



Geología de la hoja 3760-30-1-a, Cerro Tandileofú, Escala 1:25.000.

Partido de Tandil, provincia de Buenos Aires.

Trabajo Final de Licenciatura

Fernando Blanco

Dirección: Dr. Horacio Echeveste

Co-dirección: Dr. Raúl Fernández

RESUMEN.....	
1ABSTRACT.....	
1	
1. INTRODUCCIÓN.....	2
Naturaleza y metodología del trabajo.....	2
Investigaciones anteriores	
.....3Situación y características	
geográficas.....	3
2. GEOLOGÍA.....	
5Relaciones	
generales.....	52.1.
Paleoproterozoico.....	6 2.2.
Paleo-Mesoproterozoico.....	162.3
Cenozoico.....	18
3. TECTÓNICA.....	20
4. GEOMORFOLOGÍA.....	21
5. HISTORIA GEOLÓGICA.....	22
6. RECURSOS MINERALES.....	23
7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO.....	24
8. BIBLIOGRAFÍA.....	25

RESUMEN

La hoja geológica Cerro Tandileofú 3760-30-1-a se encuentra situada en la Provincia Geológica de Tandilia, entre los paralelos de 37°20' y 37°25' de latitud sur y los meridianos de 58°52'30" y 59° de longitud oeste. La región se define como un área interserrana en la cual se destacan elevaciones formadas por dos cerros principales con alturas entre 120 y 435 metros sobre el nivel del mar y un entorno llano con campos de cultivo.

Los afloramientos de la zona corresponden al basamento ígneo metamórfico del Complejo Buenos Aires, con una larga historia geológica, principalmente dentro del ciclo Transamazónico, con edades de 2200 a 1600 millones de años. Presenta rocas metamórficas compuestas por migmatitas principalmente, rocas ígneas compuestas por cuerpos de composición granítica emplazados en el basamento metamórfico y enjambres de diques correspondientes a dos familias, la Serie Calcoalcálica y Serie Tholeiítica, ambos dispuestos con rumbo general este-oeste que cortan a las rocas anteriores. La provincia de Buenos Aires posee importantes yacimientos de rocas de aplicación y minerales industriales. La actividad minera en Tandil es de gran importancia ya que las rocas del basamento se utilizan en la fabricación de varios materiales, destinados a la industria de la construcción como piedra partida, elementos básicos u ornamentales para revestimientos de edificios y otros.

ABSTRACT

The geological map Cerro Tandileofú 3760-30-1-a is located in the Geological Province of Tandilia, between the parallels 37°20' and 37°25' (south latitude) and the meridians 58°52'30" and 59° (west longitude). The region can be defined as an interserrana area and some elevations stand out. There are two main hills with heights between 120 and 435 meters above the sea level and a flat environment with cultivated lands.

The outcrops of the area correspond to the igneous metamorphic basement of the Complejo Buenos Aires, with a vast geological history, mainly within the Transamazonian cycle, that are between 2200 to 1600 million years old. This area exhibits metamorphic rocks mainly composed of migmatites, igneous rocks composed of bodies of granite located in the metamorphic basement and swarms of dykes corresponding to two families, the calc-alkaline and tholeiitic suites, both arranged in a general east-west direction that cut the previous rocks.

The province of Buenos Aires has important deposits of building rocks and industrial minerals. Mining industry is very important in Tandil as the basement rocks are used as raw material in the manufacture of other materials in the construction industry and also as basic or ornamental elements, such as building coatings.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por finalidad dar a conocer los resultados alcanzados con el proceso de ejecución de la Hoja Geológica Cerro Tandileofú 760-30-1-a, escala 1:25000, realizada en el marco del Trabajo Final de Licenciatura de quien suscribe, elaborado en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo con la finalidad de alcanzar el título de Licenciado en Geología. El trabajo ha sido editado siguiendo las normas del Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina del Servicio Geológico Minero Argentino (Servicio Geológico Minero Argentino, 1994).

Naturaleza y metodología del trabajo

La confección de la cartografía se generó a partir de un mapa base constituido por una imagen CNES/Airbus de alta resolución obtenida del software Google Earth y la utilización de la carta topográfica de la república argentina Fulton, hoja 3760-30-1 a escala 1:50.000 del IGN.

Se realizó un trabajo previo de gabinete, recopilación bibliográfica de los antecedentes de la región, se georreferenció la imagen y se generó un mapa geológico preliminar mediante la utilización del software ArcGIS (Sistema de Información Geográfica) y Corel Draw como herramienta de edición. Otro software utilizado fue el Envi 5.3 para combinación de bandas y realce de litologías, por ejemplo, de los diques riolíticos y andesíticos.

Posteriormente se efectuó el control de campo durante el cual se realizó muestreo litológico de las diferentes unidades geológicas y toma de puntos de interés utilizando GPS.

Las muestras fueron analizadas petrográficamente mediante microscopio óptico en el Instituto de Recursos Minerales (INREMI). Los análisis geoquímicos de las rocas metamórficas y granitoides provienen de muestreos previos realizado por personal del INREMI en el marco de un proyecto de investigación destinado al estudio del enjambre de diques del Sistema de Tandilia, con la participación de las universidades de San Pablo (Brasil), Trieste y Padua (Italia). Los análisis químicos fueron determinados mediante un espectrómetro PW 1404 FRX sobre “pastillas” de material pulverizado del Departamento

de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Trieste. La precisión para los resultados de elementos mayoritarios fue entre 2-3% y para los elementos traza 7-10%. El hierro ferroso se determinó con titulación redox, el LOI se determinó a 1100°C y se corrigió para la oxidación del Fe^{+2} .

Debido a la situación mundial de la pandemia (Covid-19) no fue posible la toma de fotos de cortes delgados debido al cierre del INREMI donde se encuentra todo el material necesario.

Investigaciones anteriores

El área mapeada pertenece a la provincia geológica denominada Tandilia (Nágera, 1940). Entre los trabajos regionales de mapeo geológico de esta unidad morfoestructural pueden citarse los de Villar Fabre (1955) y Teruggi et al. (1962), ambos mapas regionales a escala 1:200.000, de las Sierras de Azul y del sector oriental del Sistema de Tandilia, respectivamente, y otro a escala 1:250.000 en las sierras al sur de la ciudad de Tandil (Teruggi et al., 1974). Lema y Cucchi (1985) publican el mapa geológico de la Sierra Alta de Vela a escala 1:80.000, mientras que Varela et al. (1989) presentan un mapa de la misma zona a escala 1:66.000. El área de Cinco Cerros, al norte de la ciudad de Balcarce, cuenta con un mapa geológico a escala 1:50.000 (Massonne et al., 2012). Echeveste et al. (1996) presentan un mapa geológico a escala 1:60.000 de un área en el sector sur de las sierras de Tandil, mientras que Ramos et al. (1990) publican un mapa de los cerros Albión y San Luis a escala 1:76.000 modificado de uno de Teruggi et al. (1988). Con respecto a las variedades litológicas de la zona relevada en la presente contribución se puede citar a Benvenuti (1951) que menciona fenómenos de granitización, Cortelezzi y Rabassa (1976) quienes reconocen rocas filonianas emplazadas en migmatitas graníticas y granodioritas y bancos de wackes en la parte superior del cerro Tandileofú. Dalla Salda y Franzese (1985) reconocen y caracterizan las rocas graníticas del área, mientras que Lema y Cucchi (1981) mencionan la presencia de metavulcanitas. Por otra parte, varios trabajos abordan la mineralogía, geoquímica, petrología y edad del enjambre de diques intruidos en las rocas del basamento (Echeveste y Fernández, 1994; Fernández y Echeveste, 1995; Lacumín et al., 2001; Teixeira et al., 2002, entre otros).

