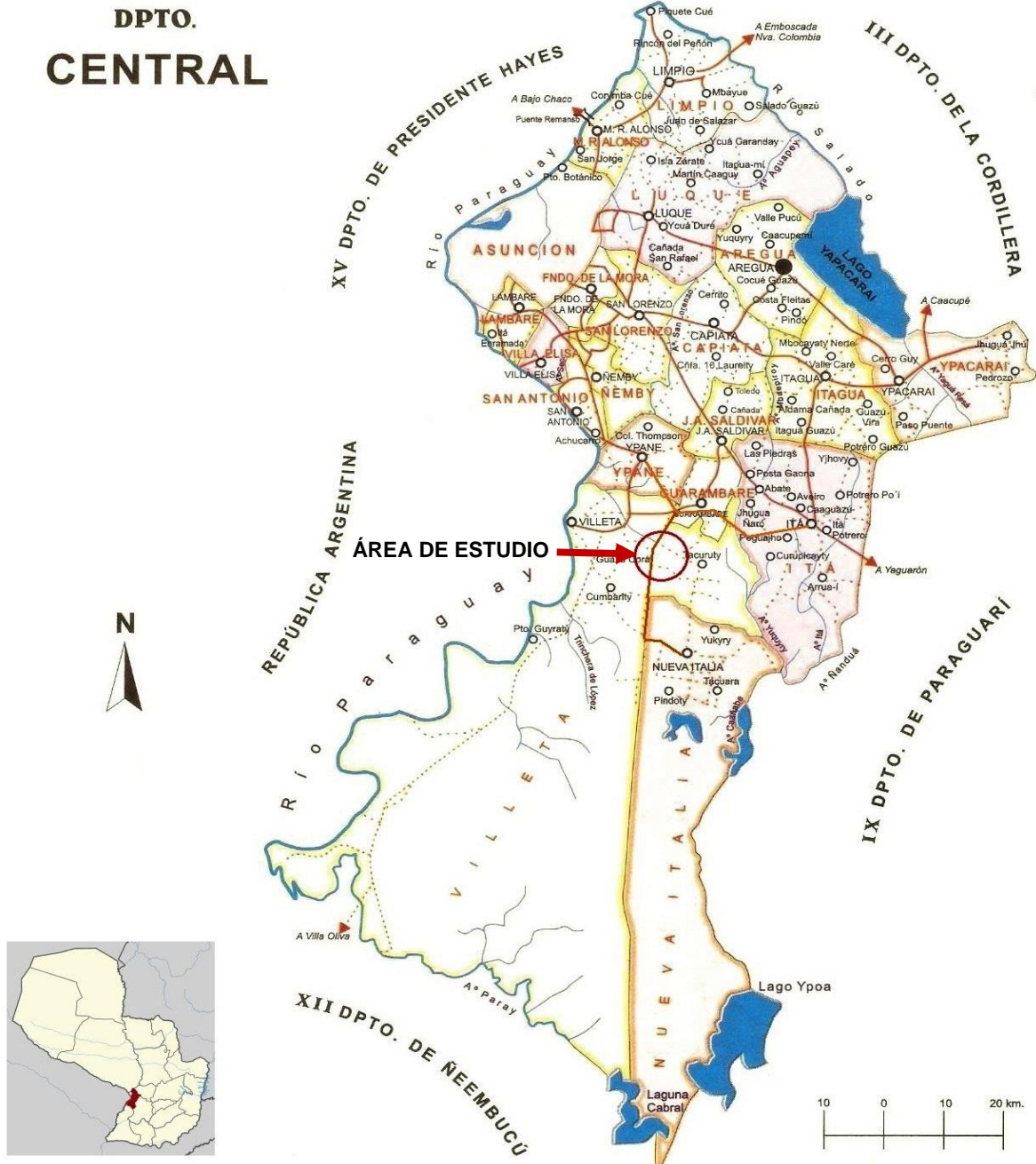


Figura N°3. Mapa de localización del área de estudio.

