

CARTA GEOLÓGICA DEL URUGUAY

Escala 1:100.000

CARTA GEOLÓGICA Y MEMORIA EXPLICATIVA DE LA HOJA N24-CARDONA

MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGÍA Y MINERÍA

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA (DINAMIGE)

ÁREA GEOLOGÍA

ÍNDICE

1. Autoría y Medios de contacto	4
2. Material complementario	4
3. Agradecimientos	4
4. Marco de actuación	4
5. Objetivos	4
6. Área de Estudio	5
7. Metodología de Trabajo	6
8. Marco Geológico de la región	6
9. Antecedentes del área de estudio	8
10. Geología Descriptiva	9
10.1. Basamento granito-gneisico	9
10.1.1. Gneises leucócratas, biotíticos y/o anfibólicos	9
10.1.2. Granitos y granito-gneises de grano grueso	13
10.2. Metagranito	14
10.3. Granito Cuchilla de la Cruz	17
10.4. Microgranito Costas del San Juan	17
10.5. Granito Puntas Arroyo San Juan	18
10.6. Diques máficos	20
10.7. Zonas de cizalla	24
10.8. Formación Mercedes	27
10.8.1. Areniscas y areniscas levemente conglomerádicas	29
10.8.2. Areniscas conglomerádicas	31
10.8.3. Brechas calcáreas	32
10.9. Formación Dolores	33
10.10. Reciente y Actual	34
11. Recursos minerales	34
12. Estratigrafía del área	36
13. Respuesta geofísica	36
13.1. Mapas gamaespectrométricos	36
13.2. Mapas magnetométricos	38
14. Discusión	39
15. Conclusiones	40
16. Bibliografía	42
Anexo I: Coordenadas de puntos de campo	44



Anexo II: Láminas delgadas disponibles	47
Anexo III: coordenadas en lámina delgada de plagioclasas a las que se le aplicó método Michel Levy	48

1. GRUPO DE TRABAJO Y MEDIOS DE CONTACTO

Autoras: Anahí Curbelo López – Alejandra Pascale Abreu

Elaboración de láminas delgadas: Leonardo Piffaretti

E-mail: anahi.curbelo@miem.gub.uy / alejandra.pascale@miem.gub.uy

Teléfono: (598)2840 1234 int 7712 / 7718

Dirección: Hervidero 2861. C. P.: 11800; Montevideo, Uruguay

2. MATERIAL COMPLEMENTARIO

- Capas vectoriales de la carta geológica y puntos de campo.
- Preparados de láminas delgadas.
- Muestras de mano.

Por consultas para el acceso al material complementario, comunicarse a través de los medios de contactos indicados.

3. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Claudio Gaucher por su amabilidad y disposición a resolver dudas sobre petrología sedimentaria y a intercambiar experiencias e interpretaciones de las complejidades de nuestro basamento cristalino.

4. MARCO DE ACTUACIÓN

La realización de esta Carta Geológica y su correspondiente Memoria Explicativa se enmarca en el Programa N°320 y Proyecto Presupuestal N°771 del Presupuesto Nacional, Ley N°19.924. Proyecto Identificador SNIP 695 del Ministerio de Industria Energía y Minería.

5. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la elaboración de la Carta Geológica a escala 1:100.000 de la zona comprendida por la hoja topográfica, a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar, N24-Cardona.

6. ÁREA DE ESTUDIO

El área mapeada se localiza en los alrededores de la ciudad fronteriza, de los departamentos de Colonia y Soriano, Florencio Sánchez/Cardona (figura 1). Tiene una extensión de aproximadamente 662 km² dentro de los pares de coordenadas que se indican en la tabla 1. En la zona, según el *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), la declinación magnética es de aproximadamente 11°O¹.

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

Coordenadas vértice NW	33°50 ; 57°36
Coordenadas vértice SE	34°01 ; 57°14

La orografía del área incluye suaves cuchillas que la recorren en sentido NE y N-S tales como Cuchilla San Salvador, que conforma el interfluvio de la ruta nacional N°12, Cuchilla de la Colonia, Cuchilla Grande Inferior, Cuchilla Alta y Cuchilla de la Cruz.

Los cursos fluviales principales presentan una tendencia NE-SW al Sur de Cuchilla San Salvador, destacándose el Río San Juan, el Arroyo Colla, Arroyo del Sauce y Arroyo Polonia. El Río San Salvador por su parte, presenta una dirección E-W. El centro poblado de mayor relevancia corresponde a la ciudad fronteriza de Florencio Sánchez (Colonia) y Cardona (Soriano).

En cuanto a las vías de acceso además de diversos caminos vecinales, tanto pavimentados como sin pavimentar, atraviesan la zona de estudio la ruta nacional N°12 que recorre la frontera entre Colonia y Soriano, la N°2 y la N°57 que empalman junto con la N°12 en la ciudad (figura 1).

Respecto a la exposición de las rocas, el área se caracteriza por presentar grandes afloramientos rocosos asociados a los principales cuerpos ígneos graníticos y amplios espacios sin afloramiento o con reducida exposición asociado a la presencia de basamento gneisico-anfibólico y/o depósitos sedimentarios cretácicos.

¹ Información obtenida de la página web oficial del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - EEUU)

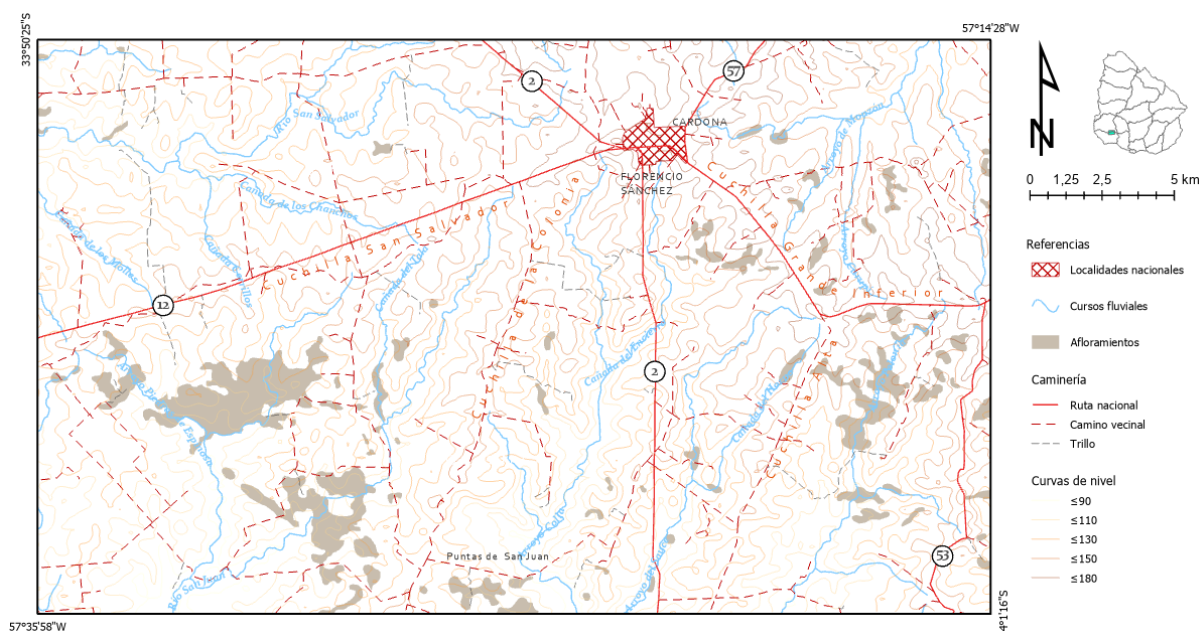


Figura 1. Mapa simplificado de la carta topográfica a escala 1:50.000 del Plan Cartográfico Nacional del IGM, Hoja N24-Cardona (editado).

7. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El cronograma de trabajo consistió en tres etapas. En la primera etapa, previa a la salida de campo, se realizó la recopilación y revisión de los antecedentes geológicos, la fotointerpretación preliminar basada en fotografías aéreas 1:40.000 e imágenes satelitales de la IDEUY (Infraestructura de Datos Espaciales) y la interpretación de los mapas magnetométricos y gamma espectrométricos producto del relevamiento aerogeofísico realizado en el 2014 por la DINAMIGE.

La segunda etapa consistió en el relevamiento de campo donde se realizaron cortes geológicos predefinidos con recolección de muestras georreferenciadas y clasificadas según códigos preestablecidos.

La tercera y última etapa involucró todo el trabajo de laboratorio y gabinete con descripción de muestras de mano utilizando lupa binocular, elaboración de secciones delgadas y análisis petrográficos, corrección de fotointerpretación preliminar, digitalización de la información en ArcGIS Pro y elaboración del informe final. Para el análisis y descripción petrográfica se utilizó como referencia bibliográfica a Passchier & Trouw (2005) y Kerr (1965).

8. MARCO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN

La Hoja N24- Cardona se sitúa en el Oeste de la unidad tectónica Terreno Piedra Alta (Bossi et al., 1993), la cual está formada por una asociación de rocas ígneas y metamórficas de la era

paleoproterozoica (figura 2). Este basamento fue estructurado durante la Orogenia Transamazónica (Almeida et al 1973), o recientemente sugerida como Transplatense (Santos et al 2017), operante entre los 2200 a 1800 Ma, y está integrado por dos cinturones metamórficos de origen volcanosedimentario y un cinturón central granito-gnéisico-migmatítico. La estructura regional presenta una dirección general Este-Oeste. Los cinturones volcanosedimentarios se denominan de Norte a Sur como: Cinturón Arroyo Grande (Ferrando y Fernández 1971), metamorizado en facies esquistos verdes, y Cinturón San José, con metamorfismo en facies esquistos verdes a anfibolita (Oyhantçabal et al., 2002). Todo el conjunto es intruido por magmatismo de tipo bimodal tardi a postorogénico representado por granodioritas, gabros, hornblenditas y tonalitas. Por último, un denso haz de diques estatéricos de dolerita, con estructura regional N060, recorta todo el Terreno Piedra Alta y representa el último evento tectónico precámbrico, asociado a una distensión cortical. Los registros geológicos posteriores, consisten en depósitos sedimentarios devónicos y carbonífero-pérmicos de la Cuenca Norte (de Santa Ana et al. 2006) y cretácicos de la Cuenca Litoral (Aguilar & Perea 2004). Es de destacar un evento epigenético de formación de suelos ferruginosos, calcretas y silcretas hacia finales del Cretácico e inicio del Cenozoico y finalmente sedimentarias vinculadas esencialmente a ciclos de transgresión-regresión durante el Cenozoico (Ubilla et al. 2004)

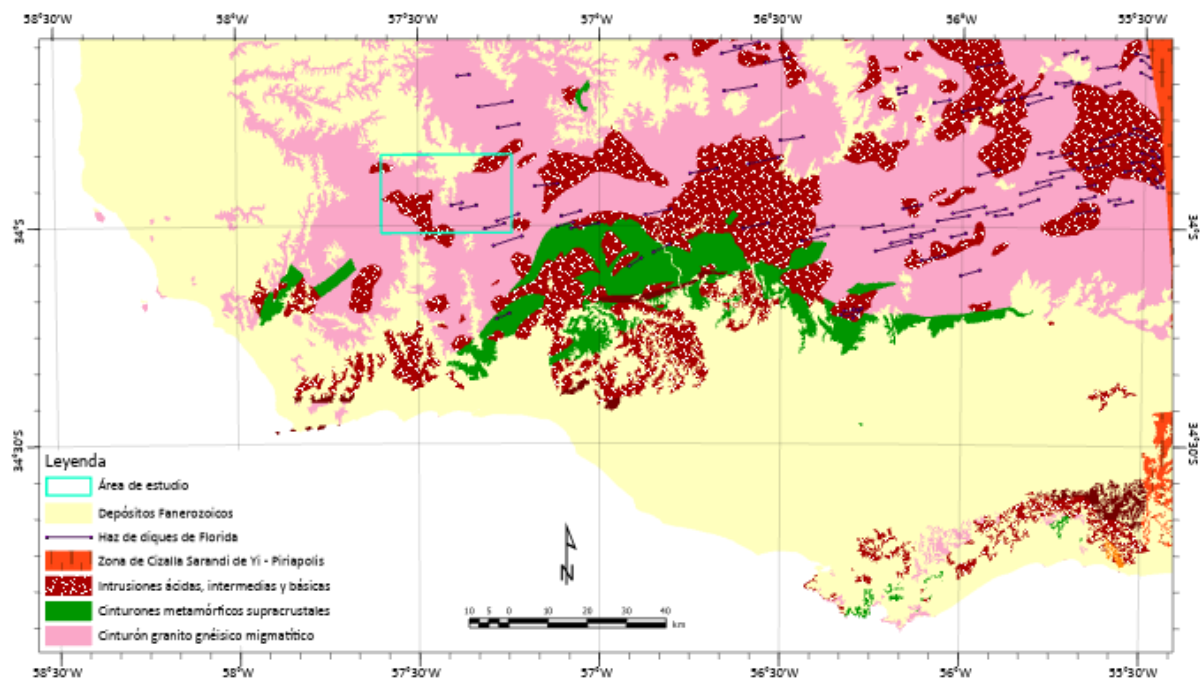


Figura 2. Mapa geológico simplificado del Suroeste de Uruguay (modificado de Loureiro et al. 2017).

9. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los antecedentes cartográficos son las Cartas Geológicas del Uruguay a escala 1:1.000.000 (Bossi et al. 1975) y 1:500.000 (Preciozzi et al. 1985, Bossi et al. 1998, Bossi et al. 2001, Loureiro et al. 2017) y aquellos desarrollados en el marco del Proyecto Cartografía Geocientífica a escala 1:100.000 de la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE), donde se mapeó las hojas contiguas N25-Colla y M24-Guaycurú.

Por su parte, Preciozzi et al. (1985) señalan la presencia de un Complejo Basal compuesto de gneises, anfibolitas, granitos de anatexis y migmatitas intruidos por “Granitos Transamazónicos indiferenciados” y “tardipostectónicos” asignados a la orogenia Transamazónica. A su vez, en el Norte del área mapean sedimentos cretácicos pertenecientes a la Formación Asencio y cenozoicos de la Formación Libertad.

Por otro lado, Bossi et al. (1975) cartografían un cuerpo granítico al SW de la ciudad Florencio Sánchez que lo incluye dentro de “granitos tardi-postorogénicos”. Si bien este granito no se encuentra descrito en la memoria explicativa de Preciozzi et al., (1985), éste sí le adjudica el nombre de Puntas de Arroyo del San Juan, nombre que se mantiene en la actualización de la carta geológica del Uruguay de Loureiro et al. (2017).

Sin embargo, consideramos necesario discutir un conflicto identificado en la bibliografía sobre la denominación de este cuerpo granítico.

Maldonado et al. (2003) denomina Granodiorita Cardona a una granodiorita que “se expresa de manera fragmentaria” en los alrededores de Cardona e Ismael Cortinas y la asocian con el granito de Puntas del San Juan mapeado por Bossi et al. (1975). Según Maldonado et al (2003), es de grano grueso con fenocristales de feldespato potásico compuesta por oligoclasa (30-50%), feldespato potásico (20-35%), cuarzo (20-25%) y biotita y hornblenda como accesorios.

Posteriormente, en el trabajo de Bossi & Piñeyro (2004), se menciona a la “granodiorita Cardona” cabalgando sobre posible ofiolita del Complejo Ojosmín, pero es de destacar que el Complejo Ojosmín se ubica al NE de la ciudad de Cardona (en el departamento de Flores), no al SW.