Situación y características geográficas

La hoja 3760-30-1-a se encuentra ubicada en la provincia Buenos Aires a unos 10 km al ESE de la ciudad de Tandil. Cubre una superficie de unos 110 kilómetros cuadrados. Se accede desde Tandil por la ruta provincial N 74 o por la ruta nacional 226. El área está limitada por los paralelos de 37°20' y 37°25' de latitud sur y los meridianos de 58°52'30" y 59° de longitud oeste (Fig. 1). Las alturas de las sierras en la zona de estudio varían entre 120 y 435 m.s.n.m., destacándose dos cerros principales que dominan el área, el Cerro Redondo ubicado en el borde oeste de la hoja, de 308 m de altura, y el Cerro Tandileofú ubicado al este del primero de 435 m (Fig. 2). El arroyo Cerrillada, de orientación este-oeste, afluente del arroyo Las chilcas, drena la zona sur de los cerros mencionados, mientras que el arroyo Tandileofú de orientación NNE-SSO corta el vértice NO de la hoja. Las pendientes varían entre el 50% en las zonas más escarpadas del Cerro Tandileofú a 0,5% en el vértice sudeste de la hoja.

Situación de la hoja

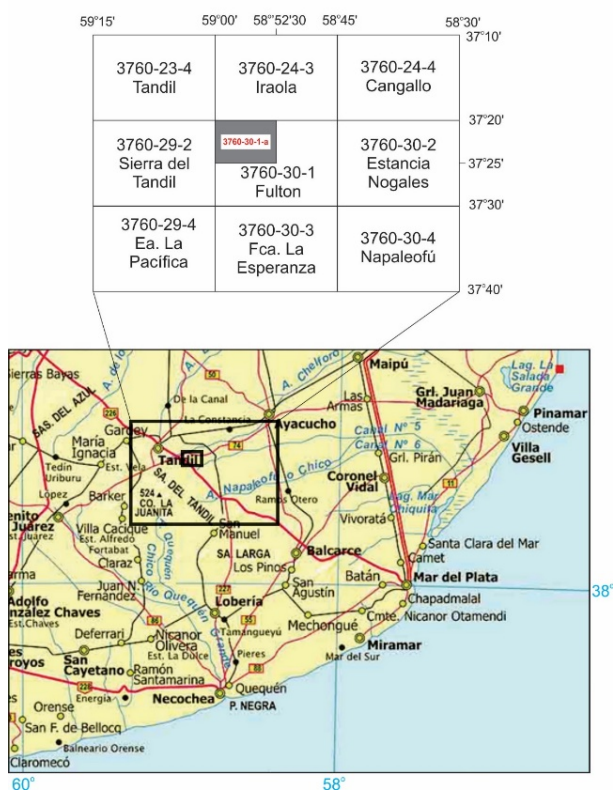


Figura 1. Arriba: situación de la hoja 3760-30-1-a dentro de la hoja Fulton de escala 1:50000

Abajo: ubicación regional de la zona de estudio.



Figura 2. Cerro Redondo (adelante) y Tandileofú (atrás) visto desde el NW

GEOLOGÍA

Relaciones generales

La zona se ubica dentro de la provincia geológica Tandilia (Nágera, 1932 y 1933) o Sistema de Tandilia (Cingolani, 2011); está caracterizada por su gran antigüedad, una larga historia geológica, la diversidad de rocas ígneo-metamórficas, una compleja estructura y una cubierta precámbrica-eopaleozoica y cenozoica (Dalla Salda et al. 2006). Es un sistema de bloques, formado por sierras y cerros bajos, aislados entre sí por sedimentos cuaternarios (Teruggi y Kilmurray, 1975). El sistema tiene un rumbo general noroeste-sudeste, su extensión es de 350 km desde las ciudades de Olavarría hasta Mar del Plata. El cordón serrano es discontinuo y de relieve bajo, y su zona central se ensancha hasta unos 60 km.

El basamento del Sistema de Tandilia está compuesto por gneises graníticos a tonalíticos, migmatitas, anfibolitas, escasos esquistos y mármoles, diques ácidos y básicos, y numerosos plutones mayores y menores de granitoides. Esta asociación típica de basamento cristalino fue llamada Complejo Buenos Aires (Marchese y Di Paola, 1975). Datos radiométricos indican una larga historia geológica, principalmente dentro del ciclo Transamazónico (Teruggi y Kilmurray, 1975, 1980; Dalla Salda et al., 1988), con edades de 2200 a 1600 millones de años.

Dentro de las rocas metamórficas, las anfibolitas son comunes y abundantes en las regiones central y sur de las sierras, son bandeadas con afinidades paraanfibolíticas y en

otros, más macizas, semejan ortoanfibolitas; en general se trata de rocas cuarzo-plagioclásicas con hornblenda, epidoto y micas (biotita y/o clorita). Las migmatitas heterogéneas son frecuentes, la variedad más común es la epibolita de leucosoma cuarzo-feldespático con granates neoformados, están deformadas y a menudo pasando transicionalmente a gneises u otras variedades de migmatitas. Los escasos esquistos son micáceos y algo bandeados. Los mármoles son oficalcíticos y serpentínicos con relictos olivínicos (Dalla Salda et al., 2006).

Es importante destacar que Teruggi et al. (1988) describen a la Formación El Cortijo, ubicada poco al sur de la ciudad de Tandil; como una unidad de metamorfitas de bajo grado compuesta por metacherts, metagrauvacas y metabasitas, interpretándola como una escama de corteza oceánica proterozoica.

Los cuerpos de granitos (sentido estricto) se distribuyen en dos áreas preferenciales, una ubicada a la latitud de la ciudad de Tandil, dispuesta como una faja de dirección este-oeste que se extiende aproximadamente desde la población de Gardey al oeste, hasta el cerro Tandileofú al este, y otra al sur de la anterior, que abarca parte de la Sierra del Tigre y la porción sur de la Sierra Alta de Vela (Dalla Salda y Franzese, 1985). Los granitos de la faja norte, aparecen bien expuestos en las canteras Villa Mónica, Albión, Leones y Cerro Federación, en las zonas central y occidental de la faja, y en los Cerros Tandileofú y Redondo en la zona este.

El Complejo Buenos Aires hospeda un extenso enjambre de diques proterozoicos descritos inicialmente por Villar Fabre (1955), Quartino y Villar Fabre (1967), Teruggi et al. (1974), Lema y Cucchi (1981), Dristas (1983), Kilmurray et al. (1985), Echeveste y Fernández (1994), Iacumin et al. (2001) y Teixeira et al. (2002). Los más antiguos, de edad transamazónica (Teixeira et al., 2002), corresponden a un volcanismo bimodal perteneciente a una asociación calcoalcalina (Fernández y Echeveste, 1995; Iacumin et al., 2001), integrada por diques de composición andesítica y riolítica. Los más jóvenes, de ~1600 Ma (Teixeira et al., 2002), son máficos y tholeiíticos (Echeveste y Fernández, 1994; Iacumin et al., 2001), y dentro de ellos fueron reconocidos también dos grupos, diabasas (Teruggi et al., 1974), presentes en las Sierras de Azul y Tandil y diques basálticos de alto TiO_2 , solo reconocidos en Cerro Tandileofú (Teruggi et al., 1988).

2.1. Paleoproterozoico

En el área de la carta 3760-30-1-a se encuentran representadas diferentes litologías de rocas paleoproterozoicas: el basamento metamórfico compuesto por migmatitas

principalmente, rocas ígneas compuestas por cuerpos de composición granítica emplazados en el basamento metamórfico y un enjambre de diques dispuesto con rumbo general este-oeste que cortan a las rocas anteriores. Los diques Paleoproterozoicos corresponden a dos composiciones, riolítica y andesítica, pertenecientes a una serie calcoalcalina. Las edades de estas rocas se encuentran datadas para el ciclo orogénico Transamazónico variando entre 2200 a 1800 millones de años.

Metamorfitas

Las rocas metamórficas, son migmatitas muy heterogéneas deformadas, con textura granuda media a gruesa, coloraciones verdosas con presencia de paleosomas y leucosomas. Se observan cristales de cuarzo, feldespatos alcalinos y abundantes minerales máficos (Fig. 3).

En sección delgada se reconocen texturas de intercrecimiento pertitas y antipertita en las plagioclasas (An_{10-20}), cristales de biotita, muscovita y cuarzo. En menor proporción feldespato potásico, anfíbol, epidoto, apatita y pennina. El cuarzo se encuentra en dos condiciones diferentes; recristalización de bordes evidenciando condiciones ductiles de mayor temperatura o profundidad, y también fragmentado o parcialmente cataclastizado, el cual podría responder a un moderado metamorfismo dinámico mediante reactivaciones de cizalla en condiciones más superficiales o frías. Según la clasificación de Sawyer (2008) es una metatexita estromática ya que posee estructura bandeada bien heterogénea. En la figura 3 se observan los leucosomas isoclinalmente plegados.