9. METODOLOGÍA.

9.1 Etapa 1: Trabajo de Gabinete.

La metodología empleada para realizar este trabajo consistió inicialmente en recopilar la información bibliográfica relacionada a las manifestaciones glaciales de Ordovícico-Silúrico del Paraguay (Formación Boquerón) y otras manifestaciones similares de la región, en Brasil (Formación Iapó), Argentina (Formación Zapla) y Bolivia (Formación Cancañiri).

Para la localización del área de estudio situado en la ciudad de Villeta, se utilizó un mapa del Departamento Central del Paraguay, marcando la ubicación de la cantera a ser explorada.

9.2 Etapa 2: Trabajo de Campo.

El trabajo de campo consiste en explorar la cantera y observar los afloramientos que presentan y sus características, se marcó con el GPS las coordenadas de los afloramientos y tomamos algunas muestras con ayuda del martillo.

Observamos las muestras y realizamos una descripción de las estructuras sedimentarias que presentan con la ayuda de la lupa.

Utilizando el metro medimos el tamaño de los clastos que presentaban las muestras de roca, como también el espesor de los estratos y la altura de la pared de la cantera.

Tomamos fotografías y documentamos los aspectos resaltantes de los afloramientos observados con la cámara fotográfica.

9.3 Etapa 3: Trabajo de Laboratorio.

El Trabajo de laboratorio consistió en analizar de la información obtenida y las muestras de rocas tomadas, y con ello se realizó una descripción de las características litológicas y sedimentológica de las rocas que afloran en la cantera. Se realizó un esquema estratigráfico del frente de cantera describiendo la litología, ambiente de sedimentación y posible formación geológica a la cual pertenece.

El trabajo finalizó realizando una conclusión en base a los resultados obtenidos cumpliendo con los objetivos propuestos en el trabajo.

10. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LA FORMACIÓN BOQUERÓN Y OTRAS UNIDADES SIMILARES DE LA REGIÓN.

La cantera se encuentra en la Ciudad de Villeta, zona Barrio Naranja Isy sobre la Ruta a Nueva Italia (25°31'01.2"S 57°29'18.3"W), muy próximo a la Agroindustria Guarapí S.A. La cantera tiene una dimensión de 550 m por 192 m.

En este sitio, en la cota 136 identificamos areniscas masivas, algo friables, de color blanco a amarillo, granulación media a gruesa, con matriz arcillosa, conteniendo guijarros de cuarzo (dropstones) bien redondeado de aprox. 2 cm., presenta color gris claro a blanquecino (Imagen N° 1).



Imagen N° 1: Dropstone de cuarzo en diamictita arenosa fina a arcillosa (caolinica?).

La matriz presenta cuarzos angulosos dispuestos en forma caótica de color gris oscuro. Esta muestra pertenece posiblemente a una planicie de lavado fluvial (*Outwash*) (Flujo de detritos).

Las características de roca coincide con la descripción de Orué et al (1992) para el Proyecto Paleozoico Inferior. En Argentina, la Formación Zapla se compone de diamictitas asociadas a areniscas; estas diamictitas son de color gris oscuro, friable, con estratificación, con clastos dispersos tamaño guija, de constitución variable y sin orientación definida. Algunos estudios consideran a esta formación como resultado de depósitos de *debris-flows*, depósitos deslizados. En Bolivia, lutitas, areniscas y diamictitas, grises y negras, masivas, con

frecuentes clastos dispersos de tamaño y abundancia variable, planos de estratificación escasos y poco marcados constituyen la mayor parte de la Formación Cancañiri.



Imagen N° 2: Arenisca silicificada con matriz abundante que presenta dropstones en la pared de la cantera.

En ella se pueden identificar claramente dos niveles de Siltita o Limolita silicificada (Porcelanita?) color blanco o cremoso de 40 a 60 cm. aprox. de espesor. En el Brasil, en la ruta Pirai-Ventania, las diamictitas quedan limitadas por capas de aproximadamente 1 m. de limolitas de color gris claro.