Finalmente, Giannotti & Arrighetti (2017) describen este cuerpo granítico en su porción aflorante en la Hoja N25 – Colla, al Sur de la Hoja N24, bajo el nombre de Granito Arroyo de las Conchas.

Por lo tanto, dado que la denominación de Preciozzi et al. (1985) es la primordial, se ha optado por mantener el nombre de Puntas Arroyo San Juan y en este trabajo no se estudia su relación con la granodiorita que rodea el Complejo Ojosmín de Bossi & Piñeyro (2004).

10. GEOLOGÍA DESCRIPTIVA

Las unidades geológicas mapeadas y descritas a continuación preservan la nomenclatura de las unidades formales definidas en los antecedentes. En cuanto a las rocas sedimentarias cretácicas se optó por la separación de unidades según Preciozzi et al. (1985) donde se considera a la Fm. Mercedes y Fm. Asencio como unidades diferentes, también sugerido en el reciente trabajo de Veroslavsky et al. (2019).

10.1. Basamento granito-gneisico

Se distribuye en gran parte del área generando escasos a nulos afloramientos debido a importante alteración. Generalmente se los identifica en exposiciones a los costados de caminos vecinales, en perfiles de destape sobre rutas o en zonas bajas en los márgenes de cursos fluviales. Ocasionalmente también en perfiles de cantera.

10.1.1. Gneises leucócratas, biotíticos y/o anfibólicos

Se incluyen gneises cuarzo-feldespáticos de grano medio a grueso, gneises biotíticos de grano fino, gneises anfibólicos y en menor medida esquistos y anfibolitas (figura 3). A escala de afloramiento se observan plegamientos y texturas gnéisicas más o menos conspicuas, dependiendo de la abundancia de biotita y anfíbol, generalmente discontinuas o simplemente se desarrollan orientaciones minerales. Estas rocas son recortadas por una gran cantidad de diques aplíticos y pegmatíticos.

Los gneises de grano medio presentan un bandeo marcado por finos dominios biotíticos y suelen intercalarse con gneises biotíticos de grano fino, gneises biotíticos-anfibólicos o anfibolitas, los cuales también se presentan como enclaves o xenolitos.

Es común encontrar anfibolitas de formas ovoides englobados dentro del gneis con textura nematoblástica rodeados por venillas leucocratas cuarzo-feldespáticas (figura 3C). Una muy

buena exposición de anfibolitas en alternancia con gneises se encuentra en una cantera al Noroeste del área de estudio (figura 3G, x: 446144; y: 6248915) donde es posible apreciar anfibolitas foliadas y no foliadas, gneises anfibólicos-biotíticos y gneises leucócratas afectados por plegamientos.

Sobre la Ruta N°2, es posible apreciar texturas tipo migmatíticas (figura 3F) en perfiles de desmonte.

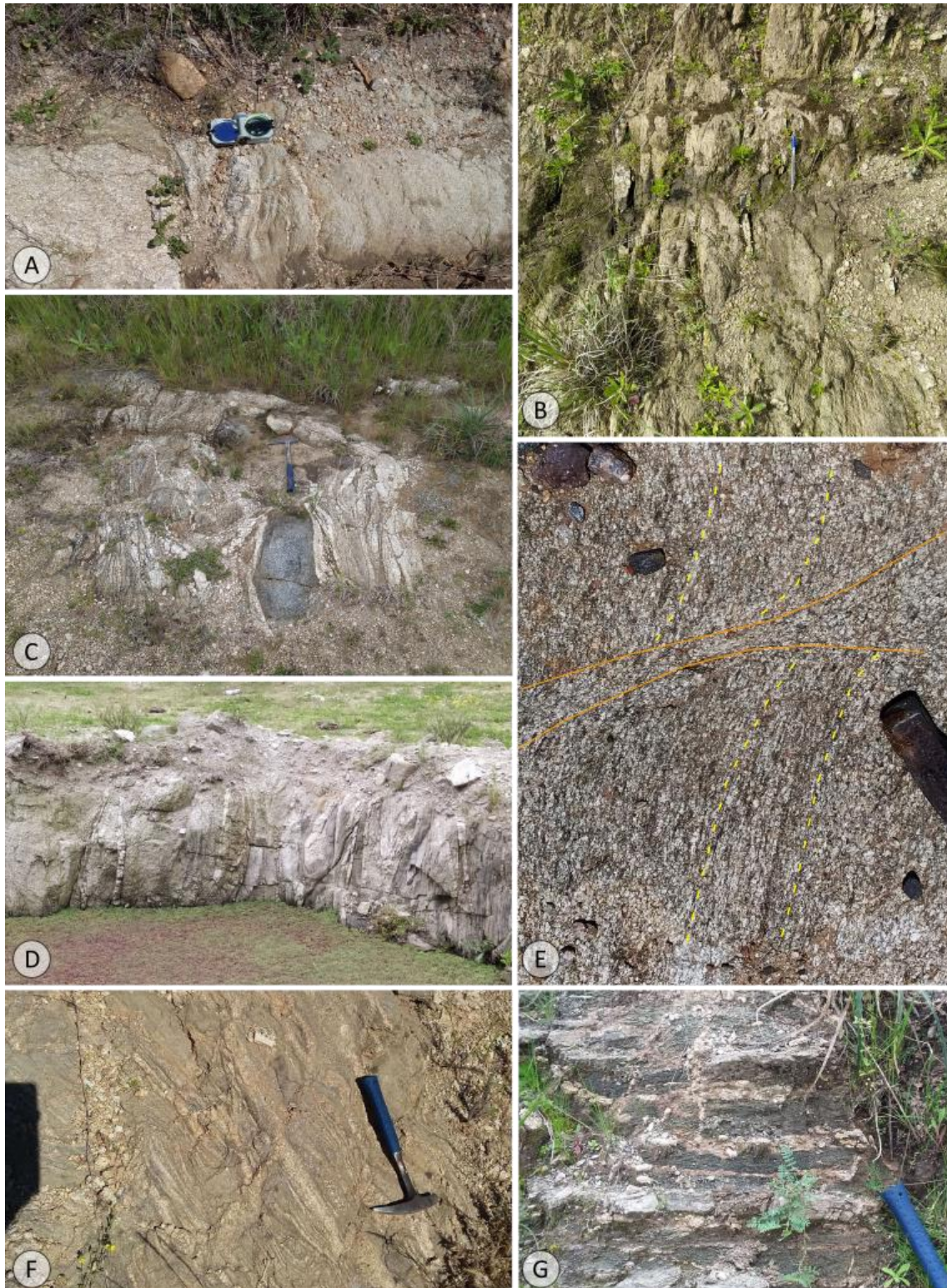


Figura 3. **A.** Contacto entre gneis de grano grueso y grano fino biotítico. **B.** Gneis de grano medio-fino con bandeado fino y estrecho que le adjudica aspecto esquistoso. **C.** Gneis de grano grueso y grano fino con bandas leucócratas y enclave gabro-anfibólico. **D.** Pliegues isoclinales de venillas leucócratas en ortogneis intercalado con anfibolita. **E.** Ortogneis con bandeado biotítico afectado por zona de cizalla interna (bandeado indicado en líneas amarillas, zona de cizalla enmarcada por líneas anaranjadas). **F.** Textura migmatítica. **G.** Niveles de anfibolita y cuarzo-feldespática con disposición subhorizontal.

Petrográficamente, los gneises están compuestos por cuarzo, feldespato (microclina), plagioclasa y biotita. Como minerales accesorios es común encontrar epidoto, minerales opacos y apatito. Suele haber intensa alteración a sericita y desarrollo de textura de recrystalización aunque se distinguen variaciones en el desarrollo del mismo. El cuarzo generalmente es xenomorfo, se presenta bastante recrystalizado, con formas lobadas y extinción ondulante. Los nuevos granos formados, de pequeño tamaño, tienen bordes rectos y desarrollan puntos triples. Los feldespatos y plagioclasas son subautomorfos, en ocasiones con bordes recrystalizados por bulging (BLG) y/o rotación de subgranos (SGR, figura 4B). Algunas plagioclasas están curvadas, desarrollando *kinks-bands* (figura 4A) o con maclas acunadas de deformación y extinción ondulante. Es común el desarrollo de texturas mirmequíticas, pertitas y antipertitas en feldespato y plagioclasa respectivamente, en venas gruesas, de tipo *spindle* y/o en gotas abarcando el cristal de forma total o parcial. En facies donde hay mayor cantidad de micas, se desarrollan importantes cantidades de muscovita automorfa que junto a la biotita definen orientaciones minerales más claras y los feldespatos alcanzan formas anhedrales. En algunos casos, el cuarzo desarrolla texturas en *cheesboard* (figura 4D).

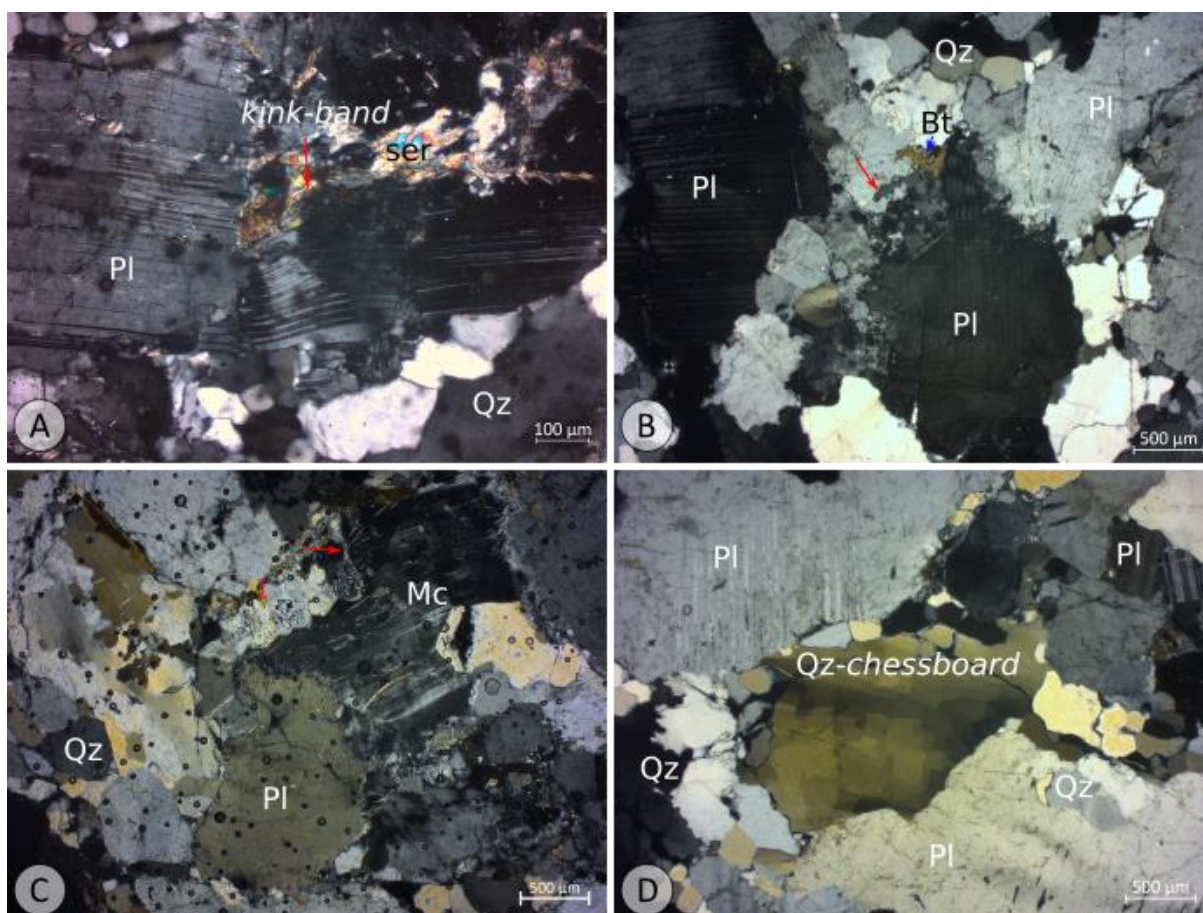


Figura 4. Microfotografías con analizador. **A.** Kink-band en plagioclasa, sericita en bordes y microfracturas. **B.** Borde de feldespato recrystalizado, posiblemente por rotación de subgranos. **C.** Textura de recrystalización. El cuarzo con formas lobadas, la plagioclasa y microclina con bordes aserrados y/o parcialmente recrystalizados. Pertitas en la microclina. Se distinguen también texturas mirmequíticas (flechas rojas). **D.** Subgranos en chessboard en cuarzo. Pl: plagioclasa, Qz: cuarzo, Bt: biotita, Mc: microclina, ser: sericita

Entre Cañada de Hornos y el A° Colla, al Norte del empalme de estos dos cursos fluviales, se extiende una amplia zona sin afloramientos, con algunos bloques dispersos de microgranito. Algo similar ocurre entre el Río San Salvador y la Cañada de los Chanchos donde se identifican microgranitos y granitos aislados en zonas bajas próximas a cursos fluviales pero que su distribución no permite establecer límites claros.

10.1.2. Granitos y granito-gneises de grano grueso

La heterogeneidad de la fábrica mineral permite identificar facies desde gnéissicas a ígneas. En el extremo Noroeste del área, se relevaron densos afloramientos en formas de cordones de rocas gnéissicas biotíticas de grano grueso y facies de metagranito con una textura ígnea muy preservada (figura 5). Estas rocas están constituidas por feldespatos alcalinos automorfos y un contenido variable de biotita y anfíbol. Los minerales del grupo del epidoto, circones y opacos constituyen las fases accesorias. Es frecuente además, la presencia de autolitos de formas ahusadas y dimensiones centimétricas a decamétricas, compuestos principalmente de biotita.

Sobre el límite Noroeste del área, predominan rocas de textura ígnea con cristales de biotita orientados.

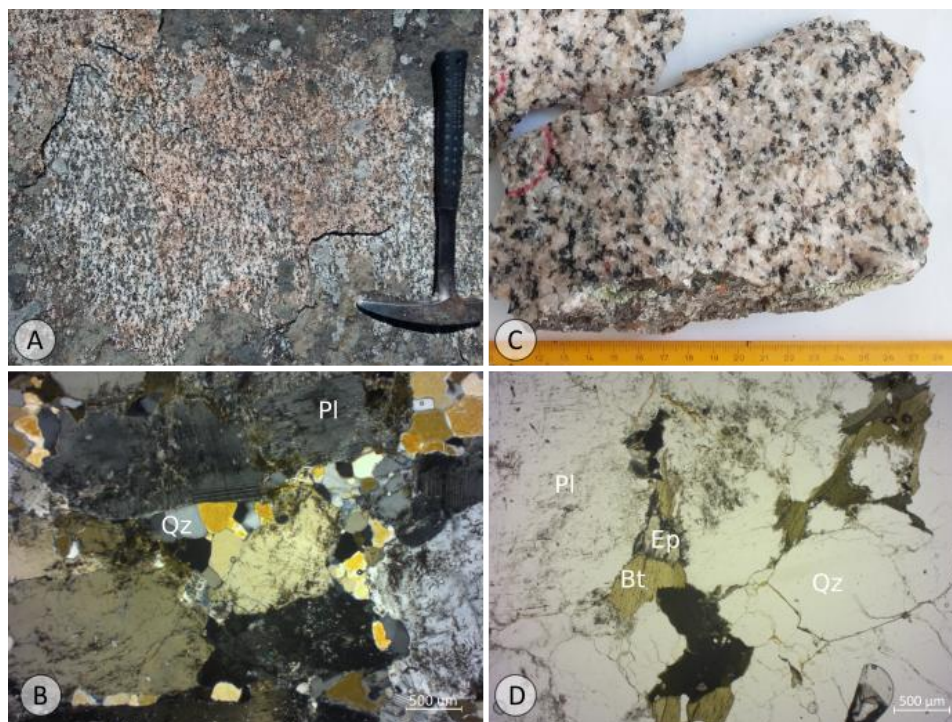


Figura 5. Vista in situ (A) y en muestra de mano (C) de los granito-gneises de grano grueso. En B se observan plagioclasas subautomorfas a automorfas y el cuarzo recristalizado por GBAR (Reducción de Área de Borde de Grano). En D, vista en luz natural de la textura general con cuarzoes xenomorfos y plagioclasas alteradas a sericita. Pl:plagioclase, Qz:cuarzo, Bt:biotita, Ep:epidoto

Dentro de esta categoría se incluyen también granitos aislados, que no presentan continuidad de afloramientos mapeables.