Se dispone de veintiocho análisis geoquímicos de rocas migmatíticas heterogéneas, tomadas en las canteras San Luis, Tandileofú, Brigitte y Don Lino. Los contenidos de SiO_2 varían entre 56 - 76 % y los contenidos de álcalis entre 5 - 8,7 %.

Las muestras fueron ploteadas en diferentes diagramas para analizar composición y procedencia. Las metamorfitas tienen un amplio rango composicional que va desde diorítica, sieno-diorítica, granodiorítica y, en su mayoría, granítica, las cuales presentan una tendencia comagmática (Fig. 4).

En relación al diagrama R1 R2 (Batchelor y Bowden, 1985), las metamorfitas responden a un ambiente geotectónico pre y sin-colisional (Fig. 5).



Figura 3A. Migmatitas pertenecientes al basamento metamórfico, coloración gris verdosa con textura bandeada. Presencia de neosomas plegados en forma isoclinal.



Figura3B. Muestra de mano. Se observa una textura granuda con cristales de feldespato alcalino, cuarzo y abundantes mafitos.

Pearce et al., (1984) presentan el diagrama de variación Y vs Nb y afirman que tanto el Niobio como el Ytrio entre otros, son elementos fundamentales para determinar el ambiente geotectónico asociado a las rocas. Las metamorfitas de la zona de estudio otorgan una procedencia sin-orogénica y de arco volcánico (Fig. 6).

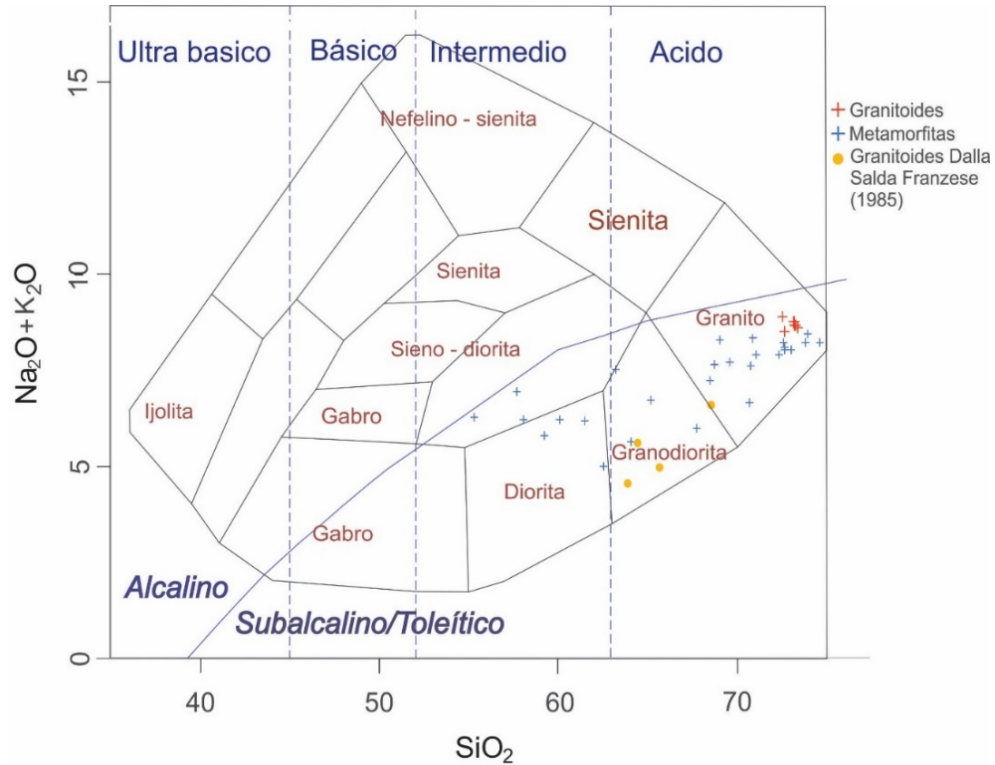


Figura 4. DiagramaCox (Cox et al., 1979)

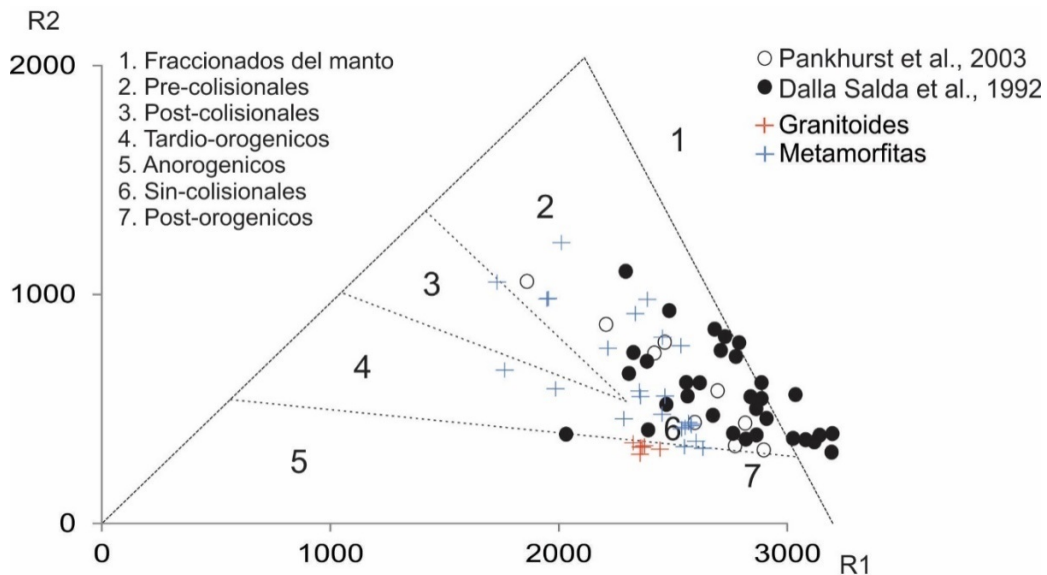


Figura 5. R1-R2 (Batchelor and Bowden, 1985)

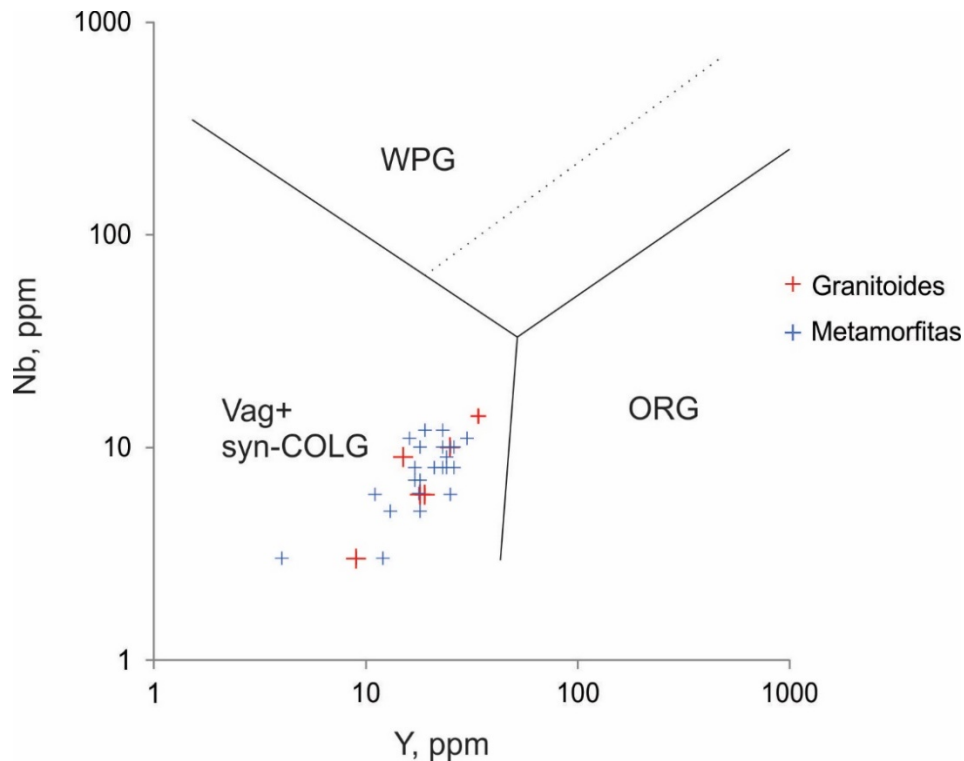


Figura 6. Diagrama Y vs Nb (Pearce et al. 1984)

Granitoides

Las rocas graníticas se encuentran emplazadas en las rocas metamórficas anteriormente nombradas. Se identificaron tres variedades litológicas, dos de ellas aflorantes en los cerros Tandileofú y Redondo, la tercera pertenece a un afloramiento de escaso desarrollo vertical en el borde sur de la hoja, a la vera del camino vecinal que conduce a la localidad Fulton.