Imagen N° 3: Arenisca fina diamictitica con finas estratificaciones plano paralela.

Estas diamictitas finas (con tamaño máximo ≤ 64 mm.) se encuentran en areniscas finas estratificadas con penetración del material diamictítico a nivel de afloramiento. Las diamictitas presentan un color marrón rojizo. Estos materiales pertenecerían a un estado de flujo plástico consistente con depósitos de flujos de detritos. Sugieren condiciones de flujo laminar en los estados finales de transporte. Esta evidencia sugiere que las diamictitas de esta variedad más fina comprenden los tramos distales a los flujos de detritos, cuando los flujos fueron disminuyendo su concentración de grano perdiendo progresivamente competencia. En Argentina, Astini (2008) describe tres asociaciones de facies para esta unidad, la más característica es la asociación de diamictitas fangosas. Una de estas asociaciones está representada por variedades rítmicas donde intercalan diamictitas finamente estratificadas con pelitas y delgadas capas gradadas. Esta asociación contiene abundantes clastos caídos (dropstones) (que superan el espesor de las capas que los contienen).



Imagen N° 4: Cuerpos lenticulares de diamictitas conglomeradicas relacionados a depositos fluvial.

En la cantera de Villeta se encontraron cuerpos lenticulares de diamictitas conglomeradicas que muestra adelgazamiento en los extremos con una longitud aproximadamente de 10m., relacionados a un ambiente fluvial (Imagen N°4). En Argentina, otra asociación de facies descrita por Astini (2008) es predominantemente arenosa y comprende areniscas blancas amarillentas, medianas a gruesas con geometría tabular y cuerpos conglomerádicos lenticulares.



Imagen N° 5: Arenisca tempestítica con laminación de bajo ángulo ligeramente ondulante indicativa de un depósito en ambiente marino somero de alta energía.

La presencia de estratos tipo hummocky indicativo de sedimentación en ambientes de tempestitas (Imagen N°5) indicaría un depósito de ambiente marino o transicional.



Imagen N° 6: El frente de la cantera sería un antiguo canal en forma de "U", relleno con diamictitas masivas, cubierto por capas horizontales siltitas.

También se encuentran brechas de falla, con clastos angulosos muy gruesos a grueso de arenisca en una matriz fina de color rojizo (Imagen N°7).



Imagen N° 7: Brechas de falla.



Imagen N° 8: Diamictita con dropstone de cuarzon estriado de unos 11 cm de diametro, dentro de una matriz arenosa de color rojizo.

En las proximidades de la cantera ($25^{\circ}30'54.1''S$ $57^{\circ}29'27.2''W$) en la cota 129 m se ha encontrado un *dropstone* de aproximadamente 11 cm de diámetro, compuesto de cuarzo de color blanco amarillento; el clasto presenta además estrías y se encuentra inmerso en una matriz arenosa de color rojizo. (Imagen N°8). En Brasil, en la Sierra de San Joaquín, en las inmediaciones de la ciudad de Castro, Estado de Paraná se encuentran diamictitas con clastos de diferentes dimensiones, coronada por 2 m de limolitas gris azulado con guijarros. También en San Luis de Purunã, entre Curitiba y Ponta Grossa, diamictitas de color marrón rojizo, con guijarros y cantos rodados, a menudos facetados y estriados constituyen la Formación Iapó. En Bolivia en el área de Potosí y Tarija, se encuentran frecuentemente clastos estriados y facetados, claramente de origen glaciogénico, dentro de los flujos de detritos pertenecientes a la Formación Cancañiri.



Imagen N° 9: Areniscas gruesas blancas masivas y friables de la Formación Tobatí



Imagen N° 10: Arenisca silicificada y estratificada de Formación Tobatí; presenta además con fracturas subverticales.