10.2. Metagranito

Es un cuerpo geológico que por sectores presenta texturas ígneas similares al granito Puntas Arroyo San Juan (figura 6A) y en otros casos texturas de recristalización, gnéicas incipientes y orientaciones biotíticas (figura 6B). Es afectado por fracturas de rumbo entre N120-N130 y otra dirección de N150-N160. En campo, estas últimas direcciones son concordantes al bandeo biotítico discontinuo y cristales de feldespato orientados. Continúa hacia la Hoja M24-Guaycurú, donde Garat (1990) mapea un Granito Metamórfico con características similares.

Genera afloramientos en bochas o lomadas y en general se encuentra muy alterado. Está compuesto por cuarzo, feldespato potásico, plagioclase, biotita \pm anfíbol, epidoto, magnetita. Las facies leucócratas presentan textura inequigranular con feldespatos rosados subautomorfos, plagioclase subautomorfa de tonalidades blancas a grisáceas y cuarzo xenomorfo. Comúnmente desarrollan bandas biotíticas anastomosadas, de grano fino con algunos cristales de anfíbol asociados u orientación de biotitas. Asociadas a estas y de forma

muy recurrente se identifican variaciones a grano medio, con textura sacaroide, con mayor recristalización o texturas gnéisicas incipientes.

Se encuentran evidencias de mezclas de magma ante la presencia de enclaves gabricos y biotíticos o biotítico-anfibólicos con cuarzo, feldespato y plagioclasa de tonalidades oscuras a verdosas producto de la alteración (figura 6D), de tamaños centimétricos a métricos. Ocasionalmente, se identifican estructuras tipo *schlieren* (figura 6C) y xenolitos de esquistos bandeados y plegados.

Recortes aplíticos y de microgranito son recurrentes, subordinadamente diques pegmatíticos y máficos correspondientes al haz de diques de Florida y una dolerita de rumbo N130 con paredes subverticales (secc. 10.6).

En cuanto a la petrografía, el cuarzo es xenomorfo de bordes aserrados a lobados con extinción ondulante generando subgranos elongados (figura 6G) o, subordinadamente, en *cheesboard*; por sectores con evidencias de Migración de Borde Grano (GMB). Cuando se encuentra ocupando el espacio intergranular entre los feldespatos, genera granos más pequeños que generalmente son de bordes rectos y extinción recta. Las plagioclasas y feldespatos son subautomorfos con bordes irregulares, zoneados alterados a sericita, a veces con recristalización por BLG (figura 6E, G). Existen simplectitas de cuarzo en plagioclasas y exsoluciones de cuarzo con formas lobadas y sistemas de maclas polisintéticas engrosadas. Como minerales accesorios se identifica epidoto y apatito.

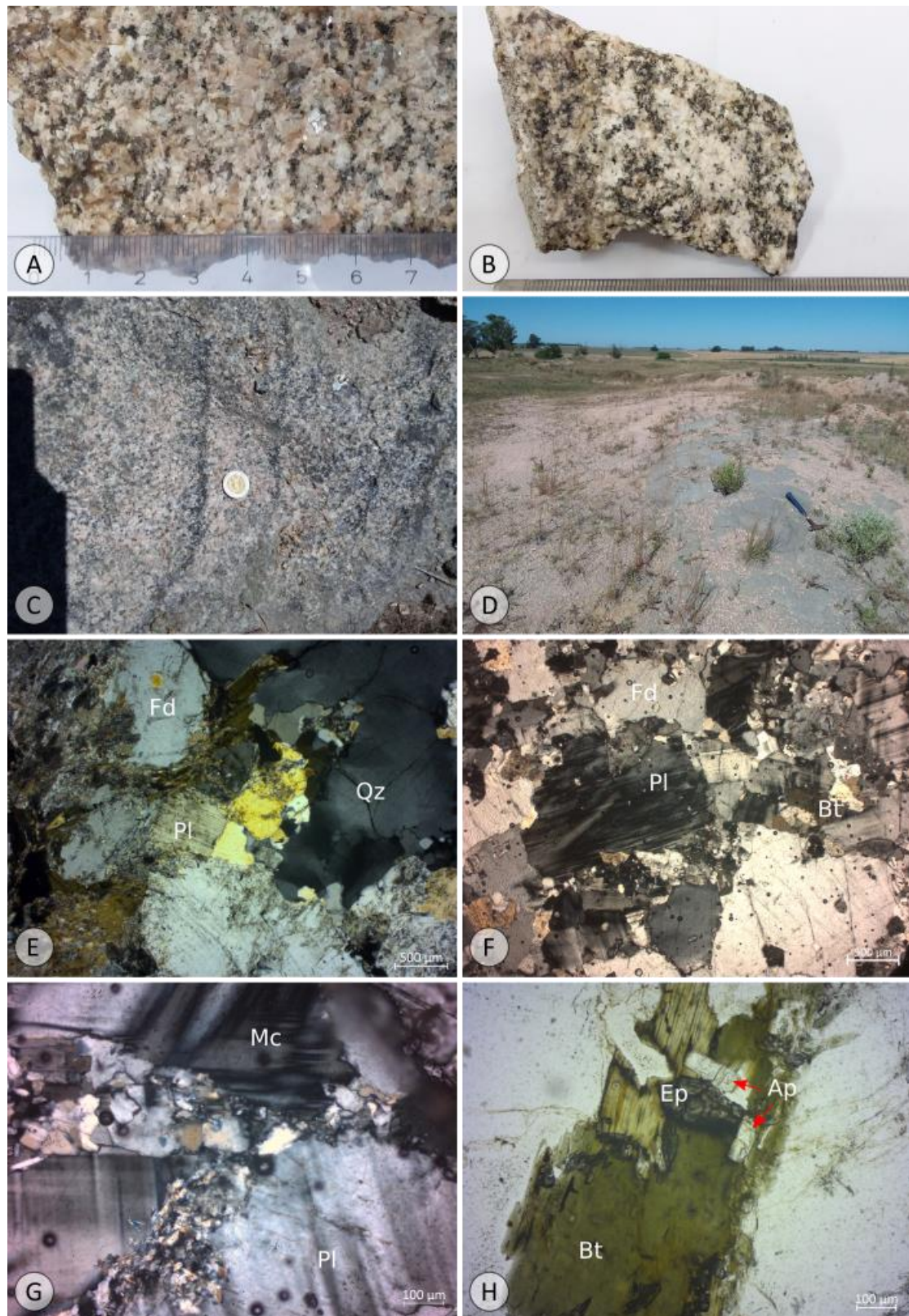


Figura 6. A, B. Imágenes en muestra de mano con mayor y menor preservación de textura ígnea a mesoescala. C. Textura en Schlieren. D. Enclaves. E, F. Imágenes en luz polarizada con analizador de la textura y composición mineral. Se observan feldespatos xenomorfos y plagioclasas subautomorfas. G. Recristalización en bordes de plagioclase y microclina con alteración a sericita. Tanto en F como en G se distinguen lamelas de deformación en plagioclasas. H. Epidoto y apatito asociado a biotita. Fd: feldespato, Pl:plagioclase, Qz:cuarzo, Bt:biotita, Mc:microclina, Ap: apatito, Ep: epidoto.

10.3. Granito Cuchilla de la Cruz

Este granito fue descrito por Gianotti & Arrighetti (2017) como un granito levemente deformado que genera foliaciones de actitudes entre N008 a N040, 78° al SE. Aflora en la Hoja N25 - Colla con rumbo general N020 generando una respuesta visible en los mapas aerogamaespectrométricos. Su continuidad hacia la Hoja N24 no es clara dada la escasez de afloramientos extensos; sin embargo en base al citado trabajo, Pascale Abreu et al. (2019), y los mapas aerogeofísicos (ver secc. 13), se limita este granito a una reducida porción del extremo Sureste del área de estudio.

10.4. Microgranito Costas del San Juan

Denominado por Gianotti & Arrighetti (2017). Consisten en diques de microgranitos asociados a pegmatitas que se presentan en campo como cordones alargados de rumbo entre N045 y N072, aunque por sectores están plegados. Se encuentran recortando al basamento gneisico y continúan hacia el Sur, en la Hoja N25 - Colla (Gianotti & Arrighetti 2017).

Los microgranitos son de grano medio de textura equigranular compuesta por cuarzo, feldespato, plagioclasa, biotita y anfíbol (este último escaso). El cuarzo es xenomorfo translúcido y suele desarrollar textura recrystalizada, los feldespatos y plagioclasas son de tonalidades anaranjadas y blancas subautomorfas. Los minerales máficos se encuentran dispersos (figura 7).

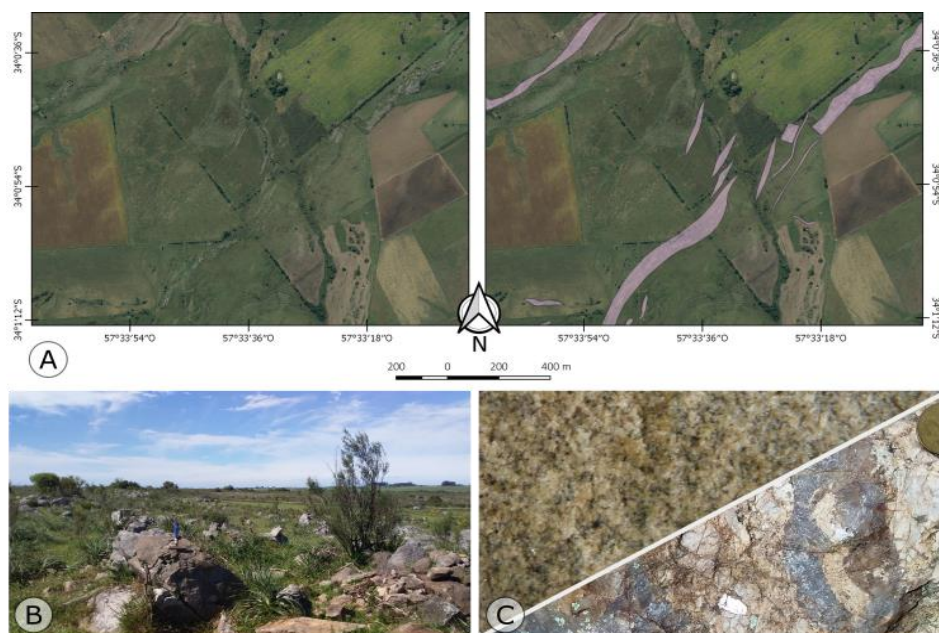


Figura 7. A. Imagen satelital y localización de los diques félsicos de rumbo N045. **B.** Vista de afloramiento. **C.** Litologías presentes: microgranito (arriba), pegmatita (abajo).

10.5. Granito Puntas Arroyo San Juan

Es un cuerpo granítico de aproximadamente 105 km² de extensión, cuyo eje mayor tiene rumbo N140 (figura 8). Continúa hacia el Sur, en la Hoja N25-Colla (Giannotti & Arrighetti, 2017), generando densos afloramientos en losas y lomadas (figura 8A) acompañadas del típico monte serrano. Desarrolla suelos de muy poca potencia (50 cm aprox) aunque importantes niveles de roca alterada. Es afectado por importantes sistemas de fracturas de dirección NW y NE.

Sus minerales esenciales son el feldespato, plagioclasa, cuarzo y biotita. Como minerales accesorios pistacita, clinozoisita, anfíbol, allanita, circón, apatitos y opacos. Como minerales de alteración se identifica muscovita-sericita, biotita y epidoto. Es de tonalidades rosadas a blancuzcas, de grano grueso, donde los feldespatos y plagioclasas alcanzan dimensiones de hasta 2 a 3 cm (figura 8B, C) formando texturas porfiríticas, glomeroporfiríticas a inequigranulares seriadas.

Por sectores, se observa orientación de los fenocristales y de la biotita. Presenta estructuras tipo *schlieren* e incluye enclaves biotíticos de grano muy fino que a su vez contienen feldespatos y plagioclasas del granito en su interior (figura 8D). No se identificaron muchos recortes pegmatíticos o cuarcíticos sin embargo es recortado por diques de microgranito que alcanzan potencias de aproximadamente 8 m.

Desde el punto de vista petrográfico, el cuarzo tiene extinción recta a ondulante, y presenta formas euhedrales formando mosaicos de bordes rectos y otros de bordes más irregulares tendientes al xenomorfismo, sugiriendo recuperación del cuarzo mediante GBAR (Reducción de Área de Borde de Grano; figura 8E). Junto con la biotita y otros minerales accesorios se disponen de manera intersticial entre los fenocristales, acumulándose en sus bordes. En cuanto a los feldespatos y plagioclasas, éstos se encuentran alterados a sericita, epidoto y biotita. Algunos feldespatos denotan procesos de albitización y desarrollo de pertitas y mirmequitas. Es común la formación de subgranos y recristalización por BLG en sus bordes y microfracturas (figura 8F). En algunas plagioclasas, se observan lamelas de deformación (figura 8F).