El granito del Cerro Tandileofú aflora en la zona más alta del cerro homónimo. El afloramiento es alargado en sentido este-oeste, posee una dimensión máxima de 1200 metros de largo por 500 metros de ancho con un área de unas 38 hectáreas.

En el campo es heterogéneo, se identificaron zonas de grano más grueso alternando con otras más finas, con texturas granudas y tamaños de grano entre 1 y 4 mm. Estos granitos están compuestos por cristales de feldespatos alcalinos, cuarzo, anfíbol y biotita (Fig. 7).



Figura 7. Granitoide del Cerro Tandileofú. Se observa una textura granuda con presencia de cuarzo, plagioclasa (andesina) y biotita.

En sección delgada presentan una textura microgranuda, cristales de plagioclasas de 3mm con maclas polisintéticas (An_{40} , según Dalla Salda y Franzese, 1985), cuarzo subhedral con extinción ondulosa y bordes recrystalizados. Participan biotita y anfíbol, muscovita y minerales accesorios como circón y apatita. La biotita se encuentra alterada parcialmente a clorita. Presenta microclino, quizá derivado de ortosa que se triclinizó por deformación tectónica y/o metamorfismo

El afloramiento granítico del Cerro Redondo alcanza dimensiones de 670 m de largo por 500 m de ancho, ocupando un área de unas 27 hectáreas (Fig.8)



Figura 8. Cerro Redondo vista desde el NO.

Esta roca se caracteriza por tener un aspecto más homogéneo, coloración gris clara, fenocristales de plagioclasas con maclas polisintética, acompañados por cuarzo y mafitos de 4 a 8 mm.

En sección delgada presenta textura granuda, cristales de plagioclasas (An_{38} , según Dalla Salda y Franzese, 1985), anfíboles prismáticos, epidoto y cuarzo en mortero evidenciando procesos cataclásticos, biotita alterada a clorita

En el camino hacia la localidad de Fulton hay un pequeño afloramiento que ocupa un área aproximada de dos hectáreas denominada Tonalita Fulton (Ronconi et al., 1994). El afloramiento es alargado, tiene orientación NO-SE y una extensión de 200m con 80m de ancho. Presenta granulometría gruesa, textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa alcalina rodeados por cristales de cuarzo y maficos más finos.

Al microscopio presenta textura porfiroide, fenocristales de plagioclasa del tipo oligoclasa de hasta 8mm con maclas polisintéticas. Presenta bandas de cuarzo y biotita que rodean a los fenocristales, hornblenda y epidoto. Plagioclasas parcialmente alteradas a sericita, biotita flexurada y desferrizada con minerales opacos asociados. Como mineral accesorio se reconoció apatita.

Se dispone de 8 análisis químicos de las rocas graníticas recolectadas en el Cerro Tandileofú, al suroeste de la Cantera Miraflores. Estos datos muestran variaciones del porcentaje de SiO_2 entre el 74-76 %, y el del álcalis entre 8,7-9,1 %.

Este granito muestra un rango composicional muy restringido, quedando proyectado en el campo de los granitos (Fig.4). Se cuenta, además, con el diagrama AFM (Fig.9) el cual indica una ligera tendencia calcoalcalina con enriquecimiento en álcalis.

A diferencia del presente trabajo, las muestras de Dalla Salda y Franzese (1985) son de composición granodiorítica (Fig.4). Y respecto al AFM poseen una mayor dispersión siguiendo la tendencia calcoalcalina. A partir de estos datos se pueden obtener dos interpretaciones: a) que Dalla Salda y Franzese (1985) hayan analizado granitos que no fueron identificados en este trabajo, o b) que dichos autores hayan muestreado las migmatitas heterogéneas de apariencia granítica.

En el diagrama de Batchelor y Bowden (1985) (Fig.5), los granitoides agrupan en el campo de un ambiente tectónico sin-orogénico, al igual que en el de Yvs Nb (Pearce et al., 1984) (Fig.6), en el cual muestran, además una procedencia de arco volcánico.

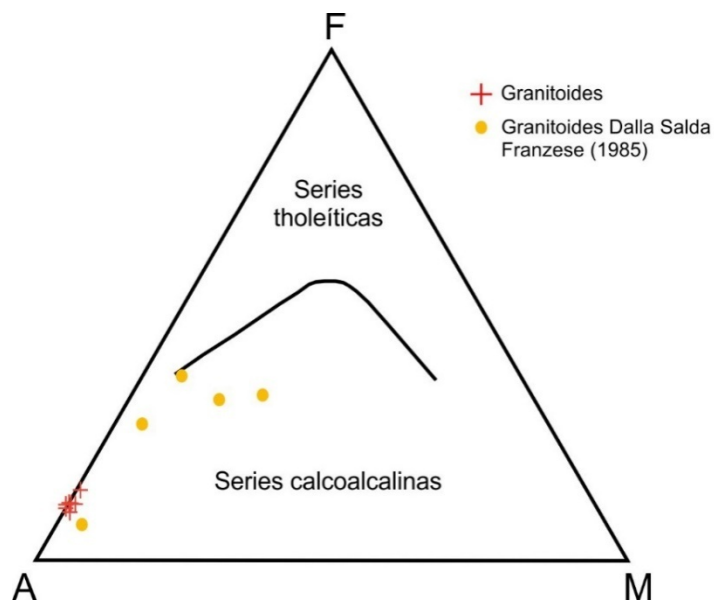


Figura 9. Diagrama AFM (Irvine y Baragar, 1971)

Diques calcoalcalinos

Las rocas filonianas calcoalcalinas son las más abundantes y están situadas en su mayoría en el Cerro Tandileofú, dispuestas con rumbo este-oeste. Dentro de este grupo se identificaron los diques de composición andesítica y riolítica con comportamiento bimodal bien marcado. Para una mejor visualización de los diques se utilizaron imágenes satelitales Landsat 7 TM con bandas combinadas mediante el software Envi 5.3 tomado de Marchionni et al., (2002) (Fig.10).

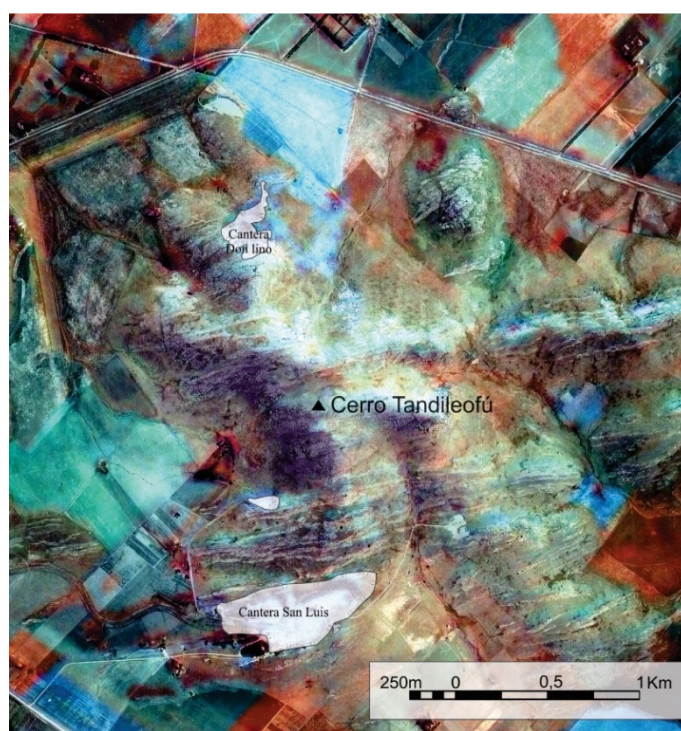


Figura 10. Falso color utilizado para discriminar los lineamientos de los diques. (Marchionni et al., 2002)

Andesitas

Los diques andesíticos son cuerpos sub-verticales de espesor variable entre 0.5 y 10 m, muy bien expuestos en la cantera San Luis y Tandileofú. Son de color gris verdoso, de grano fino e incipiente textura holocristalina porfírica con tablillas de plagioclasa alcalina y anfíbol.