Los sedimentos glaciogénicos equivalentes de la Formación Boquerón que ocurre en las cercanías de Villeta, se asienta de modo discordante sobre las areniscas de la Formación Tobatí (Ordovísico -Silúico). Se tratan de areniscas friables sacaroides aparentemente macizas con granos bien seleccionados de color blanquecino (Imagen N° 9). Estas mismas areniscas


en partes presentan fuerte silicificación con desarrollo de fracturas subverticales. (Imagen N°10).

La principal característica de esta discordancia reside en la discontinuidad litológica entre los paquetes arenosos por debajo y la unidad fluvio-glacial superpuesta de la Formación Boquerón. En el Brasil, en contacto inferior de la Formación Iapó es abrupto, dadas por diamictitas en superposición a las areniscas de la Formación Alto Garças (equivalente a la Formación Tobatí en Paraguay).



Imagen N° 11: Arenisca conglomerádica del la Fm. Patiño como unidad de cobertura.

En el contacto superior se encuentra una arenisca conglomerática, que posee una fuerte coloración rojiza; los cantos son de variados tamaños incluyendo cantos de areniscas silicificadas con forma redondeada a sub redondeada. Esta litología es correlacionable con la Formación Patiño (Cretácico Superior – Cenozoico Inferior) indicando un vacío en el registro del tiempo geológico (discordancia).



	Litología	Ambiente de sedimentación	Formación geológica
F	Arenisca rojiza mal seleccionada a conglomeráticas.	Sedimento fluvial continental	Fm Patiño (Spinzi, 1983)
E	Limolita silicificada (Porcelanita?).	Sedimento fluvio-glacial.	Fm Boquerón (Orue, 1996)
D	Arenisca silicificada con matriz abundante.		
C	Limolita silicificada (Porcelanita?).		
B	Arenisca silicificada con matriz abundante, Dropstone.		
A	Arenisca friable con matriz (caolin?) Drostone.	Marino somero	Fm. Tobatí
	Arenisca friable y también sacaroides.		

Cuadro N° 1: Resumen de los niveles litoestratigráficos observados en la cantera de Villeta.

11. CONCLUSIÓN.

Con este trabajo se llegó a determinar algunas de las características litológicas, sedimentológicas y estratigráficas de las rocas aflorantes en la cantera ubicada en la ciudad de Villeta. La presencia de diamictitas con dropstones y matriz de cuarzos angulosos dispuestos en forma caótica indican que pertenecieron a una planicie de lavado fluvial (Outwash) provenientes de la fusión de glaciares, pudiendo establecer que si corresponde a rocas de origen glaciogenos, similar al ambiente de sedimentación de la Formación Boquerón de Orué et al (1992) para el Proyecto Paleozoico Inferior.

En la cantera de Villeta se encontraron además cuerpos lenticulares de diamictitas conglomeradas relacionados a un ambiente fluvial. La presencia de estratos tipo hummocky, indicativo de sedimentación en ambientes de tempestitas, indicarían un depósito de ambiente marino o transicional.

Estos depósitos se encuentran por encima de la Fm Tobatí, que indican que son manifestaciones de la glaciación en el intervalo Ordovícico-Silúrico.

Muchas de las características de las rocas encontradas en las canteras de Villeta coinciden con las unidades glaciógenas del Ordovícico-Silurico, de Brasil (Formación Iapó), de Argentina (Formación Zapla) y de Bolivia (Formación Cancañiri) pudiendo establece una relación entre estas.