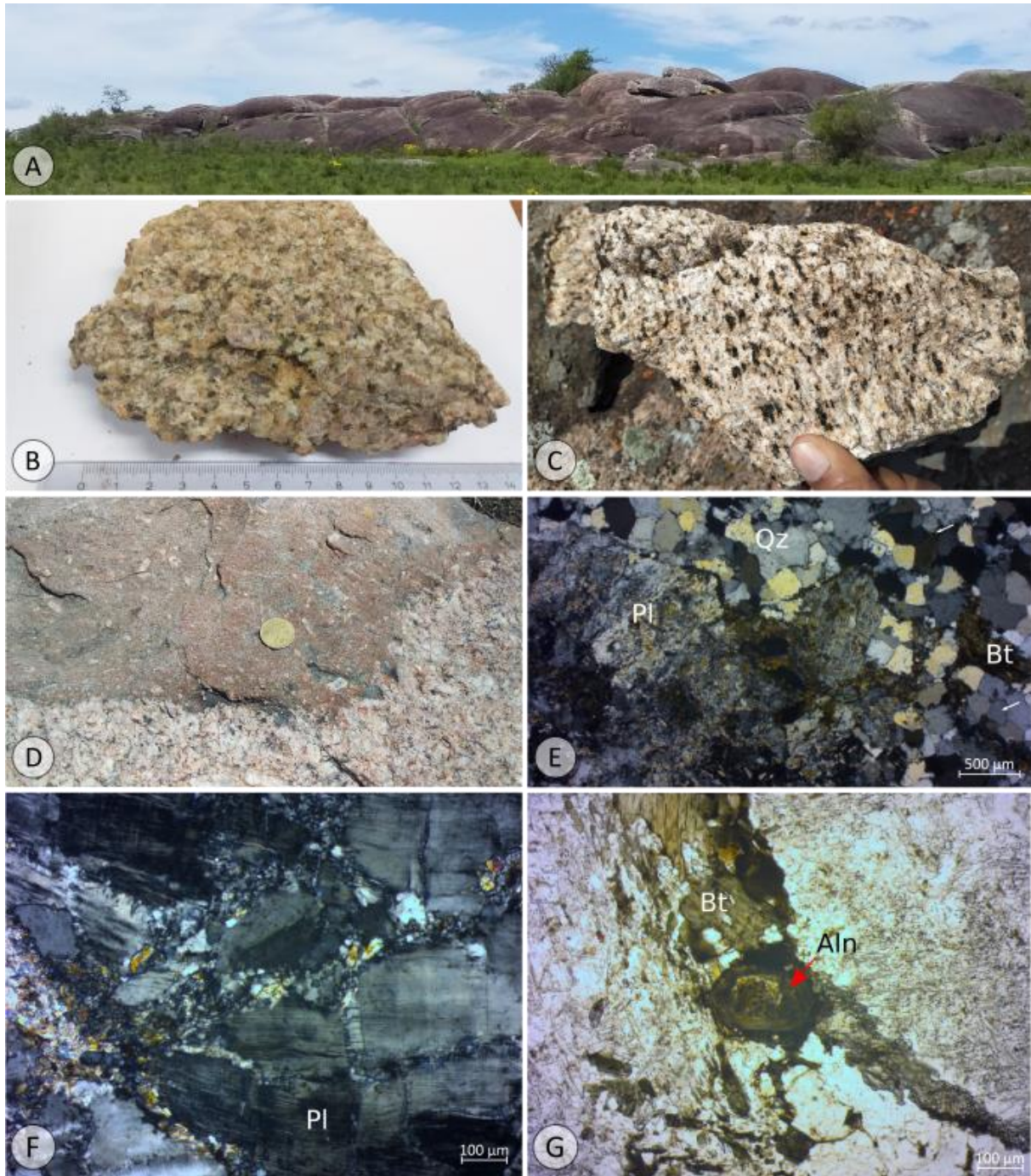


Figura 8. **A.** Vista de afloramiento. **B.** Muestra de mano con fenocristales de feldespato potásico rosado. **C.** Orientación de biotitas **D.** Enclave biotítico de grano fino con textura porfírica de fenocristales de feldespato incorporados de la roca caja. **E-G.** Microfotografías. **E.** Recuperación del cuarzo por GBAR (flechas blancas) y plagioclasas alteradas a sericita y epidoto. **F.** Recristalización en bordes de plagioclasas por BLG con sericita-muscovita, biotita y epidoto. Se observan lamelas de deformación en plagioclasas. **G.** Cristal de allanita en borde de plagioclasas con biotita.
Pl:plagioclase, Qz:cuarzo, Bt:biotita, Aln:allanita

Este granito presenta importantes sistemas de fractura. A partir de la interpretación por medio de fototelección y visualización de los datos en un diagrama de rosas se obtuvieron dos direcciones principales de N230 y N022 (figura 9).

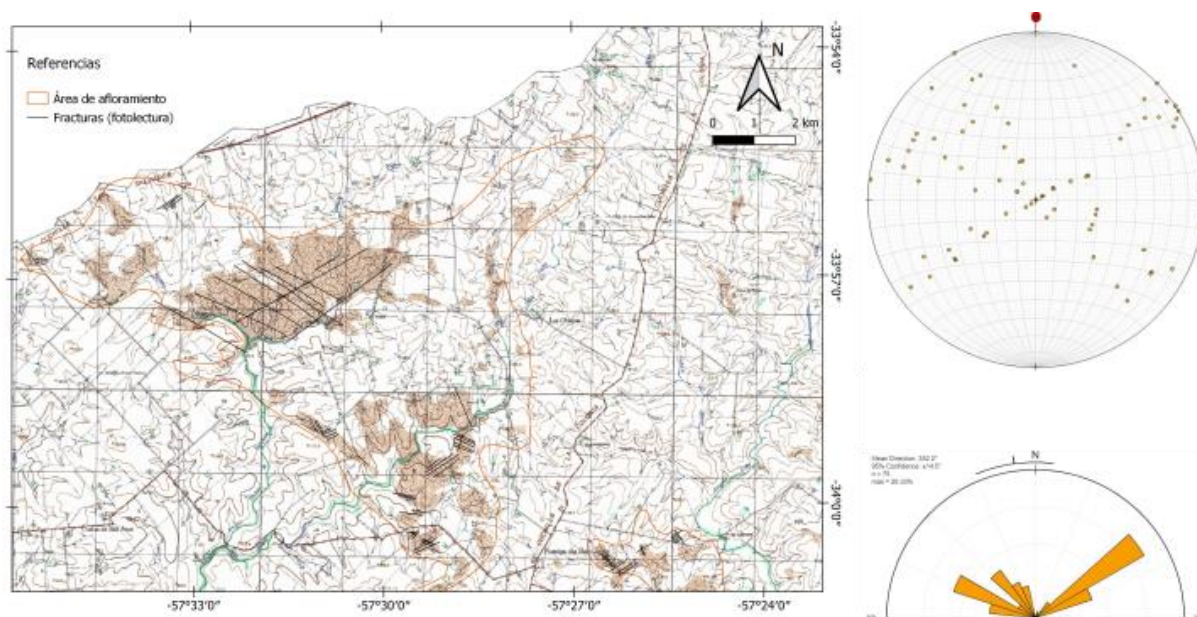


Figura 9. Mapeo por fototelección de las principales familias de fracturas que presenta esta unidad geológica y la rosa de direcciones correspondientes. Se distinguen dos grupos de direcciones principales: NO y NNE (n=75).

Ambas direcciones concuerdan con aquellas mapeadas en Rifas (1995) como *trends* estructurales de carácter regional.

10.6. Diques máficos

Se identifican en el área diques máficos que recortan a los gneises y granitos mencionados con anterioridad. Un conjunto de ellos, el más numeroso y mapeable a la escala de trabajo, se lo incluye dentro del Haz de diques de Florida.

Los diques de Florida son de grano fino, melanócratas, con texturas porfíricas o equigranulares (figura 10A, B). Generan escasos afloramientos en la porción Este del área (figura 10C,D), con un rumbo general de N056-058, y también pueden ser identificados en exposiciones sobre los caminos. Son rocas duras que frecuentemente generan una costra de oxidación superficial. En la bibliografía, estas rocas han sido denominadas como microgabros, gabros, noritas, diques andesíticos y basalto-andesíticos o doleritas.



Figura 10. A, B. Muestras de diques máficos. C, D. Ejemplos de afloramientos.

Los diques identificados, presentan potencias de entre 5 y 19 m y se extienden por grandes distancias, incluso fuera del área de estudio. Un conjunto de diques es afectado por una zona de cizalla sinistral de rumbo N150 (figura 13D). A su vez, esta unidad genera anomalías de altos valores magnéticos (figura 22).

En el caso de las rocas con textura equigranular, en lámina delgada (figura 11 A-D) es posible observar que son holocristalinas, compuestas esencialmente por clinopiroxeno (augita) y plagioclasa en textura intergranular-subofítica, con abundancias relativas similares. Presenta además escaso ortopiroxeno y microclina xenomorfa, anfíbol (hornblenda) y biotita secundarios por alteración de piroxenos y minerales opacos. Como mineral accesorio apatito, concentrado principalmente en zonas con intercrecimiento granofírico de cuarzo-plagioclasa o cuarzo-feldespatos (figura 11 B). Los tamaños de grano varían entre 0,6 y 2 mm donde las plagioclasas son las que alcanzan dimensiones mayores. El piroxeno ocasionalmente desarrolla maclas simples y extinción ondulante. Las plagioclasas son finas, alargadas, comúnmente con extinción zoneada u ondulante y maclas acunadas de deformación. Los opacos, posiblemente magnetita por el magnetismo que presenta la roca, son automorfos con secciones cuadradas a romboidales. Una muestra correspondiente al punto E093, (figura 11 A,B y figura 22, ver Anexo I), presenta una composición modal de (53% Pl, 38% Px, 3% Anf, 6% Op) equivaliendo a una basalto andesita según la clasificación del IUGS (1989) para rocas volcánicas.

También se describen otros diques que presentan características mineralógicas diferentes y dado que se encontraron de forma localizada no fueron mapeados.

En el punto E034 (ver Anexo I) fue identificado un dique básico, de orientación indefinida, con textura glomeroporfirítica compuesta por aglomerados de piroxeno que incluyen cristales de plagioclasa (figura 11 E, F). También presenta fenocristales de plagioclasas aisladas inmersos en una matriz muy fina compuesta por plagioclasa y piroxeno. Los fenocristales de plagioclasas son automorfos, presentan dimensiones entre 0,1 y 1,3 mm según su eje mayor y muchas de ellas se encuentran zoneadas. Aplicando el método Michel Levy para 11 ejemplares, presentan una composición An55 (Labradorita). Los piroxenos forman aglomerados circulares a elipsoidales de aproximadamente 0,7 mm de diámetro. El piroxeno es incoloro, subautomorfo, con extinción recta a ondulante o en zonación tipo reloj de arena. Se observan planos de clivaje curvados y desarrollo de maclas simples. También contiene opacos.

En el punto E179 (ver Anexo I), recortando texturas genéicas del metagranito, se identificó un dique de rumbo N130 y potencia de 3 m aproximadamente. La roca es subafanítica, de textura seriada, compuesta principalmente por plagioclasa, piroxeno y opacos mientras que la presencia de anfíbol, biotita y sericita está asociada a procesos de alteración del piroxeno (figura 12). Se observa cuarzo y piroxeno como fenocristales. El primero de tendencia tabular y bordes levemente redondeados (figura 12A). En cuanto al piroxeno, se expresa principalmente en caras alargadas tabulares, cuando es automorfo, con tamaños entre 0,5 mm hasta 2 mm de su eje mayor o subautomorfos en tamaño más chicos. Algunas plagioclasas, recortan o interdigitan los piroxenos y hay mucho intercrecimiento granofirico. Los opacos son alargados, de hábito esqueletal o en cristales tabulares delgados, pudiendo corresponder con ilmenita. Hay mucha oxidación, la cual se desarrolla perpendicular a los planos de clivaje de las caras longitudinales de los piroxenos.

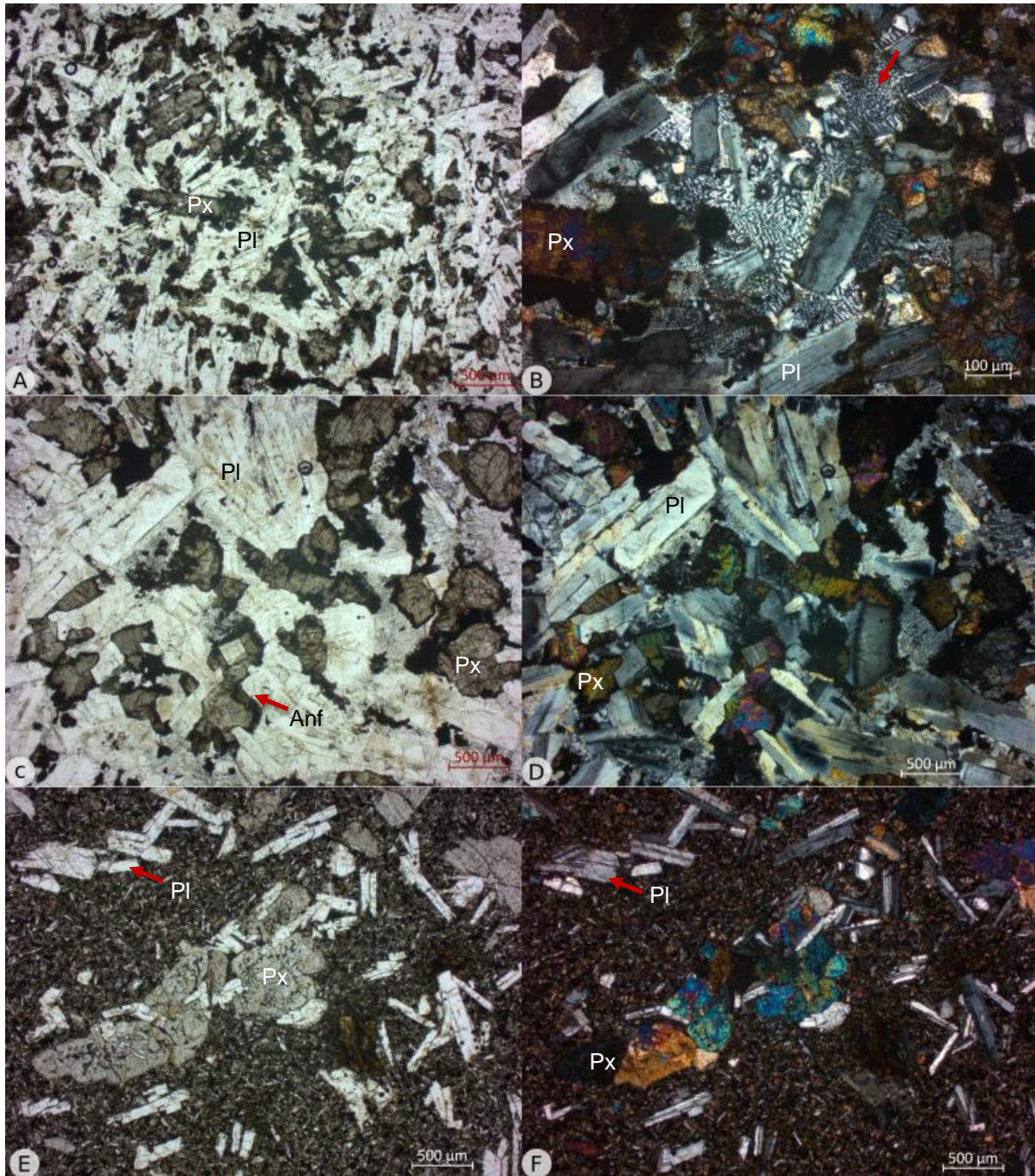


Figura 11. Microfotografías en luz natural (A,C,E) y con analizador (B,D,F). A,C,D. Textura equigranular, hipidiomórfica y subofítica. B. Ejemplo del desarrollo de intercrecimiento granofirico (flecha roja). E-F. Textura glomeroporfírica en matriz afanítica y sus minerales esenciales. Pl:plagioclasa, Px:piroxeno, Anf:anfíbol

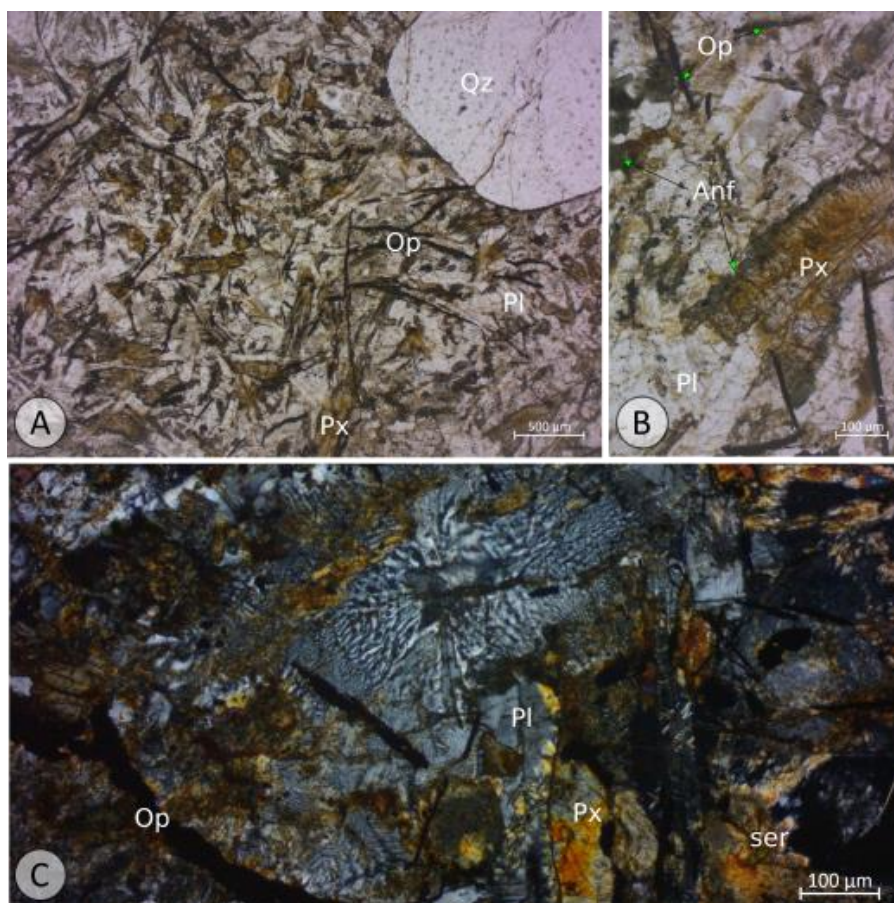


Figura 12. Microfotografías en luz natural (A,B) y luz polarizada (C) de la textura general de la roca. Plagioclasas subautomorfas a automorfas, piroxenos oxidados, opacos en forma de listones e intergrecimiento granofirico (C). Pl: plagioclase, Px: piroxeno, Op: mineral opaco, Anf: anfíbol, ser: sericita.