Al microscopio, presentan feldespato alcalino, cuarzo y anfíbol alterado a pennina y epidoto. Plagioclasas (An_{24-34}) alteradas a sericita y calcita. Como minerales accesorios contienen apatita, circón, rutilo y sulfuros. Muestran leve alteración propilítica que no afectó demasiado la movilidad de elementos ni la composición química global de las muestras ploteadas.

Se dispone de dieciséis análisis químicos de estos diques. Las muestras fueron tomadas en su mayoría la cantera Tandileofú y otras en la cantera San Luis. Estos datos muestran contenidos de SiO_2 entre 54-59 % y de álcalis entre 3.8-6 %. El $N^{\circ}Mg$ entre 68 y 53, indica que es el grupo que posee los magmas menos evolucionados (Fernández y Echeveste1995).

La edad de emplazamiento de los diques calcoalcalinos fue definida a partir del método $^{40}Ar-^{39}Ar$ con edades de 2020 y 2007 Ma (Texeira et al., 2002) siendo contemporáneos con las intrusiones de granitoides pre-colisionales (Varela et al., 1988; Dalla Salda et al., 1992).

Riolitas

Los primeros en identificar estas rocas en el Cerro Tandileofú fueron Lema y Cucchi (1981). Estos diques de composición riolítica cortan a los andesíticos y conforman cuerpos variables de hasta 30 metros de espesor, bien expuestos en las canteras Tandileofú, Briggite, Miraflores y San Luis. En la cantera Briggite se encuentra un gran afloramiento de uno de estos diques con rumbo este-oeste, 15 metros de espesor e inclinación $60^{\circ}S$.

Son rocas de color gris oscuro en las salbandas de grano fino y gris claro en su parte central. Presentan textura porfírica con fenocristales aislados de oligoclasa de hasta 2 mm y otros más pequeños y menos abundantes de cuarzo y feldespato alcalino, dispuestos en una matriz felsítica de grano fino (Fig.11).



Figura 11A. Muestra de mano de dique riolítico. Se observan cristales de plagioclasa cuarzo y mafitos, rodeados por una pasta felsítica.



Figura 11B. Afloramiento de dique riolítico intruyendo el basamento metamórfico en la Cantera San Luis.



Figura 11C. Afloramiento de dique riolítico en antiguo frente de explotación de la Cantera San Luis

La pasta está formada por cuarzo, plagioclasa (An_{10-30}), feldespato alcalino, epidoto y clorita. Como minerales accesorios, apatita, circón, rutilo, fluorita y allanita. En algunos casos están afectados por metamorfismo dinámico.

Se dispone de ocho análisis químicos de los diques riolíticos tomadas en el Cerro Tandileofú, en las canteras San Luis, Don Lino, Brigitte y Tandileofú. Los análisis muestran los mayores porcentajes de SiO_2 y álcalis, variando entre 73-77 % y 7,6-8,87 % respectivamente (Fig. 12).

Los contenidos de MgO varían entre 7,0 y 3,7 % en peso y presentan anomalías negativas en Nb y Ti. Tienen altos contenidos en elementos incompatibles con una muy alta relación (La/Yb) N (entre 15 y 40) y una significativa anomalía negativa en Eu. El $N^{\circ}Mg$ de 17 indica que es el magma más evolucionado.

2.2 Paleo-Mesoproterozoico

Diques basálticos

En el sistema de Tandilia las rocas filonianas de la asociación tholeiítica corresponden a diabasas y diques basálticos de alto TiO_2 . En la zona de estudio solo se reconocieron los

basálticos titaníferos en la Cantera Don Lino. Tienen espesores variables entre decenas de centímetros y algunos metros, rumbo E-O a NO-SE y posición sub-vertical.

Son de color gris oscuro a negro, grano muy fino en los bordes y grano medio hacia el centro, donde se observan tablillas de plagioclasa y de ilmenita, de aspecto vítreo en los cuerpos más delgados o en los bordes más potentes.

Al microscopio se observa una textura porfírica con pasta intergranular y en ocasiones traquítica, con fenocristales de plagioclasa (An_{50-60}) y piroxeno. La plagioclasa más abundante es Labradorita con cristales tabulares de hasta 2 mm y rodeadas de una pasta con tablillas alteradas a clorita y sericita. Presentan clinopiroxenos, augita y titanoaugita, como fenocristales aislados de 1 a 2 mm y hábito columnar. Además, hay granos de olivinas casi o totalmente reemplazados por serpentina. Los minerales accesorios son ilmenita y rutilo.

Se dispone de ocho análisis químicos de los diques basálticos, las muestras fueron tomadas en la cantera Don Lino. Los porcentajes de SiO_2 y álcalis son los más bajos en comparación con las rocas filonianas antes nombradas; variando el contenido de SiO_2 entre 45-49 % y de álcalis 2.4-5 %. Tienen contenidos de MgO entre 6,9 y 3,9 % en peso y TiO_2 entre 1,71 y 3,74 % en peso, P_2O_5 , REE, Zr y Nb.

Los basaltos presentan una anomalía positiva en Ba, Nb y P y una fuerte anomalía negativa en Sr. Con respecto al $N^o Mg$ está comprendido entre 61 y 42 (Fernández y Echeveste, 1995). Se observa su evolución con una tendencia de enriquecimiento en SiO_2 y álcalis dentro del campo de los basaltos (Fig.12). La edad de emplazamiento de estos diques es mas joven en relación con los riolíticos, y corresponde a 1588 ± 11 Ma (Texeira et al., 2002).

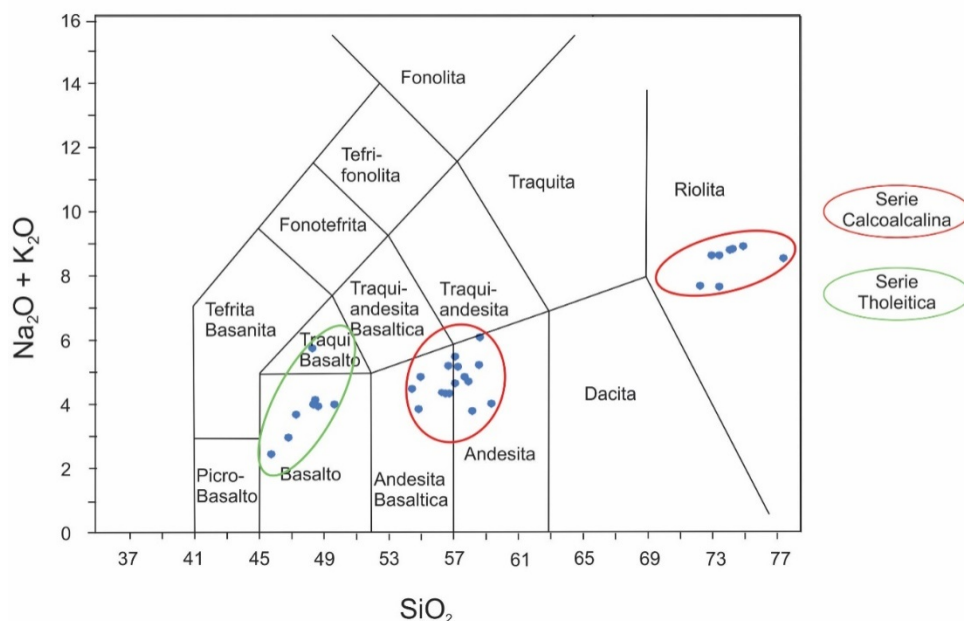


Figura 12. Diagrama TAS (Le Maitre et al., 1984)

2.3 Cenozoico

Las unidades sedimentarias pertenecientes a esta Era, las Formaciones Barker, Vela y Las Animas, fueron reconocidas por Rabassa (1973) en un pequeño destape en la zona de la Cantera San Luis. Si bien en este trabajo no pudieron ser identificadas, son descriptas a continuación ya que se encontrarían en el subsuelo por debajo de depósitos coluviales y suelos del sector estudiado.