12. BIBLIOGRAFÍA.

- ANTELO B. 1973: La Fauna de la Formación Cancañiri (Silúrico) en los Andes centrales bolivianos. Revista del Museo de La Plata, 7 (Paleontología., 45): 267-277
- ASSINE, M. L. SOARES, P.C., MILAN, É. J. 1994. Sequências Tectono-Sedimentares Mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil Revista Brasileira de Geociências;Pag. 85.
- ASTINI R.A., 2003. The Ordovician Proto-Andean basins. En: Benedetto, J.L.(Ed.), Ordovician fossils of Argentina. Secretaría de Ciencias y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 1-74.
- ASTINI R.A. y MARENGO L. 2006. Paleoambientes y estratigrafía secuencial de depósitos marinos marginales del Ordovícico de la sierra de Zapla (Sierras Subandinas, Noroeste Argentino) y su relación con la Cuenca Andina Central. Revista Geológica de Chile 33, 247–276.
- ASTINI R.A., 2008. Sedimentación, facies, discordancias y evolución paleoambiental durante el Cambro-Ordovícico. In: Coira, B., Zappettini, E.O. (Eds.), 17° Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de Jujuy, Relatorio, pp. 50-73.
- DAVILA BURGA, JORGE. 2011. Diccionario Geológico.
- DÍAZ MARTÍNEZ E., 1997. Facies y ambientes sedimentarios de la Formación Cancañiri (Silurico Inferior) en La Cumbre de la Paz, norte de la Cordillera Oriental de Bolivia. Pag. 55 – 57
- DÍAZ-MARTÍNEZ, E., R. LIMACHI, V.H. GOITIA, D. SARMIENTO, O. ARISPE & R. MONTESINO, 1996. Tectonic instability related with the development of the Paleozoic foreland basin of the Central Andes of Bolivia. - Third International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG) : 568-571.
- ORUÉ D., 1996. Síntese da Geología do Paraguai Oriental com ênfase para o magmatismo alcalino asociado; Pag. 73-76. Tese de Masterado – USP.
- PROYECTO PAR 83/005. 1986. Mapa Geológico del Paraguay. Escala 1:1.000.000. PNUD – MDN. Texto Explicativo.

- RUBINSTEIN C.V.et al., 2007. Léxico Estratigráfico de la Argentina. Silúrico. Pag 40-42.
- SUÁREZ-SORUCO, R., 1995. Comentarios sobre la edad de la formación Cancañiri.- Revista Técnica de YPF, 16 (1-2): 51 – 54.
- STANLEY, STEVEN M. (1999). Earth System History. Nueva York: W.H. Freeman and Company. pp. 358, 360.
- STERN, R. J. (1994). "Arc-assembly and continental collision in the Neoproterozoic African orogen: implications for the consolidation of Gondwanaland". Annual Review of Earth and Planetary Sciences 22: 319–351. Retrieved December 2015.
- TORO, M., 1994. Los trilobites hirnantianos de la Formación Cancañiri.- Memorias del XI Congreso Geológico de Bolivia: 260-264.

13. GLOSARIO.

- **Afloramientos:** Todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua, etc. que se observa en la superficie terrestre.
- **Arcilla:** Partículas finas, generalmente de silicatos, de dimensiones menores de 1/256 mm. Provenientes de la alteración física y química de las rocas y minerales. Los principales tipos de arcilla son: el caolín, la bentonita, la montmorillonita.
- **Areniscas:** Roca sedimentaria clástica, resultado de la consolidación y diagénesis de la acumulación de arena. De acuerdo con el contenido de sus elementos o de su cementante, la arenisca puede denominarse: Arcosa (predominio de partículas de cuarzo), grauwaca (predominio de feldespatos), arenisca arcillosa (cementante arcilla), arenisca limosa (cementante limo), arenisca calcárea (cementante carbonatos), etc.
- **Argilita:** Roca sedimentaria clástica, las partículas integrantes de la argilita son arcillas (inferiores a 1/256 mm), se forman en depósitos lacustres, lagunares y marinos. Producto de la alteración de las rocas preexistentes. Se le usa en cerámica, ladrillos, etc.
- **Basamento:** Corteza terrestre situada por debajo de los depósitos sedimentarios y que llega hasta la discontinuidad de Mohorovicic.
- **Bioturbación:** Distribución de las estructuras de los depósitos originados por el movimiento de los organismos bentónicos.
- **Braquiópodos:** Moluscos marinos, fósiles guías del Silúrico, Devónico y Jurásico.
- **Brecha:** Es una roca sedimentaria detrítica compuesta aproximadamente en un 50 % de fragmentos angulares de roca de tamaño superior a 2 milímetros unidos por un cemento natural. Los fragmentos constitutivos de los conglomerados y de las brechas son mayores que los de la arenisca, o sea más de 2 milímetros, pero la brecha se distingue de los conglomerados porque sus fragmentos constitutivos son angulares. Pueden distinguirse brechas monogénicas, compuestas de elementos de la misma naturaleza, y brechas poligénicas, compuestas de elementos de diferente naturaleza.
- **Cantera:** Es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos.
- **Cantos:** Fragmento rocoso redondeado de dimensiones comprendidas entre 2 y 20 cm. de diámetro. El grado de redondez indica el transporte que ha sufrido el material. Ej.: Canto rodado, canto facetado, canto errático, etc.
- **Clastos:** Fragmento de roca. Se le clasifica de acuerdo al tamaño en: bloques, cantos, arenas, limos y arcillas.

