

3 GEOLOGIA LOCAL

O Batólito de Sabanalarga foi definido como um corpo ígneo alongado na direção norte-sul e localizado no setor norte dos Andes colombianos. Aflora numa área de 410 Km² na borda oeste do Terreno Tahamí e na borda leste do Terreno Caribe. Este batólito é composto por dois blocos principais separados pela Falha Sabanalarga e alguns plútons satélites.

O Bloco Leste está a leste da falha Sabanalarga, intrude no Terreno Tahamí. O Bloco Oeste está a oeste da falha Sabanalarga, intrude no Terreno Caribe. O plúton satélite principal é o *Stock* de Buriticá é também esta a Oeste da falha Sabanalarga. Na área de influencia da Falha Sabanalarga encontra-se rochas máficas-ultramáficas referenciadas como Batólito de Sabanalarga. Também apresenta em algumas regiões, rochas cataclásticas com graus de deformação variáveis (Hall et al., 1972).

As unidades até hoje mapeadas como Batólito de Sabanalarga apresentam uma surpreendente heterogeneidade litológica e composicional que varia de rochas félsicas até máfica-ultramáficas (Quadro 3), o trabalho da geologia local está focado em caracterizar cada uma dessas fácies e caracterizar as relações entre elas.

Quadro 3 - Variação na composição modal das litologias do Batólito de Sabanalarga.

Mineral	Tonalito	Diorito	Máficas-Ultramáficas	Hornblendito
Quartzo	13,9-20,5	0-5	-	-
Feldspato K	0-3,6	-	-	-
Plagioclásio	40,4-61,2	50-70	0-3,5	20-30
Clinopiroxênio	0-2,7	0-1	30-60	-
Ortopiroxênio	-	-	2-20	-
Olivina	-	-	10-30	-
Hornblenda	4,8-31,5	30-40	16-20	60-80
Biotite	3,9-6,4	0-4	-	-
Clorito	3,8-4,3	0-5	-	-
Opacos	1-1,5	0,1-1	1-8	0,4-1,5
Epidoto	0,8-1,6	0-1	-	0-1
Esfênio	0,1-TR	TR-0,2	0-TR	0,1-1
Zircão	TR	TR-0,1	-	-
An	4,2-4,6	40-80	-	60-70
IC	13-40	30-40	60-90	60-80
n	22	9	5	6

Nota: As rochas máficas-ultramáficas são metagabros e peridotitos apresentando piroxênio e hornblenda. Índice de cor (IC); número de amostras consideradas (n); traço (TR).

Fonte: Traduzido de Gonzalez, 2001.

As relações de campo, a petrografia baseada na bibliografia, a petrografia própria e o georeferenciamento das descrições de campo mostraram que as 3 fácies definidas para o Batólito de Sabanalarga (félsica, intermediária e máfica-ultramáfica) não são distribuídas aleatoriamente, pelo contrário, cada uma delas é restrita a um área do batólito (Figura 9). A fácies félsica é restrita ao *Stock* de Buriticá e o Bloco Leste, a fácies intermediária é restrita ao Bloco Oeste e a fácies máfica-ultramáfica está restrita ao bloco deformado e separado na área da Falha Sabanalarga, no meio dos blocos leste e oeste.

Analisando a mineralogia das rochas graníticas dos distintos blocos do Batólito de Sabanalarga e recalculando suas composições mineralógicas (Quadro 4) para plotá-las no diagrama de Streckeisen (1974) (Figura 10), é possível observar a diferença na composição das rochas de cada um dos blocos.