10.7. Zonas de cizalla

En el sector Noroeste del área se desarrollan, con dirección general NWW-SEE, texturas gneisicas, protomiloníticas a miloniticas (figura 13A,B). Estas rocas afloran próximas al Río San Salvador en un área de 1 km de ancho y 4 km de largo y tienen una exposición en cordones concordantes con la estructuración general.

Las biotitas se acumulan en continuos planos de clivaje determinando foliaciones anastomosadas a rectas, mientras que los minerales félsicos forman bandas granoblásticas de espesores menores al centímetro y espaciadas a menos de 2 cm. También se distinguen lentes y ribbons de cuarzo grisáceo. Dentro de las bandas granoblásticas hay capas lepidoblásticas milimétricas discontinuas.

Por sectores aparecen cuarzos redondeados, en boudines, en lentes y ribbons, “ojos” simétricos de feldespatos, feldespatos estirados o con “estelas” e incluso formas sigmoides.

Por otra parte, zonas sin deformación evidente, de texturas granudas, se encuentran entre las descritas anteriormente.

Al Sureste del área de estudio se observó una zona de cizalla sinistral que desplaza diques máficos del Haz de diques de Florida. Este desplazamiento es observable desde imágenes satelitales (figura 13 D). A escala de afloramiento, se pone en evidencia al deformar las rocas del basamento desarrollando texturas miloníticas a ultramiloníticas muy bien definidas de rumbo N330 y buzamiento subvertical.

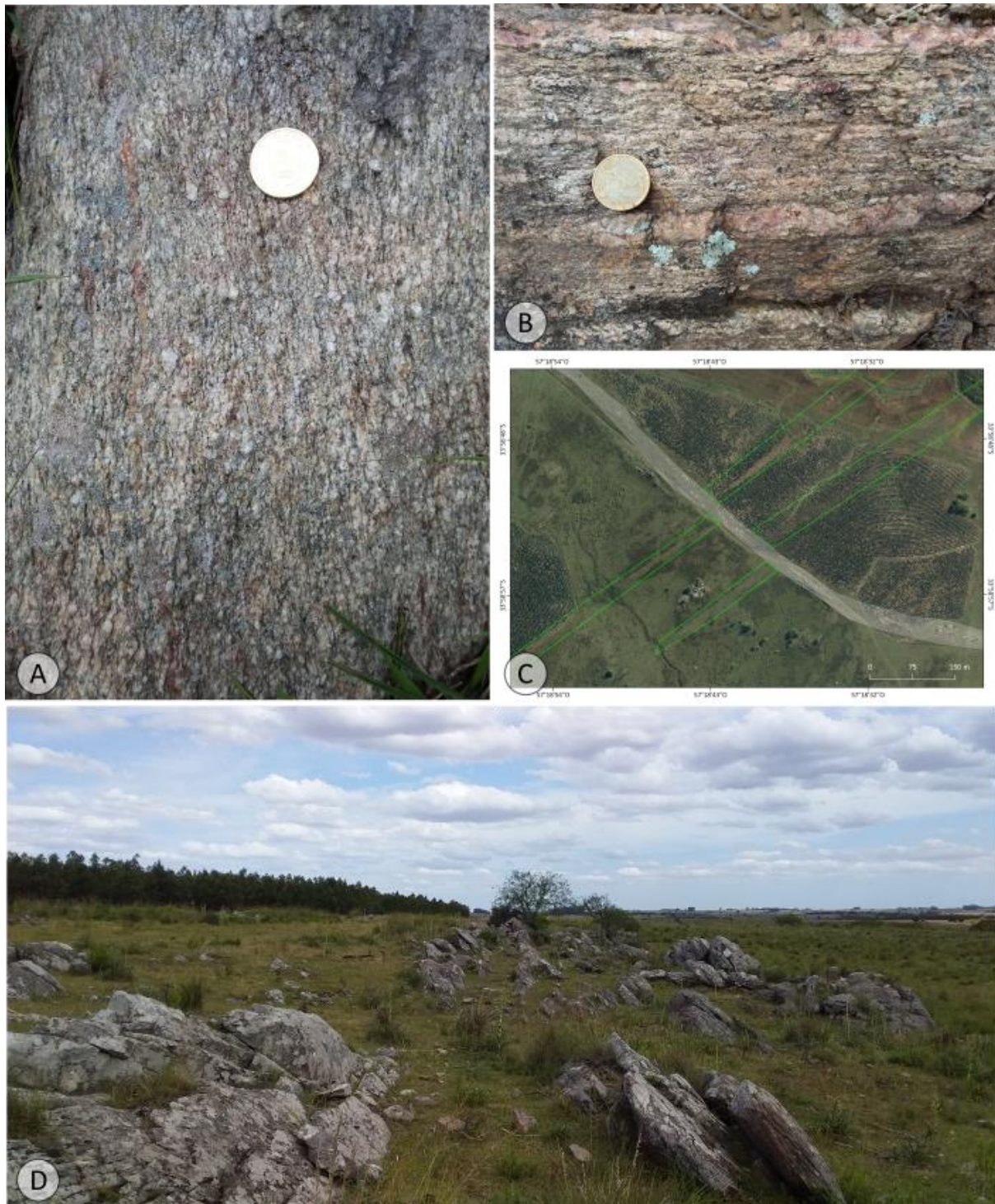


Figura 13. **A.** Gneis con textura milonítica con feldspatos redondeados y alargados. **B.** Textura milonítica-ultramilonítica. **C.** Imagen satelital de la zona de cizalla (indicada en tonalidades blancas) desplazando diques máficos (delimitados por líneas verdes). **D.** Afloramiento de zona de cizalla que desplaza diques máficos afectando al basamento gneisico.

10.8. Formación Mercedes

Esta unidad se encuentra aflorando principalmente en el Norte del área, en el departamento de Soriano y formando un relicto de escasa extensión superficial en el centro del área, en el departamento de Colonia.

Al Norte de la Hoja N24, estas rocas generan un paisaje de relieves chatos o de lomadas suaves y afloran en los márgenes de cursos fluviales. Su potencia es escasa, no superando los 2 m en los puntos de relevamiento, sin embargo, considerando la topografía de la zona, se encuentra presente a variaciones de cota de 20 m.

Litológicamente están compuestas por areniscas, areniscas conglomerádicas a levemente conglomerádicas y brechas siliciclásticas o carbonáticas, según la clasificación de Folk (1954).

Estas rocas presentan cemento silíceo o carbonático-silíceo. Además, se evidencian procesos de silicificación y/o carbonatación posteriores a la formación de estas litologías rellenando pequeñas fracturas o microfracturas, cavidades, formando nódulos o incluso niveles centimétricos de sílice maciza de tonalidades rojizas, grisáceas o azuladas (*cherts*) (figura 14Ai,D,E).

En cuanto al orden estratigráfico de las diferentes litologías, sólo fue posible identificar areniscas conglomerádicas por debajo de brechas/conglomerados (figura 14B) y por encima del basamento cristalino (figura 14A).

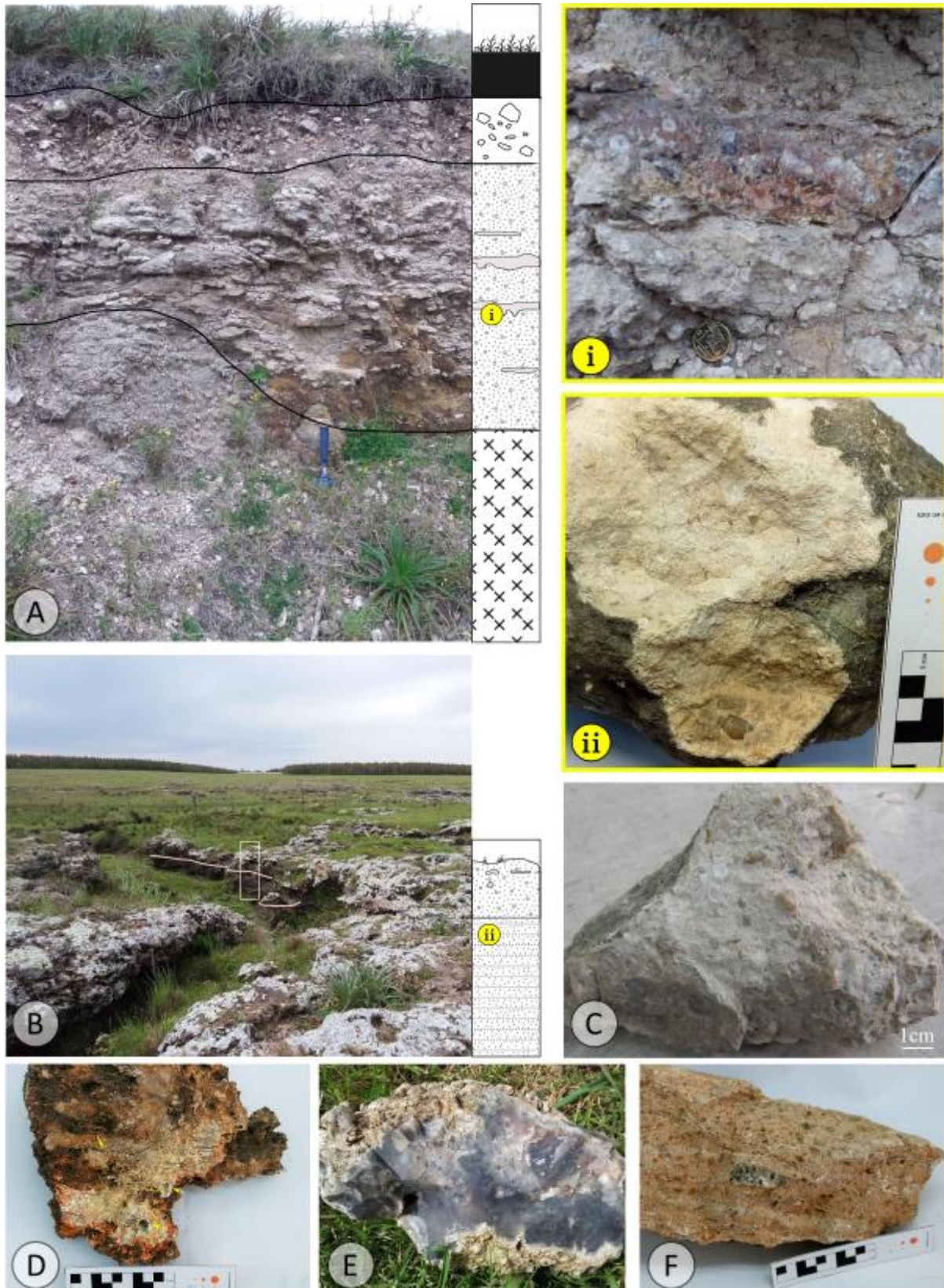


Figura 14. Afloramientos y algunas litologías identificadas. **A.** Contacto entre el basamento, en la base del perfil, y cobertura de arenisca muy fina con variable contenido en conglomerados. Hacia el final del perfil, eluvión y suelo. La arenisca presenta cemento carbonático y niveles silicificados (**i**). **B.** Contacto entre arenisca levemente gravillosa en la base del perfil (**ii**) y brecha (sup.). **C.** Ejemplo de arenisca conglomerádica. **D-E.** Sílice secundaria en forma de venillas, rellenando cavidades o formando cherts. **F.** Arenisca conglomerádica con un clasto de granito al centro.

10.8.1. Areniscas y areniscas levemente conglomerádicas

Litología predominante dentro de la unidad, de colores pálidos blanquecinos con tonalidades grisáceas, rosadas o anaranjadas (figuras 14ii, 14C, 15C, 15D). Los afloramientos pueden ser en lozas razas o generando escarpas. Consisten en areniscas con diferente grado de consolidación según la cantidad de cemento silíceo y en algunos casos se aprecian venillas de cuarzo grisáceo. No se observan importantes signos de ferrificación (figura 15E, F).

Son en general arcosas a subarcosas (Pettijohn 1984), de selección moderada a buena. El porcentaje de arena fina-media es mayor al 80% y contienen granos mayores cuyo tamaño varía desde arena media-gruesa a grava gruesa y el grado de redondez se encuentra entre subanguloso y redondeado. La muestra analizada (figura 15A, B) está compuesta aproximadamente por cuarzo (65-66%), líticos en un 7% y feldespatos/plagioclasas en un 25%. Entre los líticos se encuentran granos de cuarzo-feldespato con preservación de texturas de exsolución y recristalización y anfíboles (2%).

También puede haber presencia de biotita, epidoto, opacos y precipitados de óxido en escasa proporción.

Comúnmente los granos están recubiertos por una película de arcilla y el cemento silíceo ocupa los espacios intergranulares con hábito fibroso, micro- o criptocristalino (Figura 15E-F).