- **Conglomerado:** Roca sedimentaria compuesta de cantos rodados, cementados en una matriz fina (arena, limo, arcilla), algunas veces la matriz puede ser calcárea o silicosa, y en ocasiones que el conglomerado ha sido sometido a fuertes presiones y temperaturas la matriz puede hallarse fundida. Los conglomerados se forman en las cuencas aluvionales, fluvio-glaciales, grandes conos aluviales, áreas próximas a los litorales y en las márgenes de los ríos.
- **Cotas:** Altura que presenta un punto sobre un plano horizontal que se usa como referencia.
- **Cuarzo:** Es un mineral compuesto de sílice (SiO_2). Tras el feldespato es el mineral más común de la corteza terrestre estando presente en una gran cantidad de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Destaca por su dureza y resistencia a la meteorización en la superficie terrestre.
- **Cuenca:** Estructura geológica cóncava, donde los buzamientos de los estratos convergen hacia un punto central. Depresión de la tierra donde se realiza la sedimentación.
- **Diamictitas:** Roca sedimentaria detrítica que contiene partículas de un amplio rango de tamaños, desde arenas a ruditas, rodeadas por una matriz fundamentalmente arcillosa. P. ej., los till y las tillitas.
- **Distal (*offshore*):** Parte de una unidad deposicional o de una cuenca sedimentaria, más alejada del área fuente. Antónimo: proximal.
- **Discordancia:** Relación geométrica entre dos unidades estratigráficas superpuestas en la que no guarda paralelismo la estratificación de los materiales infrayacentes y suprayacentes.
- **Dropstones:** Son fragmentos aislados de roca que se encuentra dentro de rocas sedimentarias de granos más finos. Varían en tamaño desde pequeños fragmentos a guijarros o cantos rodados. A medida que los glaciares se mueven a través de una superficie, que se depilan las rocas de ella, e incorporarlos a su masa. En la costa, los fragmentos de glacial se desprenden y flotan como témpanos de distancia, que a menudo son transportados muchos Km. en el océano, donde se funden y depositan su carga. Cuando las rocas arrastradas se hunden hasta el fondo del océano, que se pueden incorporar en los sedimentos oceánicos, que suelen ser de grano fino.
- **Escarpe:** Segmento abrupto de una ladera.
- **Estratificación:** Disposición de las rocas sedimentarias en sucesivas capas o estratos.