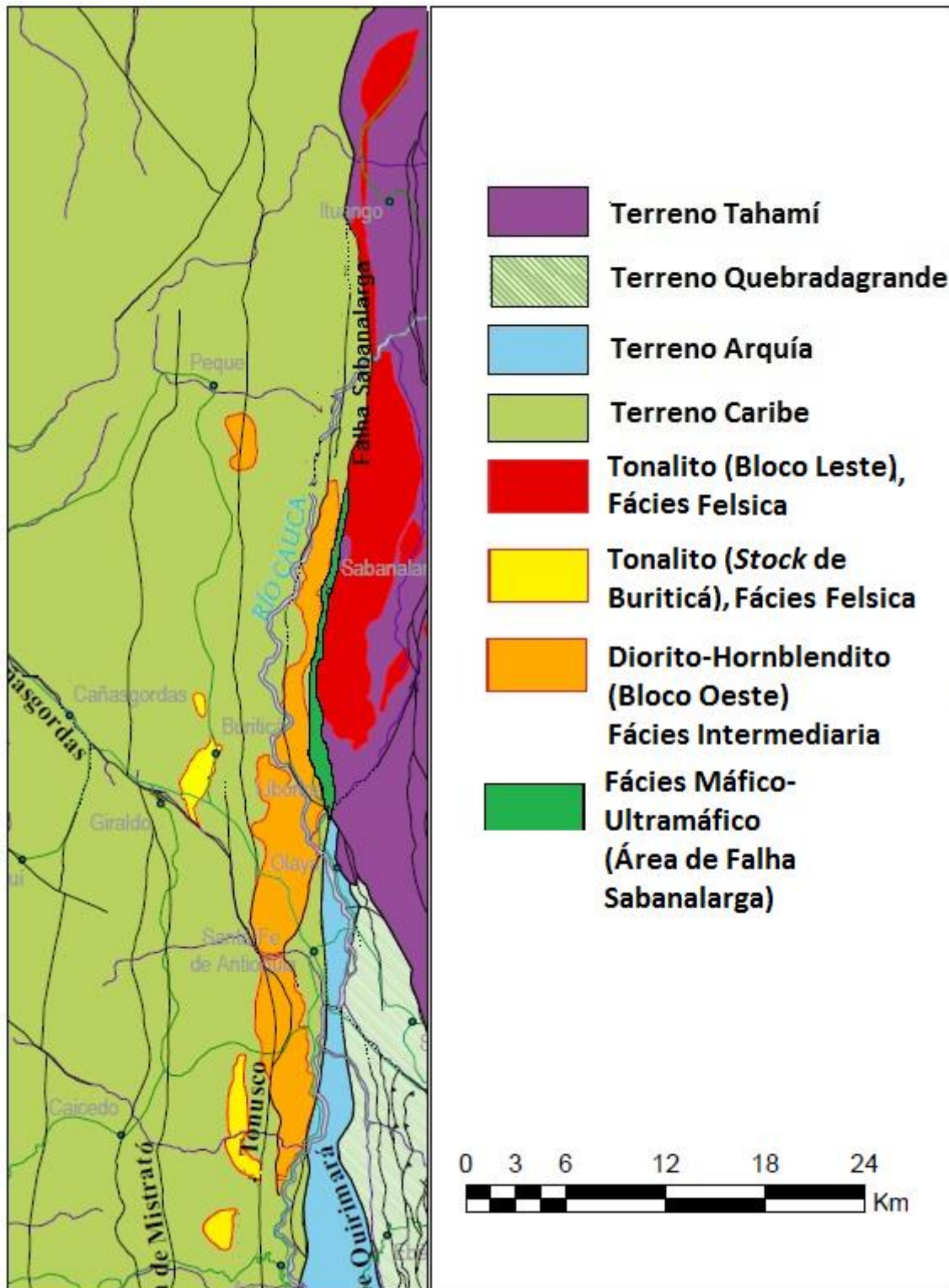
As rochas do Bloco Oeste (verde – Quadro 4 e Figura 10) são compostas principalmente por hornblenda (piroxênio) e plagioclásio. São classificadas no diagrama de Streckeisen (1974), principalmente, como diorito/gabro. Apenas duas amostras com alguma proporção de quartzo são classificadas como tonalitos mas com proporções mineralógicas diferentes daquelas dos outros tonalitos da área de estudo. Estas amostras com quartzo são rochas com metamorfismo dinâmico e recristalização, o que pode explicar o quartzo nelas como um mineral secundário.

As rochas do Corpo Leste (azul – Quadro 4 e Figura 10) apresentam quartzo e biotita, além de plagioclásio e a hornblenda. São classificadas no diagrama de Streckeisen como tonalitos.

As rochas do *Stock* de Buriticá (verde claro – Quadro 4 e Figura 10), apresentam, principalmente, quartzo e plagioclásio, além de poucos piroxênios em comparação ao corpo oeste, e são classificadas como tonalitos.

Duas amostras do *Stock* de Altavista (Batólito Antioqueño) (vermelho – Quadro 4 e Figura 10) são analisadas para ter uma comparação das rochas da região de Sabanalarga com as rochas do Batólito Antioqueño. As rochas do Altavista apresentam composições semelhantes com as amostras do corpo oriental, e são classificadas como tonalitos.

Figura 9 – Distribuição das fácies do Batólito de Sabanalarga



Fonte: O autor, 2017.