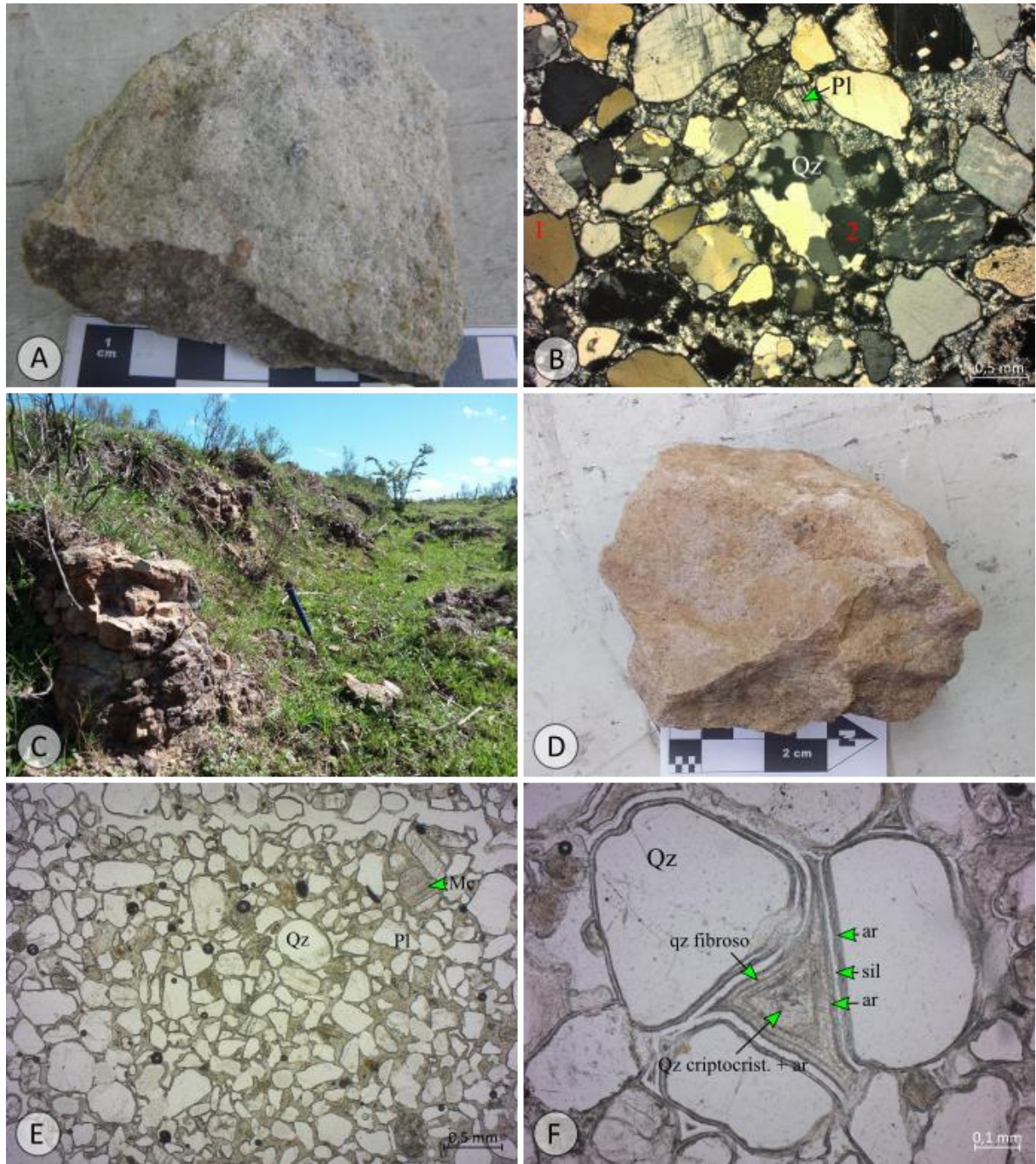


Figura 15. Ejemplo de arenisca blanquecina levemente conglomerádica en muestra de mano **(A)** y microfotografía con analizador **(B)**. Se observan granos de cuarzos monocristalinos (1) o policristalinos (2) con desarrollo de subgranos. El cemento síliceo tiene un hábito fibroso o microcristalino. **C, D.** Vista de afloramiento y muestra de mano de areniscas con tonalidades anaranjadas. **E.** Microfotografía de areniscas de grano fino, de moderada selección. **F.** Se destaca el recubrimiento arcilloso-síliceo de los granos y el cemento intergranular síliceo criptocristalino. Qz: Pl: plagioclase, cuarzo, ar: arcilla, sil: sílice.

10.8.2. Areniscas conglomerádicas

Se incluyen aquí aquellas rocas con clastos flotantes, subangulosos a angulosos, de mala clasificación; donde el tamaño de grano varía entre arena gruesa a grava fina. Contienen fragmentos líticos, feldespatos y granos de cuarzo donde los últimos son redondeados a subredondeados.

Los fragmentos líticos corresponden a fragmentos de rocas del basamento cristalino que consisten en asociaciones cuarzo-feldespáticas, plagioclasa y biotita con presencia de muscovita o epidotos. En dichos fragmentos se observan cuarzos recrystalizados, agregados policristalinos de feldespatos recrystalizados y plagioclasas con *kink-bands*.

En la muestra estudiada se identifica un primer cemento arcilloso, que recubre los clastos. Luego, ocupando el espacio intergranular se desarrolla cemento carbonático-silíceo con contenido arcilloso. El carbonato es micrítico de tonalidades amarronadas (figura 16) que parece estar asociado a arcillas que se encuentran dispersas o formando vermicúlos (figura 16 C). Se interpreta que estas arcillas son producto de la alteración de la biotita dado que por sectores se encuentran intercaladas. El silicio como cemento se encuentra dentro de los poros y en venillas mesocristalino o en hábito fibroso a fibrorradiado (figura 16D).

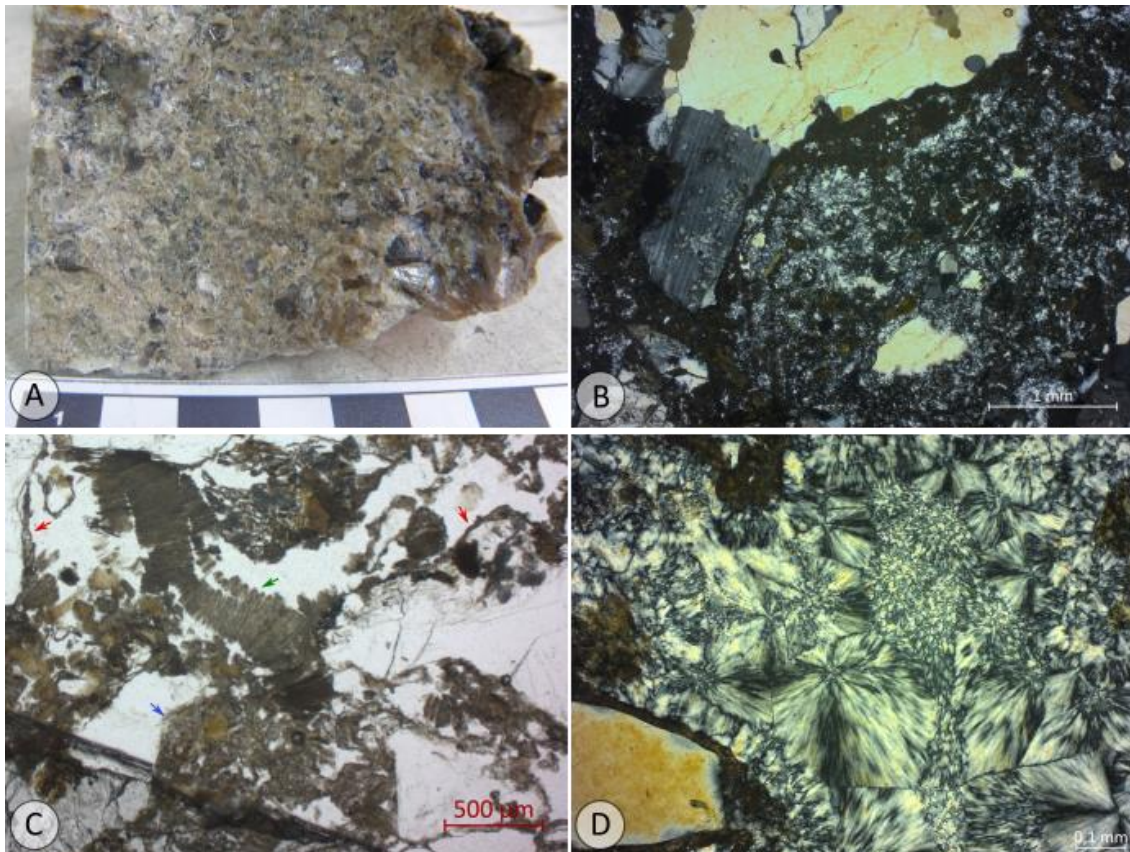


Figura 16. A. Fotografía de muestra de mano. **B-D.** Microfotografías en luz polarizada natural (C) y con analizador (B, D). **B.** En la esquina superior izquierda, parte de un grano subanguloso tamaño sábulo de plagioclasa y cuarzo. En la matriz se aprecian granos de arena y cemento silíceo y carbonático. **C.** Al centro de la imagen se indica vermiculita en hábito de acordeón (flecha verde) y el cemento carbonático (flecha azul). Es notoria la película de arcilla que rodea los clastos (flechas rojas). **D.** Cemento silíceo con hábito microcristalino y fibrorradiado.

Entre la Cañada de las Piedras y un camino vecinal que nace en la Ruta nacional N°2 se encuentra un perfil sedimentario donde por encima de areniscas conglomerádicas se encuentran brechas con tamaños de grano de hasta grava gruesa, principalmente angulosos y compuestos por fragmentos líticos cuarzo-feldespáticos (figura 14B).

10.8.3. Brechas calcáreas

Afloran en una zona reducida al centro del área de estudio y como bloques caídos al Norte de la ciudad de Cardona/Florencio Sánchez. Generan afloramientos rasos, pequeños y dispersos próximos a caminos vecinales o dentro de cunetas (figura 17). Está compuesta por estructuras circulares tipo oncoides, clastos de caliza oncoide, granos de cuarzo tamaño arena media-gruesa redondeados a subredondeados y gravas de *chert* inmersos en una matriz micrítica (figura 18).



Figura 17. A, D. Vista general de afloramiento y cavidades rellenas de cuarzo. **B.** Muestra blanquecina de carbonato con algunas venillas de cuarzo. **C.** Esquema textural.

Esparita y sílice (calcedonia) constituyen el cemento secundario rellenando los poros. Cuando tanto la esparita como la sílice están presentes, la calcedonia es el primer cemento. La sílice también se presenta masiva intersticial o formando nódulos, de hábito cristalino a fibrorradiado rellenando cavidades tipo miarolíticas y en venas (figuras 17, 18). También es posible apreciar pequeñas precipitaciones de manganeso, de hábito dendrítico. Las estructuras circulares, que aquí denominaremos oncoides, contienen núcleos centrados o descentrados, presentan tamaños de entre 1 a 3 mm, con formas generalmente circulares y estructuras concéntricas irregulares u ovaladas. Los granos de cuarzo se encuentran dispersos o como núcleos de ellos.

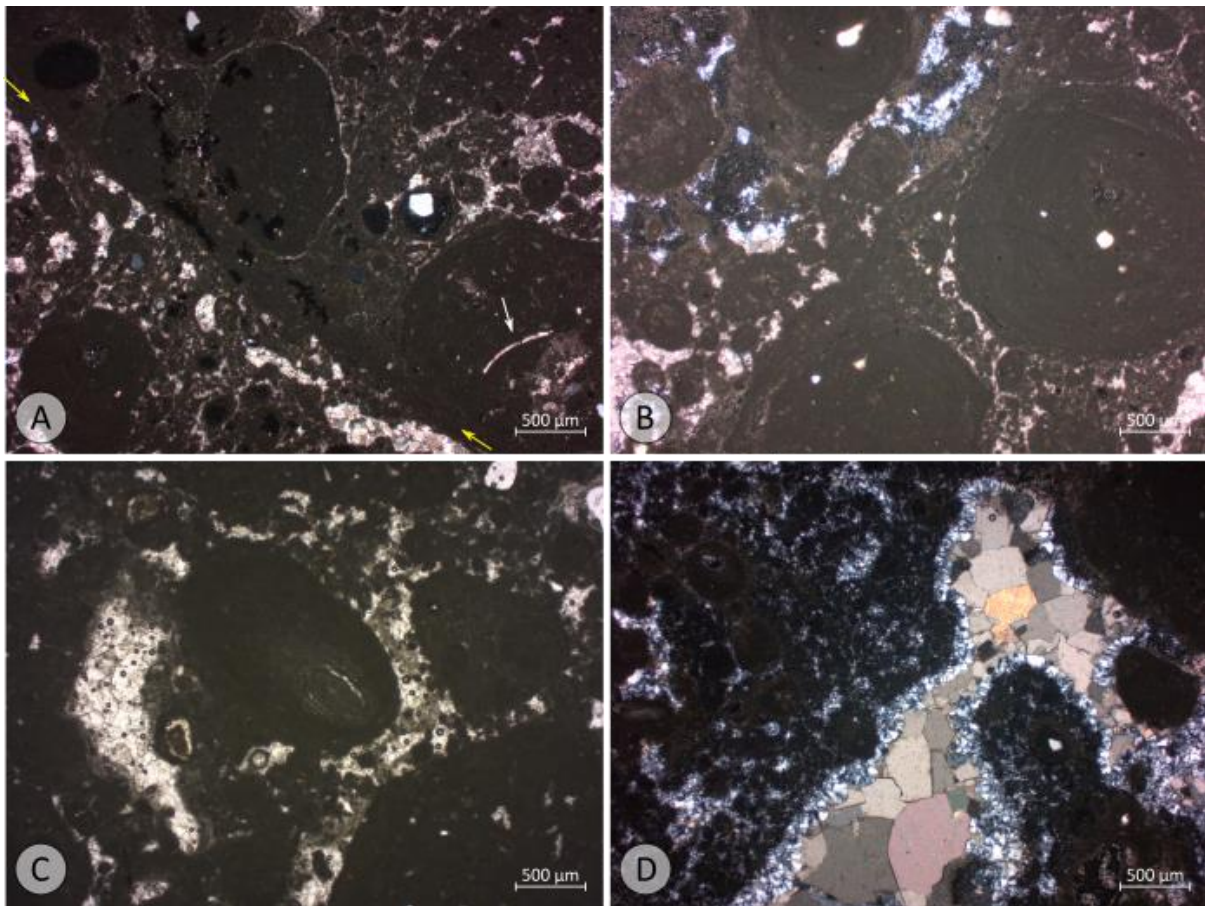


Figura 18. Microfotografías en luz polarizada natural (C) y con analizador (A, B, D). Es posible apreciar su constitución en oncoides y algunos clastos de cuarzo. A su vez, se aprecia el cemento carbonático-silíceo. En A se observa un contacto (en dirección de las flechas amarillas) entre un clasto de caliza oncoide y la matriz. En tonalidades más oscuras se desarrollan dendritas de manganeso. Se indica también un posible bioclasto (flecha blanca), bastante frecuente en la lámina.

10.9. Formación Dolores

Reconocida en los márgenes de uno de los ramales del Río San Salvador. En fotos aéreas e imágenes satelitales se reconoce por generar un “blanqueal” (figura 19A), que podría

corresponder a la presencia de carbonato, afectado por cárcavas y surcos de escorrentía superficial.

Consiste en un nivel limo-arenoso fino de tonalidades blancas a grisáceas con nódulos de carbonato redondeados esféricos a prolados verticales (figura 19B).

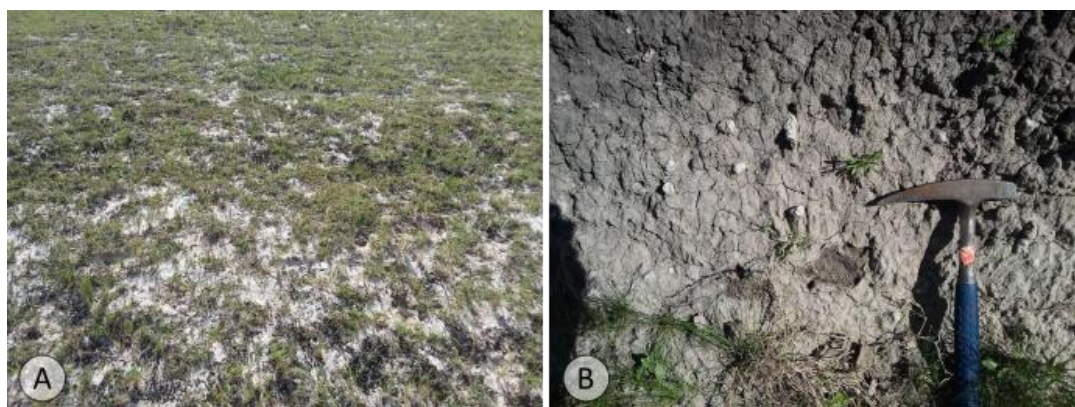


Figura 19. *A. Vista en planta de los suelos arenosos. B. Concreciones carbonáticas dentro de las arenas.*

10.10. Reciente y Actual

Dado el encajonamiento de los arroyos, los depósitos sedimentarios recientes o actuales son escasos. Se identifican, desde imágenes aéreas y satelitales, algunas barras arenosas a los márgenes del Arroyo Colla.