- **Facetada/o:** En su acepción más general, el adjetivo se refiere a la forma de aquellos elementos que se componen de varios planos.
- **Facies:** Conjunto de características de las rocas de una unidad geológica, que reflejan las condiciones en las que se formaron. En rocas sedimentarias se consideran los caracteres petrográficos (litofacies) y los paleontológicos (biofacies).
- **Filita:** Es una roca que representa una gradación en el grado de metamorfismo entre la pizarra y el esquisto. Sus minerales planares son más grandes que los de la pizarra, pero no lo bastante como para ser fácilmente identificables a simple vista. Aunque la filita parece similar a la pizarra, puede distinguirse con facilidad por su brillo satinado y su superficie ondulada. La filita, normalmente, muestra pizarrosidad y está compuesta fundamentalmente por cristales muy finos de moscovita, clorita o ambas.
- **Flujo detrítico (*debrisflows*):** son fenómenos geológicos en el que las masas cargadas de agua de los suelos y fragmentada roca se lanzan montaña abajo, embudo en transmisión en canales, objetos arrastran en sus caminos, y forman depósitos gruesos, de barro en los fondos de valle.
- **Fluvio-glacial:** (Proceso, sedimento o forma) Producido por aguas de fusión de los glaciares.
- **Fósil:** Restos de seres vivos o rastros de su actividad, conservados en los estratos de las rocas.
- **Friables:** Propiedad de un material que lo hace fácilmente rompible, desmenuzable.
- **Glaciación:** Es un periodo de larga duración en el cual baja la temperatura global del clima de la Tierra, dando como resultado una expansión del hielo continental de los casquetes polares y los glaciares.
- **Gneis:** Roca metamórfica compuesta por los mismos minerales que el granito (cuarzo, feldespato y mica) pero con orientación definida en bandas, con capas alternas de minerales claros y oscuros. A veces presenta concreciones feldespáticas distribuidas con regularidad, denominándose en este caso gneis ocelado.
- **Granito:** Es una roca ígnea plutónica constituida esencialmente por cuarzo, feldespato y mica. El término "granito" es a menudo usado dentro y fuera de la geología en un sentido más amplio incluyendo a rocas como tonalitas y sienitas de cuarzo. Para el uso amplio de granito, algunos científicos han adoptado el término "granitoide". Los granitoides se producen al solidificarse lentamente magma con alto contenido en sílice en profundidades

a alta presión. Magma de composición granítica que sale a la superficie forma riolita, el equivalente volcánico del granito.

- **Guijarros (o Cantos Rodador):** Son fragmentos de roca pulidos y sueltos, susceptibles de ser transportados por medios naturales, como las corrientes de agua, los corrimientos de tierra, etc. Aunque no se hace distinción de forma, en general, un canto rodado adquiere una morfología más o menos redondeada, subredondeada u oblonga, sin aristas y con la superficie lisa, debido al desgaste sufrido por los procesos erosivos durante el transporte, generalmente causados por la corrosión o las corrientes de agua (erosión hídrica).
- **Hummocky:** Se trata de una serie de ondulaciones suaves a gran escala, cuyas láminas tiene un buzamiento que no sobrepasa los 8°-10°, cuyas láminas unas veces se adaptan a las anteriores y otras veces se erosionan. Esta estructura sedimentaria es generada por tormentas. Se encuentran comúnmente en sedimentos de arena fina de ambiente marinas someros y lacustres.
- **Iceberg:** Es un pedazo grande de hielo dulce flotante desprendido de un glaciar formado por nieve o de una plataforma de hielo.
- **Isótopos:** Cada una de las especies de átomos de un elemento químico que poseen el mismo número atómico y distinto número másico
- **Limolitas (o Siltitas):** Es una roca sedimentaria que tiene un tamaño de grano en el rango de limo más fino que la arenisca y más grueso que arcillas
- **Lutitas:** Roca sedimentaria constituida por granos muy finos, de menos de 0.062 mm. Sinónimo.: Pelitas.
- **Matriz:** Material de grano fino de cualquier roca, que contiene componentes (minerales o fósiles) de mayor tamaño.
- **Molasas:** Tectofacies constituida por rocas detríticas que pueden alcanzar grandes espesores (hasta de algunos miles de metros). Con frecuencia presenta secuencias granos decrecientes que se inician con conglomerados. Se deposita en las áreas subsidentes adyacentes a los nuevos relieves montañosos inmediatamente después del plegamiento.
- **Ordovícico:** Perteneciente o relacionado con el segundo período geológico de la era Paleozoica, que se extendió desde hace 505 millones de años hasta hace 440 millones de años. Sucesor del Cámbrico y anterior al Silúrico.
- **Outwash:** Es una planicie formada por sedimentos fluviales finos provenientes de la fusión de glaciares en la porción superior de las cuencas asociadas. Sobre estos llanos