Quadro 4 - Composição mineralógica total e recalculada para comparar a relação QAP das rochas graníticas dos distintos blocos do Batólito de Sabanalarga e o *Stock* de Altavista

Amostra	Qz	Fd	Pl	Px	Bt	Op	qtz	fld	plg
W5			35	60		5	0	0	100
W9			38	60		2	0	0	100
W11	15		40	45			27	0	73
W12			30	70			0	0	100
W39	15		35	50			30	0	70
W54b			40	60			0	0	100
W64			30	55		5	0	0	100
W22	40		40	20			50	0	50
W24	40		40	20			50	0	50
W47	45		45	10			50	0	50
W57	45		45	10			50	0	50
WG68	45		35		20		56	0	44
W14	25		35	20	20		42	0	58
W15	40		40	8	12		50	0	50
W19	30		35	35			46	0	54
W21	35		35	15	15		50	0	50
W65	20		35	45			36	0	64
W66	25		40	20	15		38	0	62
W67	30		40	15	15		43	0	57
W35	40		40	10	10		50	0	50
W69	60	5	35				60	5	35

Nota: Bloco Oeste (verde escuro); Bloco Leste (azul); Stock de Buriticá (verde claro); Stock de Altavista (vermelho); Quartzo (Qz); Alkali-Feldspato (Fd); Plagioclásio (Pl); Piroxeno (Px); Biotita (Bt); Minerais opacos (Op); Quartzo recalculado (qtz); Feldspato recalculado (fld); Plagioclásio recalculado (plg).

Fonte: O autor, 2017.

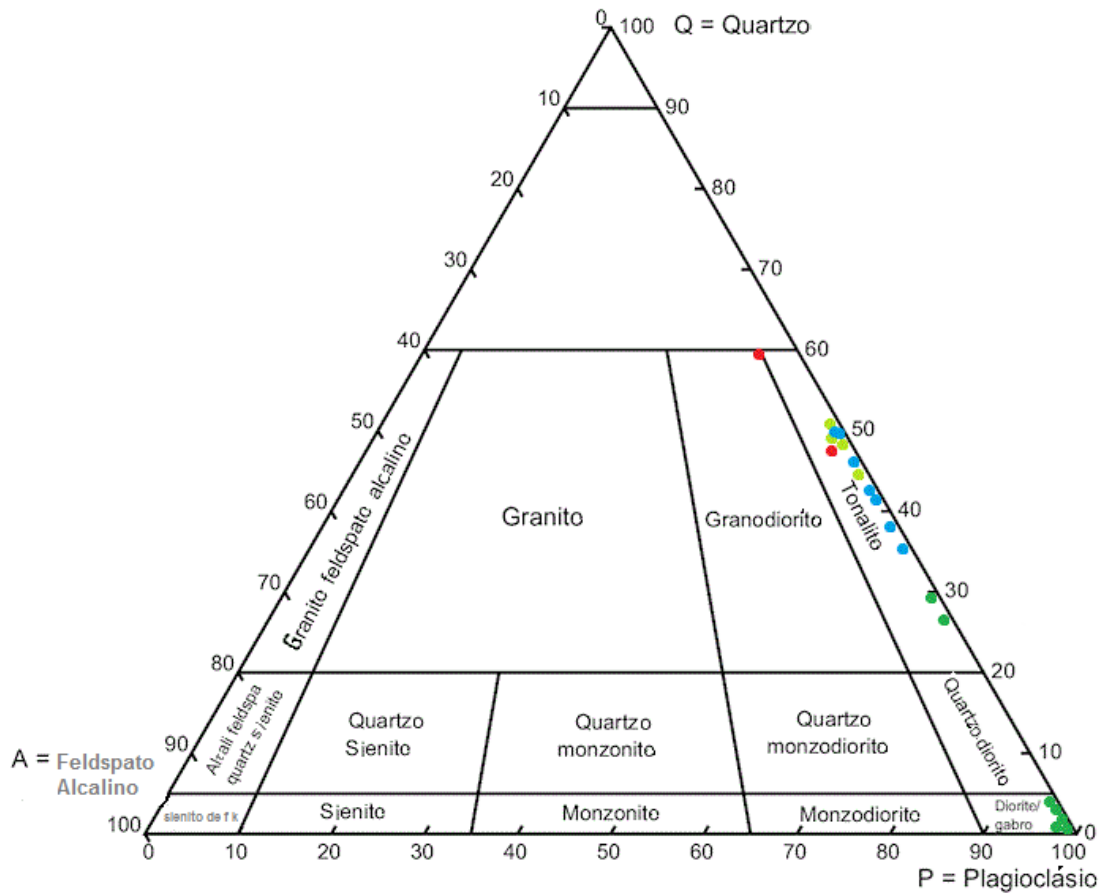
A primeira hipótese sobre a gênese do Batólito de Sabanalarga é que o plúton foi intrudido na zona de sutura entre a crosta oceânica e continental e posteriormente os contatos foram falhados (Rodriguez et al., 2012). Outros autores (Nivia & Gómez, 2005; Flórez & Valencia, 2006; Weber et al., 2011) separam o Batólito de Sabanalarga em duas unidades litológicas diferentes: segundo Nivia & Gómez (2005), Gabro de Santa Fé (Bloco Oeste) e Batólito de Sabanalarga (Bloco Leste), ou, segundo Weber et al., (2011) como Batólito de Santa Fé (Bloco Oeste) e Batólito de Sabanalarga (Bloco Leste), com a Falha Sabanalarga como limite das unidades.