2.3.1 Neógeno

Formación Barker (Mioceno - Plioceno)

Sobre las rocas proterozoicas se apoya en inconformidad la Formación Barker formada por depósitos psefíticos de tipo fanglomerado, con matriz limosa de color castaño rojizo. Presenta rodados de diferentes tamaños entre 10 y 20 cm de diámetro sin ordenamiento ni gradación vertical, hacia el techo hay una discordancia erosiva (Rabassa, 1973). Son esencialmente fluviales, con desarrollo de paleosuelos. En base a los restos fósiles, esta unidad es asignada a la Edad/Piso Montehermosense-Chapadmalalense, mientras que el registro paleomagnético correspondería a los crones C3A, Gilbert y Gauss (Samus et al., 2017).

2.3.2 Cuaternario

Formación Vela (Pleistoceno medio)

La Formación Vela fue descripta por Rabassa (1973), se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación Barker y mayormente corresponde a limolitas con abundante carbonato de calcio y rodados de basamento con tamaños entre 3 y 5 cm, distribuidos en lentes. El depósito se acuña hacia la sierra, pero su espesor aumenta considerablemente pendiente abajo. En los niveles superiores presenta un manto de tosca. Presenta restos fósiles de Edad/Piso Bonaerense-Lujanense y se lo asigna al Pleistoceno medio (Gómez Samus et al., 2017).

Formación Las Animas (Pleistoceno - Holoceno)

Por encima de la unidad anterior se dispone la Formación Las Animas compuesta de limos loessoides castaño amarillentos y rodados pequeños de 3 cm pertenecientes al basamento. Se diferencia del resto de las unidades por la ausencia de estructuras y tosca (Rabassa, 1973). La depositación de la Formación Las Animas parece abarcar los últimos 40,000 años. Sin embargo, esto podría estar relacionado con un ingreso principal de

sedimentos transportados por el viento durante los períodos secos, incluido el último máximo glacial (Gómez Samus et al., 2017).

Formación Tandileofú (Pleistoceno - Holoceno)

La Formación Tandileofú fue reconocida en el arroyo homónimo en el extremo noroeste de la hoja. Está compuesta por arena gruesa de color castaño verdoso con concreciones de tosca, hacia el techo pasa a limos grisáceos con concreciones de óxidos de Fe/Mn, mostrando un arreglo granodecreciente. Su base no está expuesta. Esta unidad se caracteriza por estar restringida a relleno de valles fluviales (Ruiz de Galarreta et al., 2011) y sería coetánea con la parte basal de la Formación Las Animas (Rabassa, 1973). Por encima se reconocieron 90 cm de depósitos de aluvio moderno. En la figura 11 se muestra el perfil levantado en el arroyo Tandileofú, en proximidades del puente sobre la ruta 74.

Depósitos coluviales, aluviales y suelos (Holoceno)

La mayor parte de la hoja está cubierta por sedimentos coluviales inconsolidados asentados sobre la parte baja de los faldeos y al pie de los Cerros Redondo y Tandileufú. Sobre ellos se desarrollan suelos que son aprovechados agronómicamente. Los sedimentos aluviales -desde gravas a limos- se hallan en las planicies de inundación de los arroyos Tandileofú y Cerrillada.

Perfil Arroyo Tandileofú

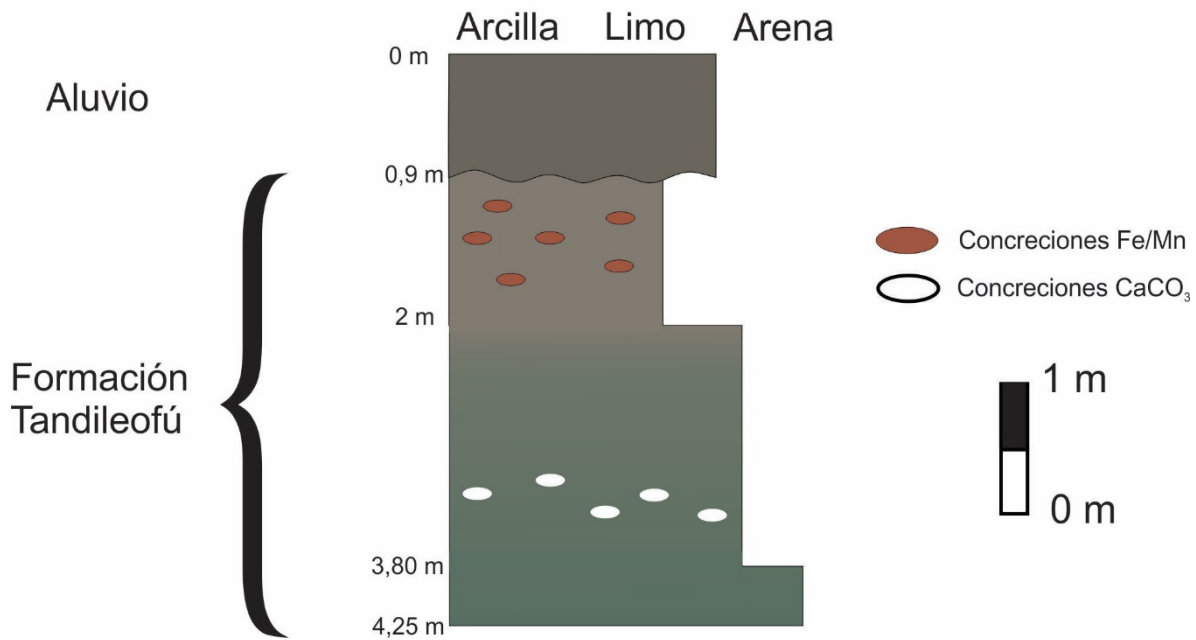


Figura 13. La Formación Tandileofú compuesta de arena gruesa, coloraciones castaño verdosas con presencia de concreciones de tosca. Hacia el techo granulometría limo de coloración grisácea con concreciones de Fe/Mn. Por encima 90 cm de depósitos de aluvio.

3. TECTÓNICA

El Cratón del Río de la Plata es uno de los terrenos que conforma la corteza precámbrica de Sudamérica, caracterizado por su evolución durante tres orogénesis principales: Arqueana, Transamazónica y Brasiliana (Almeida et al., 2000). En la provincia geológica de Tandilia, como en todos los complejos ígneo-metamórficos proterozoicos, las estructuras son más complicadas de observar e interpretar que la litología. La cubierta sedimentaria, la alteración y el nivel estructural expuesto, dificultan la identificación de los procesos tectónicos. Es necesario separar la deformación estructural en dos eventos (Dalla Salda, 1981): (a) el primero (F1), caracterizado por un plegamiento recumbente y sin-metamórfico con ejes este-oeste (Teruggi et al., 1973). Según estos autores esta deformación fue acompañada de un metamorfismo de bajo rango (M1), facies esquistos verdes y grado clorita. (b) El segundo y principal evento deformacional, regional y de mayor extensión en Tandilia (F2), que deformó F1, se relaciona con el emplazamiento de los granitoides sintectónicos fechados en 1850 Ma (Dalla Salda et al. 2006), mostrando trenes de pliegues orientados noreste-sudoeste (dominio B de Teruggi et al., 1973) y lineación mineral, entre otras estructuras menores. El evento metamórfico M2, que

alcanzó las facies de esquistos verdes grado biotita-granate, muestra su mayor grado en Balcarce (Teruggi et al., 1973; Dalla Salda, 1981). (c) Un tercer evento tectónico (F3) desarrolló pliegues orientados noroeste a sudeste (planos axiales casi verticales) afectando las estructuras F1 y F2. Los granitoides se emplazaron durante el cierre de la fase F2, evolucionando hasta algo después de la fase F3 (Dalla Salda et al., 2006). Acotando el análisis tectónico a la zona de estudio, es posible interpretar que el evento deformacional F1 fue el predominante. Las evidencias de esta interpretación corresponden a la disposición de los enjambres de diques y de los granitoides emplazados. Si bien el emplazamiento de los granitoides se produce en el evento deformación principal (F2) se habría conservado de manera relictual la disposición estructural del evento F1.

4. GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio está formada por dos cerros principales con alturas entre 120 y 400 m.s.n.m. y un entorno llano con campos de cultivo. Los cerros tienen aspecto de domo y entre ellos se desarrollan rasgos menores (Gentile, 2009). Estas formas se las identifica en aquellos lugares con presencia de bochones graníticos, como lo son el Cerro Redondo y la cima del Cerro Tandileofú y, en menor jerarquía, en la Tonalita Fulton. Siguiendo con el análisis de la topografía en relación con la litología; se observa a los cuerpos filonianos como relieve positivo y al basamento metamórfico que los rodea como depresiones, con mayor facilidad de erosión y presencia de vegetación asociada.

Las rocas presentan fracturas abiertas y cerradas de fuerte inclinación y otras aproximadamente paralelas a la superficie del terreno (fracturas en laja), estas últimas, a veces asociadas a otras de fuerte inclinación han generado estructuras en laja de tamaños y formas variables.

La actividad minera ha expuesto zonas meteorizadas y rocas nucleares de un metro de diámetro. Son comunes cuencas rocosas de formas variadas (cubeta, pozo, sillón, con voladizo), carentes o con desarrollo de vegetación y suelo, aisladas o asociadas a canales rocosos. Los movimientos en masa registrados incluyen el desplazamiento de estructuras en lajas en laderas convexas y de parte de bochones (bloques partidos o apartados) movilizadas a lo largo de superficies de rotura. Los rasgos diferenciados son típicos de regiones graníticas del mundo y reflejan en muchos casos el control ejercido por los sistemas de fracturas como por ejemplo vías para la conducción del agua y

meteorización, o también, la distinta susceptibilidad de los minerales a la meteorización química (Gentile, 2009).

5. HISTORIA GEOLÓGICA

El modelo de evolución tectónica del Sistema de Tandilia podría representarse en distintas etapas.

La etapa 1 (2.2 Ga) se caracteriza por la existencia de bloques continentales separados, según datos isotópicos, el protolito de las rocas de la corteza podría ser Neo-arqueano (2.5 - 2.6 Ga). Como consecuencia de una subducción entre estos bloques se desarrollaron arcos magmáticos (Terruggi et al., 1988). Ramos (1999) interpreta la interacción de los terrenos Buenos Aires, El Cortijo y Tandilia como bloques continentales en un sistema tectónico de subducción (Cingolani, 2011).

La etapa 2 (Riácico superior temprano) se interpreta como una colisión continente-continente evidenciada por los cinturones miloníticos de rocas de fondo oceánico y anatexis de rocas corticales. Además, el emplazamiento de los plutones graníticos en el basamento metamórfico y la intrusión de diques calcoalcalinos, afirman que el área estuvo sometida a deformación regional de alta temperatura, milonitización y un evento transtensional.

En la etapa 3 (Riácico - Estatérico) toma lugar la generación de leucogranitos heterogéneos, radigénicos y postcolisionales. Además, ocurre la intrusión de los diques basálticos

En la etapa 4, 5 y 6 (Mesoproterozoico temprano - Neoproterozoico tardío) el basamento ígneo metamórfico sufrió un largo período de pleneplanización (1.6 – 0.9 Ga), influenciado por varios cambios eustáticos del nivel del mar.

A fines del Paleozoico comienza el rift atlántico dando lugar hacia el norte del Sistema de Tandilia el aulacógeno del salado, generando una gran cuenca y, hacia el sur, la cuenca interserrana de Claromecó (Cingolani, 2011), las cuales limitan al Sistema de Tandilia.

La sedimentación del Cenozoico tardío continental habría comenzado con la prefase del tercer movimiento de la Orogenia Andina, cuyo primer efecto sería el inicio de la regresión del Mar Paranaense (Pascual et al., 1965). Los depósitos se caracterizan por su relativa homogeneidad y se comprenden de limos arenosos y limos arcillosos de colores castaños del llamado Plateau de loess de Argentina, de procedencia principalmente andina, pero con evidencias de re-depositación por acción fluvial (Terruggi, 1957).

6. RECURSOS MINERALES

La actividad minera de la Provincia de Buenos Aires, centrada en la extracción y procesamiento de rocas de aplicación y minerales industriales, constituye una industria de trascendencia fundamental para el desarrollo económico regional y contribuye en forma significativa a la producción minera nacional. La estructura productiva minera en este sector está esencialmente vinculada a la industria de la construcción, respondiendo los materiales extraídos a su uso como elementos básicos u ornamentales y como materia prima en la fabricación de otros materiales (Marchionni et al., 2002).

En esta hoja geológica se registra actividad minera en las canteras: Cantera Tandileofú, San Luis, Brigitte, Miraflores y Don Lino, de las cuales actualmente se encuentran en actividad las dos primeras. Allí se explotan el basamento como roca de aplicación con fin de generar piedra partida para la industria de la construcción. (Fig. 13)

En la cantera Briggite antiguamente se explotaba un dique riolítico, roca que por su dureza le otorgaba una gran resistencia a los recubrimientos de molinos de molienda de feldespatos.



Figura 14. Banqueo realizado en el frente de explotación con el fin de generar piedra partida para la industria.

7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

Las sierras de Tandil presentan una geodiversidad con características únicas en la región, las cuales le otorgan su interés. Uno de los accesos a la ciudad de Tandil es a través de

la ruta 74 proviniendo de Ayacucho, la cual otorga una hermosa vista a los afloramientos más antiguos de la provincia. Para una buena apreciación de las rocas de Tandil es necesario observar en cortes frescos como son las canteras, en esta zona las canteras son todas privadas con acceso restringido, pero hay que destacar la Cantera Don Lino. En esta cantera es posible entrar ya que es un centro de interés turístico donde se observa la antigua cantera conformando una cava inundada, además se realiza la actividad de buceo en la misma (Fig. 15).



Figura 15. Antigua cantera Don Lino, utilizada hoy en día para recreación y buceo

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, F.F.M., Brito Neves B.B. y Carneiro C.D.R. 2000. The origin and evolution of the South American platform. *Earth-Science Reviews*, 50 (1-2), 77-111.
- Batchelor, R. A. y Bowden, P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical geology*, 48 (1-4), 43-55.
- Benvenuti, J. C. 1951. Fenómenos de granitización en el Cerro Tandileofu (Tandil). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 6, 207-212.
- Cingolani, C. A. 2011. The Tandilia System of Argentina as a southern extension of the Rio de la Plata craton: an overview. *International Journal of Earth Sciences*, 100 (2-3), 221-242.
- Cortezzi, C. R. y Rabassa, J. 1976. Contribución al conocimiento de la geología del área del Cerro Tandileofu, Tandil, Buenos Aires. XI Congreso Geológico Argentino. 1975, SCI PUBL, 1, 475.
- Cox, K.G., Bell, J.D. y Pankhurst, R.J. 1979. *The Interpretation of Igneous Rocks*. George Allen y Unwin, London, 450 p.
- Dalla Salda, L. 1981. Tandilia, un ejemplo de tectónica de transcurrancia en basamento. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36(2), 204-207.
- Dalla Salda, L. y Franzese, J. 1985. Los granitoides de Tandil. *Primeras Jornadas Geológicas. Bonaerenses*, 845-861.
- Dalla Salda, L., Bossi, J. y Cingolani, C. 1988. The Rio de La Plata cratonic region of Southwestern Gondwana. *Episodes*, 11 (4): 263-269.
- Dalla Salda, L., Franzese, J. y De Posadas, V. G. 1992. The 1,800 Ma mylonite-anatectic granitoid association in Tandilia, Argentina. In *Basement Tectonics 7* (p. 161-174). Springer, Dordrecht.
- Dalla Salda, L., Spalletti, L., Poiré, D., De Barrio, R., Echeveste, H., y Benialgo, A. 2006. Tandilia. *Instituto Superior de Correlacion Geologica, Serie Correlación Geológica*, 21 (1), 17-46.
- Dristas, J.A. 1983. Petrología de una metariolita en la Sierra del Tigre, Tandilia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 38 (2): 192-200.
- Echeveste, H. y Fernández, R. 1994. Asociaciones de óxidos y sulfuros en diques básicos de las Sierras de Tandil, provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Geología*, XI: 99-118.