discurren corrientes de deshielo formando patrones entrecruzados. Es un depósito formado por grava y arena trasladada por el agua que brota al disolverse el hielo de un glaciar y que después se ha concentrado en depósitos estratificados. Un outwash puede llegar a los 100 m de espesor alrededor de un glaciar, pudiéndose extender muchos kilómetros. Son grandes proveedores de material que puede ser trasladado por el viento y los mayores depósitos glaciares.

- **Paleozoico:** Primera en antigüedad de las tres eras en que se divide el Fanerozoico. Abarca aproximadamente entre los 541 y los 252,2 Ma antes de los tiempos actuales. Se subdivide en los períodos Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.
- **Pirita:** Es un mineral del grupo de los sulfuros cuya fórmula química es Fe_2S . Tiene un 53,48% de azufre y un 46,52% de hierro. Frecuentemente macizo, granular fino, algunas veces subfibroso radiado; reniforme, globular, estalactítico. Insoluble en agua, y magnética por calentamiento. También conocida como "el oro de los tontos" por su gran parecido con el oro.
- **Polimícticos:** Una calificación que se aplica a los lagos que tienen la característica que las aguas se mezclan vertical y completamente muchas veces al año. Los periodos de mezcla se suceden a lo largo del año, y no se alcanza nunca una estratificación completa del mismo, ni en verano, ni en invierno. En general es el caso de un lago somero, poco profundo, en el que el viento produce la mezcla de las aguas cada vez que aparece. Los lagos polimícticos se distribuyen por las latitudes templadas y cálidas del planeta, en las cuales no existe helada invernal.
- **Porcelanita:** Término usado para referirse a los cherts y tufos silicificados que poseen la textura y la fractura de la porcelana.
- **Sabulítica:** Sedimento compuesto por sábulo (arena muy gruesa formada predominantemente por granos de entre 2 y 4 mm.)
- **Silúrico:** Pertenece o relacionado con el período geológico de la era Paleozoica que se extendió desde hace 440 millones de años hasta hace 410 millones de años.
- **Supercontinete Pannotia:** Es un supercontinente que probablemente existió desde hace unos 600 millones de años hasta hace unos 540 millones de años, a finales del período Precámbrico. Antes de Pannotia, el anterior supercontinente fue Rodinia, y el posterior (y último hasta la fecha), Pangea. Pannotia fue descrito por primera vez por Ian W. D. Dalziel en 1997. También se conoce como Supercontinente Vendiano y Gran

Gondwana. Este último término fue propuesto por Stern en 1994 y reconoce que el supercontinente Gondwana, que se formó a finales del Precámbrico, fue una vez mucho más grande.

- **Secuencia transgresiva:** Secuencia que refleja un episodio transgresivo caracterizado por la superposición hacia el techo de facies cada vez más marinas, y dentro de estas, más profundas
- **Sierra:** Cordillera de montes o peñascos cortados.
- **Talud:** Inclinación natural del terreno o de un muro.
- **Tempestita:** Depósito sedimentario que muestra evidencias de perturbaciones violentas de sedimentos preexistentes seguidos por su rápida redeposición, todo bajo agua vadosa poco profunda.
- **Tillitas:** Depósito de origen glacial constituido por una mezcla sin clasificar de material fino, arenas y cantos, incluso de gran tamaño, cementados por material arcilloso.
- **Turbiditas:** Roca sedimentaria formada por las corrientes de turbidez submarinas, lacustres o fluviales.