11. RECURSOS MINERALES

La principal actividad extractiva en el área consiste en minerales Clase III (Ley N°15242) como material para balasto. Se explota el basamento gnéisico, el granito Puntas Arroyo San Juan y el metagranito. En casos puntuales se explotan para autoabastecimiento las doleritas, posiblemente para balasto. También, como autoabastecimiento en la generación de bloques adoquines, antiguamente se realizaron extracciones en el metagranito, pudiéndose encontrar vestigios de perforaciones.

El granito Puntas Arroyo San Juan y el metagranito, generan horizontes de suelo de bajo espesor pero importantes niveles de roca alterada, permitiendo extraer el producto fácilmente con retroexcavadora. Canteras de grandes dimensiones se distribuyen a lo largo de la ocurrencia de estas rocas y conforman el material principal de relleno para los caminos vecinales de la zona (figura 20).



Figura 20. Ejemplos de canteras de granito para balasto. Puntos E022 (A), E010 (B), E047 (C), E063 (D). Ver Anexo I por coordenadas.

Según comentarios de vecinos, las brechas calcáreas habrían sido explotadas por el propietario del terreno en una Calera.

Se identificó una cantera en un dique de pegmatita de potencia decamétrica recortando al metagranito. Este dique de pegmatita contiene unos cristales de feldespato de tamaños considerables, alcanzando, al menos medio metro. Se identifican texturas gráficas claras, biotitas centimétricas y posibles micas verdes.

12. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA

En función de los antecedentes mencionados, la estratigrafía planteada es la siguiente:

Cenozoico - Pleistoceno	Fm. Dolores
Mesozoico - Cretácico Superior	Fm. Mercedes
Paleoproterozoico - Estatérico	Haz de diques de Florida
Paleoproterozoico	Granito Puntas A° San Juan
	Microgranito Costas del San Juan
	Granito Cuchilla de la Cruz/Metagranito
	Granito-gneises, gneises y anfibolitas

13. RESPUESTA GEOFÍSICA

Los resultados de los mapas aerogeofísicos, realizados por DINAMIGE en el 2014, aportan información útil para ajustar los límites de las distintas unidades presentes. Las líneas de vuelo en este sector tuvieron dirección N-S y un espaciado de 400m. Los mapas presentados son el resultado del procesamiento en ArcgisPro a partir de los rasters generados por la empresa Sander Geophysics Limited (SGL).

13.1. Mapas gamaespectrométricos

En el mapa de concentración de potasio equivalente, es fácilmente identificable la anomalía generada por el granito Puntas Arroyo San Juan, ya que su respuesta es de valores altos frente al basamento metamórfico y la cobertura sedimentaria cretácica (figura 21), incluso al valor de fondo del Terreno Piedra Alta. Es de resaltar la importante influencia del grado de afloramiento sobre estos mapas de concentración radiométrico. Como fuentes de ruido se identifica la ciudad de Cardona/Florencio Sánchez, las rutas nacionales y otros caminos vecinales.

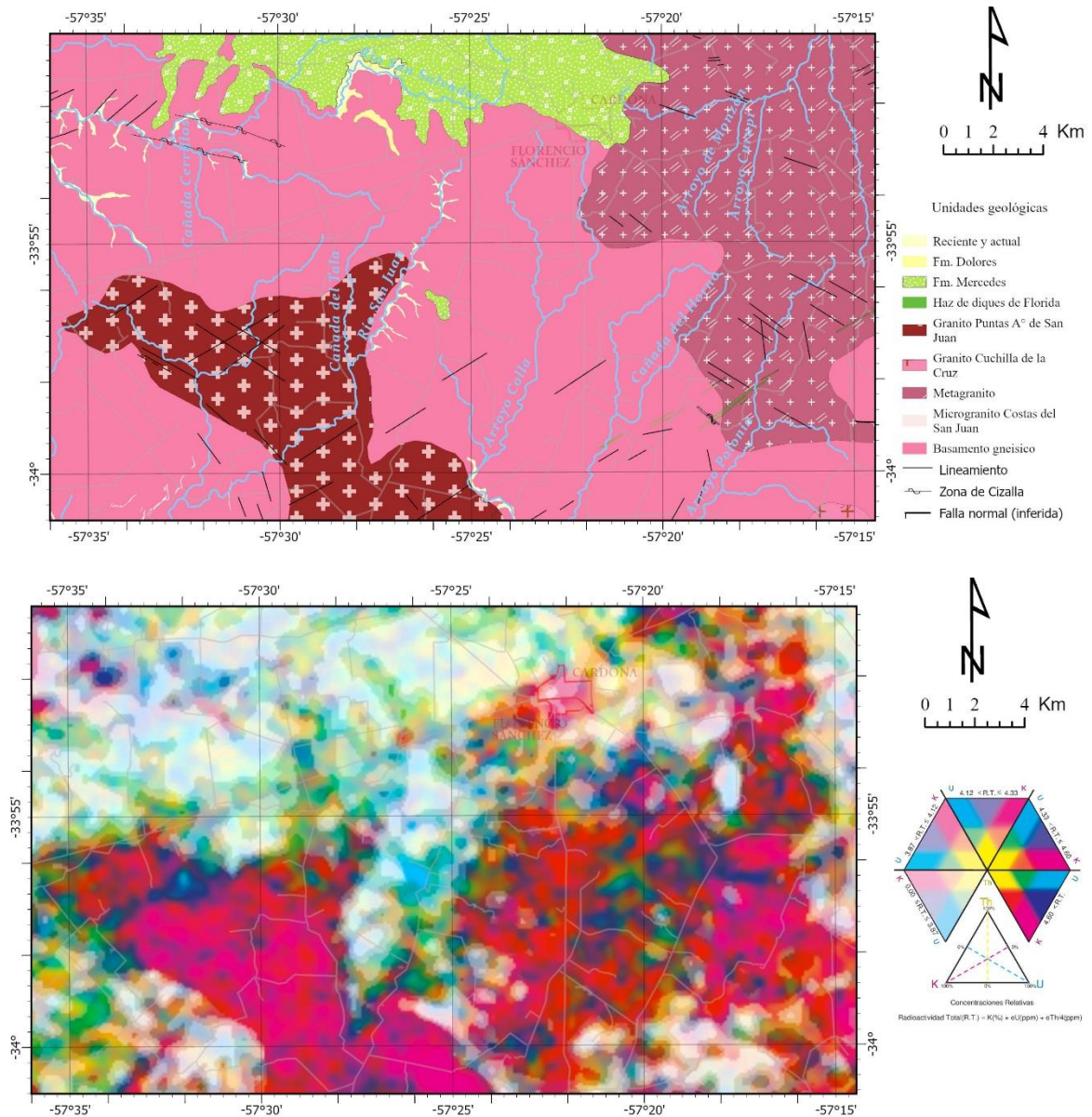


Figura 21. Mapa geológico (superior). Mapa de Ternario radiométrico de la hoja N-24 (inferior).

Referencias: K: magenta; U: cian; Th: amarillo. Radiación Total (RT= $K(\%) + eU(ppm) + eTh(4ppm)$); 1: $RT > 4,60$; 2: $4,33 < RT \leq 4,60$; 3: $4,12 < RT \leq 4,33$; 4: $3,87 < RT \leq 4,12$; 5: $0,00 \leq RT \leq 3,87$.

Por otra parte, la respuesta del granito Puntas Arroyo San Juan en el Ternario Radiométrico no es homogénea; se puede apreciar variaciones en la concentración de potasio ya sea por enriquecimiento de Th o U. Las tonalidades azules corresponden a zonas de escaso a sin afloramientos y coinciden con una zona enmarcada por dos grandes estructuras, posiblemente fallas.

Es posible apreciar también que los valores más altos en Uranio se encuentran en una franja desde el extremo NO del área hasta el centro del área, al Este del Granito Puntas Arroyo San Juan. Esta concentración de uranio es más notoria en los mapas de cociente tanto con

potasio como con torio. En campo, se identificaron allí milonitas y brechas calcáreas de la Fm. Mercedes (Figura 21). Las rocas carbonáticas, si bien suelen tener baja radioactividad, pueden contener uranio en diferentes concentraciones, incluso llegando a formar depósitos (Chudasama et al 2018).

Los valores bajos de radiación total corresponden a zonas de nulo a escaso afloramiento, así también el sector enriquecido en Th y U respecto al K al Oeste del Granito Puntas Arroyo San Juan que se extiende con esas características hacia la Hoja contigua Ombúes de Lavalle.

En el ternario radiométrico puede verse además que hay un incremento del Th frente al K y U en el Este del área (colores rojos), próximo a los metagranitos. Dentro de esa zona hay rocas ortognéisicas agrupadas dentro del basamento gnéisico.

13.2. Mapas magnetométricos

En los mapas aeromagnetéticos, se observan valores de campo magnético comunes a lo largo del Terreno Piedra Alta, incluyendo anomalías lineales de valores positivos de rumbo NE (figura 22) y pequeñas anomalías de valores negativos con formas redondeadas a alargadas. Las primeras, se reconocieron en campo como doleritas del Haz de Diques de Florida (4 y 5 en figura 22), mientras que las segundas no pudieron ser reconocidas. La anomalía 3 de la figura 22 corresponde con el dique máfico de textura glomeroporfirítica (figura 11 E,F). Tampoco se pudieron identificar en campo las rocas generadoras de las anomalías positivas lineales que atraviesan el centro del fotoplano con dirección NNO (1 y 2). Ambos segmentos parecen corresponder a la misma estructura desplazada.

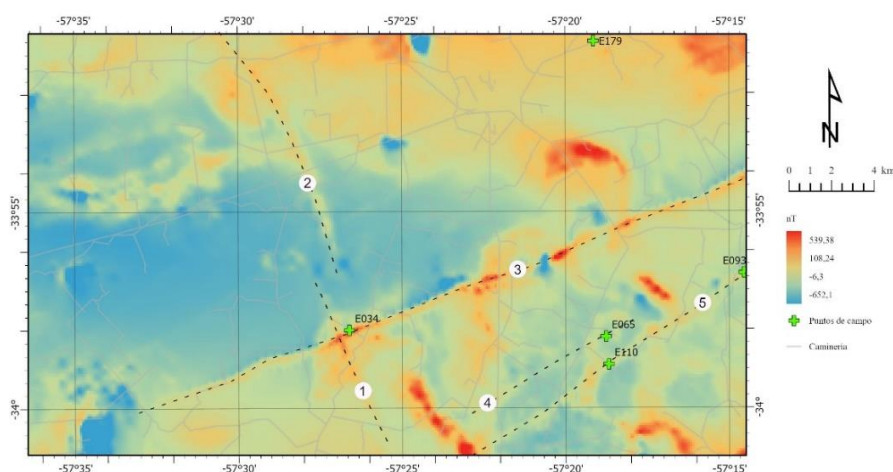


Figura 22. Mapa de Campo Magnético Anómalo (CMA) Reducido al Polo para el área correspondiente a la hoja topográfica N24 de escala 1:50.000. Se indican con líneas discontinuas aquellas anomalías interpretadas como estructuras en diques y los puntos de campo en los que fueron identificados diques máficos.

14. DISCUSIÓN

Las evidencias de metamorfismo y deformación en el área consisten en desarrollo de bandeo gnésico y foliaciones, plegamientos y microestructuras tales como desarrollo de subgranos en cuarzo, maclas curvadas, reducción de tamaño de grano y bordes recrystalizados de feldespato y/o plagioclasa.

La diferencia entre las rocas incluidas dentro del basamento gnésico y aquellas clasificadas como metagranitos, radican en criterios de campo, donde las primeras se encuentran visiblemente deformadas mientras que el Metagranito preserva texturas ígneas. Otra característica que los diferencia es la densidad de afloramiento: el basamento gnésico desarrolla poca exposición superficial mientras que los metagranitos generan afloramientos densos y dispersos.

Del análisis microestructural se infiere que el metamorfismo del basamento gnésico actuó en condiciones de temperatura comprendida entre los 500-700°C. Las microestructuras observadas consisten en desarrollo de subgranos de cuarzo lobados, subgranos en plagioclasas, recrystalización en bordes de plagioclasas y feldespatos, preservación de kink-bands y cuarzoes en *chessboard*.

El metagranito presenta una variabilidad textural que consiste en texturas puramente ígneas, facies de granito deformado en campo frágil-dúctil evidenciado por recrystalización parcial en granos de cuarzo, microfracturas en feldespatos y cuarzo, lamelas de deformación en feldespatos; y por último, texturas de recrystalización por GMB.

En el Granito Puntas Arroyo San Juan, las evidencias de deformación se manifiestan en la presencia de lamelas de deformación, recrystalización por BLG y recuperación del cuarzo mediante GBAR. Por su parte, los feldespatos y plagioclasas exhiben cataclasis y desarrollo de subgranos en límites de grano y microfracturas, sugiriendo rangos de temperatura para la deformación entre 350 a 450°C. Esto puede estar vinculado a las deformaciones corticales sufridas durante su emplazamiento en las etapas tardías del evento orogénico. Para una mejor caracterización será necesario un relevamiento de mayor detalle ya que es un macizo rocoso de grandes dimensiones.

En cuanto a las doleritas, algunas se consideraron parte del Haz de diques de Florida mientras que otras presentan características texturales, mineralógicas o estructurales

diferentes a las primeras. Comparando los mapas generados por Demarco et al. (2020) y el mapa aeromagnético de la figura 22, los diques de dirección NE podrían corresponder con aquellos que Demarco et al (2020) les asigna firmas magnéticas distintas a los del Haz de Diques de Florida y que por tanto podrían corresponder a un evento extensional diferente. Sin embargo, en este trabajo se los incluye como parte del Haz de Diques de Florida dado que la mineralogía y características texturales de los diques muestreados son semejantes a lo descrito para esta unidad. El muestreo realizado en el punto E034 podría ser una excepción ya que presenta características texturales diferentes, aunque también podría corresponder a una variación textural local (figura 11 E,F; figura 22, ver Anexo I).

Por otro lado, Demarco et al (2020) también mapea un conjunto de diques de dirección NO y sugiere que podrían corresponder con un haz de diques secundarios mesozoicos. Este podría ser el caso de las anomalías 1 y 2 indicadas en la figura 22.

Una importante discontinuidad estratigráfica se evidencia en el contacto entre el basamento paleoproterozoico y las rocas sedimentarias cretácicas de la Fm. Mercedes. La variación litológica observada es característica de esta unidad sin embargo, la escasez de preservación de contactos aflorantes dificulta resolver las relaciones estratigráficas entre ellas. El ambiente asignado a estos depósitos es continental fluvio-aluvial (Goso y Perea 2004) y se sugiere que en esta zona hubieron áreas de acumulación de agua rasa que permitiera la formación de calizas oncoides. Los clastos proceden del basamento granito-gnéisico y bajo un contexto cálido-árido a semiárido, ocurrirían procesos de carbonatación y silicificación a partir de fluidos acuosos portadores que generaron importante cementación y niveles de *chert* intercalados a la secuencia sedimentaria.