- Echeveste, H., Marchionni, D. y Ronconi, N. 1996. Petrología y geoquímica de dos cuerpos intrusivos básicos aflorantes en el sector sur del sistema de Tandilia. Provincia de Buenos Aires. Revista del Museo de La Plata, 11(109-113), 149-156.
- Fernández, R. y Echeveste, H. 1995. Caracterización geoquímica y petrológica de diques del Sistema de Tandilia. Argentina. Cuartas Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, 1: 329-337.
- Gentile, R. O. 2009. Geoformas en rocas del basamento cristalino en cerros del área de la Cantera Tartagal y alrededores (Tandil, Provincia de Buenos Aires). Cuarto Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, p. 50-51.
- Gómez Samus, M. G., Chimento, N. R., Löffler, J., Rico, Y., Sierra, L. y Bidegain, J. C. 2017. Neogene - Quaternary in Tandilia, South America: litho-bio-magnetostratigraphy. Journal of Iberian Geology, 43 (4), 559-581.
- Iacumin, M., Piccirillo, E., Girardi, V., Teixeira, W., Bellieni, G., Echeveste, H., Fernández, R., Pinese J. y Ribot, A. 2001. Early Proterozoic Calc-Alkaline and Middle Proterozoic Tholeiitic Dyke Swarms from Central-Eastern Argentina: Petrology, Geochemistry, Sr-Nd Isotopes and Tectonic Implications. Journal of Petrology, 42 (11): 2109-2143.
- Irvine, T. N. J. y Baragar, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8 (5), 523-548.
- Kilmurray, J.O., Leguizamón, M.A. y Ribot, A. 1985. Los diques de diabasa del noroeste de las Sierras de Azul, Provincia de Buenos Aires. Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses: 863-866.
- Le Maitre, R. W. 1984. A proposal by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram: (on behalf of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks). Australian Journal of Earth Sciences, 31(2), 243-255.
- Lema, H. y Cucchi, R. 1981. Hallazgo de metavulcanitas en el cerro Tandileufú, provincia de Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina, Revista 36 (1), 103-104.
- Lema, H. y Cucchi, R. 1985. Geología de la Sierra Alta de Vela. Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas, 867-879.
- Marchionni, D., Cávana, C. y Schalamuk, I. 2002. La Información satelitaria como herramienta para el inventariado de los recursos mineros y la planificación de la

- actividad extractiva en la provincia de Buenos Aires. Foro Virtual del Centro Argentino de Ingenieros, Buenos Aires.
- Marchesse, H.G. y Di Paola, E. 1975b. Miogeosinclinal Tandil. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 30 (2): 161- 179.
- Massonne, H.J., Dristas, J. y Martínez, J.C. 2012. Metamorphic evolution of the Rio de la Plata Craton in the Cinco Cerros area, Buenos Aires Province, Argentina. Journal of South American Earth Sciences 38: 57-70.
- Nágera, J.J. 1932. Primera carta geológica general de Tandilia. Escala 1:500.000. Litografía Colombatti y Cía. Ltda., Buenos Aires.
- Nágera, J.J. 1933. Extremidad mediterránea de Tandilia. Resumen de su constitución geológica. Humanidades 23: 203-212, La Plata.
- Nágera, J. J. 1940. Tandilia (Vol. 24). República argentina.
- Pankhurst, R. J., Ramos, A., y Linares, E. 2003. Antiquity of the Rio de la Plata craton in Tandilia, southern Buenos Aires province, Argentina. Journal of South American Earth Sciences, 16 (1), 5-13.
- Pascual, R., Ortega Hinojosa, E. J., Gondar, D., Tonni, E. 1965. Las edades del Cenozoico mamalífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense. Anales CIC, 6.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. y Tindle, A. G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, 25 (4), 956-983.
- Quartino, B.J. y Villar Fabre, J.F. 1967. Geología y petrología del basamento de Tandil y Barker (Provincia de Buenos Aires), a la luz del estudio de localidades críticas. Revista Asociación Geológica Argentina, 22 (3): 223-251.
- Rabassa, J. 1973. Geología superficial en la hoja" Sierras de Tandil", prov. de Buenos Aires. En Anales LEMIT. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT).
- Ramos, V., Leguizamon, A., Kay, S. y Teruggi, M. 1990. Evolución Tectónica de las Sierras de Tandil (Provincia de BuenosAires). Actas XI Congreso Geológico Argentino 2: 311-314.
- Ramos, V.A. 1999. Evolución tectónica del territorio argentino. En: Caminos, R. (ed.) Geología Argentina, Anales SEGEMAR 29, Buenos Aires, 24: 715–784.
- Ronconi, N., Echeveste, H. y Marchionni, D. 1994. Nuevas variedades de rocas ornamentales de la provincia de Buenos Aires. Parte II. C.I.C., IV, No. 28, 24 pp.

- Ruiz de Galarreta, A., Barranquero, R., Varni, M. y Rodriguez, C.I., 2011. Geología e hidrolitología de la cuenca del Arroyo Langueyú, Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, Año 22 (43), 157-176.
- Sawyer, E.W. 2008. Atlas of Migmatites. The Canadian Mineralogist, Special Publication 9. NRC Research Press. Ottawa, Ontario, Canada: 371 págs.
- Servicio Geológico Minero Argentino, 1994. Modelo de Carta Geológica - Normativa de Realización. Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Teixeira, W., Pinese, J., Iacumin, M., Girardi, V., Piccirillo, E., Echeveste, H., Ribot, A., Fernández, R., Renne, P.R. y Heaman, L.M. 2002. Calc-alkaline and tholeiitic dyke swarms of Tandilia, Rio de la Plata craton, Argentina: U-Pb, Sm-Nd, and Rb-Sr $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data provide new clues for intraplate rifting shortly after the TransAmazonian orogeny. *Precambrian Research*, 119 (1-4): 329-353.
- Teruggi, M. E. 1957. The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Research*, 27 (3), 322-332.
- Teruggi, M. E., Mauriño, V., Limousin, T. y Schauer, O. 1962. Geología de la porción oriental de las Sierras de Tandil. *Primeras Jornadas Geológicas Argentinas*, 2, 359-372.
- Teruggi, M. E., Kilmurray, J. O., y Dalla Salda, L. 1973. Los dominios tectónicos de la región de Tandil. En *Anales Sociedad Científica Argentina* (Vol. 295, No. 1-2, pp. 81-94).
- Teruggi, M.E., Kilmurray, J., Rapela, C. y Dalla Salda, L. 1974. Diques básicos en las Sierras de Tandil. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 19 (1): 41-60.
- Teruggi, M.E. y Kilmurray, J.O. 1975. Tandilia. En *Relatorio Geología de la provincia de Buenos Aires*, VI Congreso Geológico Argentino, 55-77.
- Teruggi, M.E., y Kilmurray, J.O. 1980. Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. En: *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 2: 919-956.
- Teruggi, M.E., Leguizamón, M.A. y Ramos, V.A. 1988. Metamorfitas de bajo grado con afinidades oceánicas en el basamento de Tandil: su implicancia geotectónica, Provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 43 (3): 366-374.
- Varela, R., Dalla Salda, L. y Cingolani, C. 1989. La edad Rb-Sr del granito de Vela, Tandil. *Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses*. Actas: 881-891.

Villar Fabre, J.F. 1955. Resumen geológico de la Hoja 32p, Sierras del Azul, Provincia de Buenos Aires. Revista Asociación Geológica Argentina, 10 (2):75-99.