Los registros más recientes consisten en la depositación de sedimentos finos de la Fm. Dolores sobre basamento y algunos depósitos arenosos recientes en los márgenes de cursos fluviales actuales.

15. CONCLUSIONES

Las litologías predominantes en la Hoja N24 corresponden a rocas del basamento cristalino, pertenecientes al Período Riácico, tales como gneises y metagranitos de la Faja Florida, y rocas ígneas intrusivas (Granito Puntas Arroyo San Juan) asociadas a la etapa tardía de la orogenia Transamazónica/Transplatense. Los Microgranitos Costas del San Juan habrían recortado al basamento previo al cese de la actividad tectónica regional paleoproterozoica.

Una zona de mayor deformación ubicada en el Noroeste de la Hoja N24, se evidencia en los gneises con desarrollo de texturas protomiloníticas a miloníticas con dirección N100.

Los diques máficos que recortan al basamento gnéisico y al metagranito con rumbos entre N055 y N060, se asignan al Haz de Diques de Florida de edad estatérica. Un evento tectónico posterior los desplaza de forma sinistral siguiendo un rumbo N150. Se identifican otros diques máficos, no representados en el mapa, de origen indefinido.

En discontinuidad estratigráfica sobreyacen sobre el basamento cristalino rocas sedimentarias cretácicas de la Formación Mercedes, y de la Formación Dolores del Pleistoceno.

16. BIBLIOGRAFÍA

Bates, M., McLeish, M., Mushayandebvu, M. (2015). Relevamiento geofísico aeroportado parcial del territorio nacional y el procesamiento e interpretación de datos geofísicos existentes. *Informe de Interpretación*; DINAMIGE

Bossi, J., Ferrando, L., Fernandez, A., Elizalde, G., Morales, H., Ledesma, J., Carballo, E., Medina, E., Ford, I. & Montana, J. (1975). Carta geológica del Uruguay (1/1.000.000). Montevideo. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca.

Bossi, J., Campal Gennari, N., & Preciozzi Porta, F. L. (1993). Predevoniano en el Uruguay (No. 551.73 (899) BOS).

Bossi J, Campal N, Civetta L, Demarchi G, Girardi VAV, Mazzucchelli M, Negrini L, Rivalenti G, Fragoso Cesar ARS, Sinigoi S, Texeira W, Piccirillo EM, Molesini M (1993). Early Proterozoic dike swarms from western Uruguay: geochemistry, Sr-Nd isotopes and petrogenesis. *Chem Geol* 106:263–277

Bossi, J., Campal Gennari, N., Ferrando, L. A., Gancio, F., Montaña, J. R., Morales, H. L., Gancio, F., Piñeyro, D. & Sprechmann Heidenreich, P. W. (1998). Carta geológica del Uruguay: a escala 1/500.000 (No. 55 (899) CAR).

Bossi, J. (2001). Carta geológica del Uruguay, a escala 1/500.000 versión 2.0 2001.

Bossi, J., & Piñeyro, D. (2004). Complejo Ojosmin: ¿un resto de ofiolita Transamazonica? *Actas de Congreso*. IV Congreso Uruguayo de Geología. pp. 61-71

Chudasama, B., Porwal, A., González-Álvarez, I., Thakur, S., Wilde, A., & Kreuzer, O. P. (2018). Calcrete-hosted surficial uranium systems in Western Australia: Prospectivity modeling and quantitative estimates of resources. Part 1—Origin of calcrete uranium deposits in surficial environments: A review. *Ore Geology Reviews* (2018), doi: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.04.024>.

Demarco, P. N., Masquelin, H., Prezzi, C., Aifa, T., Muzio, R., Loureiro, J., Peel, E., Campal, N., & Bettucci, L. S. (2020). Aeromagnetic patterns in Southern Uruguay: Precambrian-Mesozoic dyke swarms and Mesozoic rifting structural and tectonic evolution. *Tectonophysics*, 789, 228373.

De Santa Ana, H., Goso, C., Daners, G. (2006). Cuenca Norte: Estratigrafía del Carbonífero-Pérmico. Cuencas Sedimentarias de Uruguay - Paleozoico. Dirac-Facultad de Ciencias. Cap V, 147-208.

Folk, R. L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62(4), 344-359.

Garat, I. (1990). Carta geológica del Uruguay escala 1:100.000. Hoja M-24 Guaycurú. Facultad de Agronomía.

Giannotti, V. & Arrighetti, R. (2017). Mapa geológico de las hojas Rosario (83) y Colonia (91) a escala 1:100000. Proyecto Cartografía Geológica del Uruguay - DINAMIGE.

Goso Aguiar, C. & Perea, D. (2004). El cretácico post-basáltico y el terciario inferior de la cuenca litoral del río Uruguay: geología y paleontología. *Cuencas Sedimentarias de Uruguay Geología, paleontología y recursos naturales—Mesozoico*. 2da Edición. Capítulo VII. DIRAC Facultad de Ciencias—SUG

Kerr, P. F. (1965). *Mineralogía Óptica*. McGraw Hill Book Company

Maldonado, S., Piñeyro, D., & Bossi, J. (2003). Terreno Piedra Alta—Aporte a la estratigrafía del basamento cristalino del Uruguay. *Estratigrafía del Precámbrico de Uruguay, Publicación Especial, (1)*, 18-37.

Loureiro, J., Sanchez-Bettucci, L., Pérez, F. & Spoturno, J. (2017). Carta geológica digital del Uruguay. DINAMIGE.: https://visualizadorgeominero.dinamige.gub.uy/Dinamige_MVC2/

Mazuchelli M, Rivalenti G, Piccirillo EM, Girardi VAV, Civetta L, Petrini R (1995) Petrology of the Proterozoic mafic dyke swarms of Uruguay and constraints on their mantle source composition. *Precambrian Research* 74:177–194.

Ubilla, M., Martínez, S., & Veroslavsky, G. (2004). El Cenozoico. En *Cuencas sedimentarias de Uruguay: geología, paleontología y recursos naturales*, Veroslavsky, G.; Ubilla, M. & Martínez S.(eds.), 11-36pp.

Pascale Abreu, A., Arduin Rode, F., Spoturno Pioppo, J. (2019). Cartografía geológica del sector Este del departamento de Colonia. *Actas de Congreso*. IX Congreso Uruguayo de Geología, pp.80.

Passchier, C. W., & Trouw, R. A. (2005). *Microtectonics*. Springer Science & Business Media.

Preciozzi Porta, F., Pioppo, J. S., Marziotto, W. H., & Kempa, P. R. (1985). Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la escala 1: 500.000. Ministerio de Industria y Energía, Dirección Nacional de Minería y Geología, Montevideo.

Santos, J. O., Chernicoff, C. J., Zappettini, E. O., McNaughton, N. J., & Hartmann, L. A. (2017). Large geographic and temporal extensions of the Río de la Plata Craton, South America, and its metacratonic eastern margin. *International Geology Review*, 61(1), 56-85.

Veroslavsky, G., Aubet, N., Martínez, S. A., HEAMAN, L. M., Cabrera, F., & Valeria, M. E. S. A. (2019). Late Cretaceous stratigraphy of the southeastern Chaco-Paraná Basin (“Norte Basin”-Uruguay): the Maastrichtian age of the calcification process. *Geosciences= Geociências*, 38(2), 427-449.

ANEXO I: COORDENADAS DE PUNTOS DE CAMPO

(WGS98 UTM Zone 21S)

Punto	Coord. X	Coord. Y	Punto	Coord. X	Coord. Y
E001	456220	6236614	E107	464248	6247238
E002	454554	6237087	E108	464915	6248151
E003	453722	6236911	E109	476705	6241797
E004	452914	6236897	E110	471241	6239835
E005	451778	6236780	E111	471306	6239779
E006	451716	6236763	E112	448509	6238684
E007	451505	6236684	E113	448059	6239682
E008	449652	6236974	E114	460533	6248810
E009	448950	6238029	E115	460381	6246467
E010	449435	6241175	E116	459245	6244455
E011	449515	6241024	E117	468340	6240230
E012	449789	6240998	E120	460690	6253636
E013	449738	6240687	E121	460699	6252717
E014	448212	6238333	E122	460700	6252970
E015	447976	6238129	E123	459674	6252942
E016	444871	6237174	E124	456563	6251602
E017	445207	6243806	E125	453938	6249508
E018	447535	6243051	E126	451383	6250942
E019	448932	6243135	E127	452008	6250897
E020	450152	6246157	E128	451989	6250831
E021	453446	6245644	E129	452041	6250814
E022	457042	6236324	E130	451901	6250577
E023	457128	6237535	E131	452973	6251938
E024	457030	6239318	E132	455150	6249576
E025	455949	6242234	E133	454728	6251946
E026	455948	6246692	E134	454011	6253203
E027	460370	6244351	E135	453595	6253484
E028	461835	6242100	E136	454643	6254176
E029	462274	6240938	E137	457592	6255108
E030	462266	6240937	E138	451852	6250588
E031	462204	6239218	E139	452029	6248907
E032	462392	6240470	E140	452109	6248875
E033	459110	6241356	E141	451028	6247994
E034	459025	6241409	E142	448561	6249513
E035	459022	6241412	E143	448238	6249518
E036	458646	6240522	E144	448161	6251342
E037	461686	6243639	E145	446144	6248915
E038	460544	6243980	E146	444189	6248892
E039	466113	6240548	E147	443301	6247162
E040	465910	6241015	E148	445318	6245943
E041	465450	6240484	E149	445670	6245362
E042	464512	6238868	E150	451843	6253953



E043	463527	6237988	E151	451590	6252809
E044	462561	6237356	E152	451448	6251640
E045	461550	6236782	E153	451508	6251499
E046	459582	6236940	E154	448239	6252346
E047	458730	6238395	E155	447555	6252805
E048	458915	6239813	E156	447518	6252416
E049	464036	6251104	E157	445782	6252938
E050	465085	6250308	E158	444571	6252863
E051	465583	6248837	E159	444663	6254799
E052	466197	6248034	E160	445838	6255137
E053	465578	6247777	E161	447447	6254366
E054	465813	6246072	E162	447661	6254919
E055	466406	6245598	E163	448401	6257182
E056	466049	6245580	E164	450691	6253564
E057	466993	6248536	E165	451718	6256285
E058	469066	6248502	E166	454104	6254608
E059	469061	6248500	E167	453603	6254945
E060	468413	6247763	E168	458429	6255235
E061	468523	6247499	E169	458431	6255254
E062	470877	6247078	E170	458591	6253616
E063	471754	6244471	E171	463459	6251990
E064	471168	6240919	E172	462310	6251338
E065	471112	6241141	E173	457381	6252209
E067	466119	6234816	E174	462770	6254611
E068	466084	6235491	E175	462883	6254563
E069	466128	6235931	E176	464533	6253850
E070	466173	6236845	E177	466496	6256288
E071	465948	6239167	E178	467504	6255514
E072	467895	6239023	E179	470488	6255027
E073	468036	6239649	E180	473655	6254152
E074	468490	6238850	E181	473473	6253919
E075	468849	6238119	E182	473445	6253911
E076	468849	6238121	E183	472537	6254719
E077	468677	6235986	E184	468290	6252175
E078	469323	6236125	E185	468218	6251435
E079	469865	6236703	E186	468641	6250074
E080	471099	6236097	E187	472526	6250751
E081	471483	6237621	E188	472309	6249406
E082	472347	6235712	E189	471996	6248612
E083	472803	6234959	E190	473240	6247607
E084	475235	6235698	E191	472281	6247089
E085	473186	6237278	E192	473309	6249233
E086	474284	6237299	E193	470344	6249847
E087	476912	6238744	E194	469870	6251126
E088	476708	6239461	E195	470087	6251908
E089	474247	6241367	E196	471691	6254216

E090	474360	6240298	E197	471910	6253756
E091	476736	6240721	E198	472077	6252815
E092	477483	6241840	E199	474404	6251565
E093	477596	6244155	E200	476508	6252509
E094	477506	6244256	E201	476933	6251418
E095	472873	6246009	E202	474392	6250697
E096	475680	6245774	E203	475579	6248640
E097	475438	6245267	E204	475877	6247438
E098	475664	6244400	E205	467909	6244967
E099	475921	6244588	E206	466001	6242479
E100	475114	6243894	E207	466038	6244273
E101	473207	6239744	E208	448010	6244662
E102	477124	6235360	E209	449077	6242879
E103	478684	6236571	E210	456554	6234034
E104	478108	6236730	E211	457261	6231011
E105	467374	6240761			
E106	464400	6244658			

ANEXO II: LÁMINAS DELGADAS DISPONIBLES

Lámina		Lámina		Lámina	
E027	Fm. Mercedes - Caliza	E110B	Zona de cizalla - afectando Diques de Florida	E155B	Basamento gneisico - Enclave levemente foliado
E034	Dique de Florida	E110C	Zona de cizalla - Afectando Diques de Florida	E158	Basamento gneisico - gneis de grano grueso
E035	Basamento Gneisico. - anfibolita, de forma ovoide	E120	Fm. Mercedes - Arenisca	E160	Basamento gneisico - Dique de microgranito
E037	Basamento Gneisico - Gneis grano fino	E121	Basamento Gneisico-Granito	E161	Basamento gneisico - metagranito
E041	Basamento gneisico - Granito de grano medio levemente orientado	E123	Fm. Mercedes - Brecha	E165B	Caliza arenosa
E042		E124	Basamento Gneisico - Granito	E167	Fm. Mercedes - Arenisca
E045	Granito Puntas A° San Juan	E126	Basamento gneisico	E175	Fm. Mercedes - Chert
E052	Metagranito	E131B	Basamento gneisico - diques deformados	E179A	Basamento gneisico - dique máfico
E060	Metagranito - facie leucócrata	E132	Basamento gneisico - diques deformados	E179B	Basamento gneisico - brecha
E086	Basamento gneisico - Disminución de tamaño de grano	E135	Basamento - Granito	E184	Metagranito - facie leuco
E088	Metagranito - facie leuco	E136	Fm. Mercedes - Arenisca conglomerádica	E190	Metagranito - facie leuco
E093	Dique de Florida	E144	Zona de cizalla	E192	Metagranito - facie leuco
E097A	Metagranito - gneis, facie leucócrata	E148A	Basamento Gneisico - Gneis	E202B	Metagranito - facie leucócrata grano grueso
E106A	Basamento gneisico - Gneis	E148C	Basamento gneisico - Metagranito	E203	Metagranito - facie leucócrata grano grueso

E106B	Basamento gneisico - Gneis	E150	Basamento gneisico - Metagranito	E209	Granito Puntas A° San Juan
E110A	Dique de Florida	E154A	Zona de cizalla	Total : 47 láminas	

**ANEXO III: COORDENADAS EN LÁMINA DELGADA DE PLAGIOCLASAS A LAS QUE SE LE APLICÓ
MÉTODO MICHEL LEVY**

Id_Plagioclasa	Coord_x*	Coord_y*	º izquierdo	º derecho	promedio
1	17	65	24	29	26,5
2	17	66	21	27	24
3	20	65	34	35	34,5
4	23	65	24	24	24
5	26	66	35	34	34,5
6	28	66	31	26	28,5
7	34	68	34	35	34,5
8	38	72	29	27	28
9	37	79	18	17	17,5
10	39	83	31	31	31
11	21	82	30	27	28,5

*Las coordenadas están expresadas en mm, en función de las escalas anexadas a la platina del microscopio óptico Axioplan (ZEISS) localizado en la DINAMIGE. Fue colocado el canto menor de la lámina sobre el eje y (que gradúa entre 60 y 90).