Pelas relações de campo, a distribuição das fácies e as análises petrográficas, esta pesquisa considera que o termo Batólito de Sabanalarga como era aplicado antigamente, representa várias unidades com gênese e história geológica diferente, e serão consideradas como unidades independentes.

Nesta pesquisa assumiremos a nomenclatura de Weber et al. (2015), chamaremos o Bloco Oeste de Batólito de Santa Fé, o Bloco Leste será chamado de Batólito de La Honda-Sabanalarga para se diferenciar do antigamente chamado Batólito de Sabanalarga. As rochas da fácies máfica-ultramáfica foram identificadas como uma sequência vulcano-sedimentar deformada. Um resumo da nomeação

proposta pelos diferentes autores é apresentada na figura 11. Este agrupamento é utilizado na descrição das rochas estudadas apresentada a seguir.

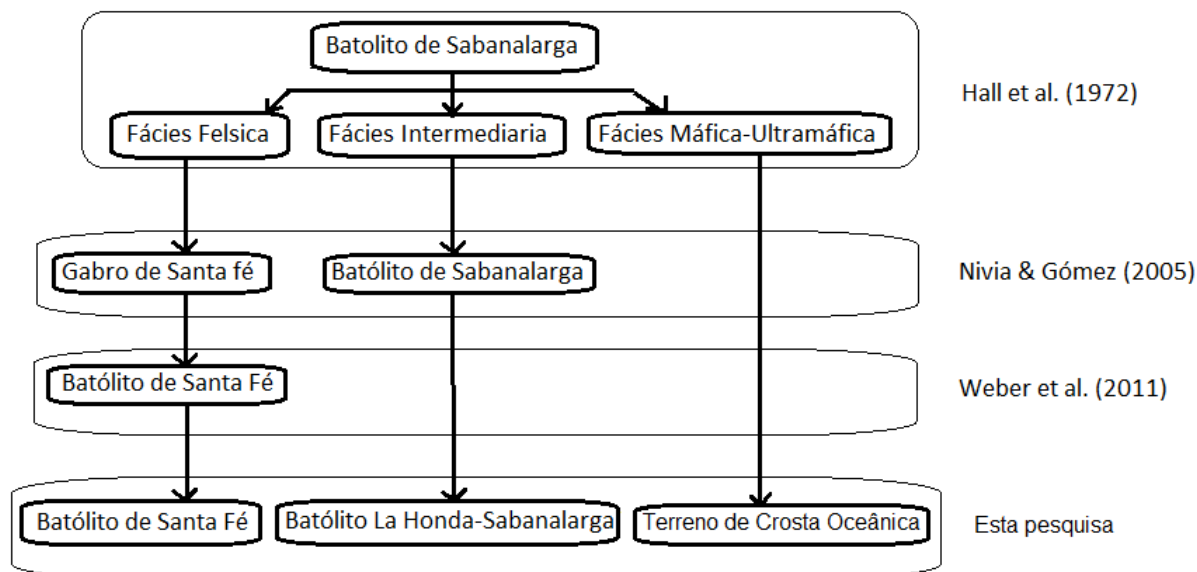
Figura 10 – Diagrama de Streckeisen (1974) para as rochas graníticas dos distintos corpos do Batólito de Sabanalarga e o Stock de Altavista



Nota: Bloco Oeste (verde escuro); Bloco Leste (azul); Stock de Buriticá (verde claro); Stock de Altavista (vermelho).

Fonte: O autor, 2017.

Figura 11 – Nomeação das rochas intrusivas na região de Sabanalarga pelos diferentes autores



3.1 Bloco Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga (Fácies Felsica)

O Bloco Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga é caracterizado por sua homogeneidade e a pouca variação composicional e textural, trata-se de um corpo de composição tonalítica, sem deformações ou alterações de importância, que intrude rochas metamórficas do Terreno Tahamí (Figura 12A). O corpo apresenta uma relação falhada com as unidades máficas-ultramáficas anteriormente conhecidas como facies mafica-ultramáfica referidas (Figura 12B).

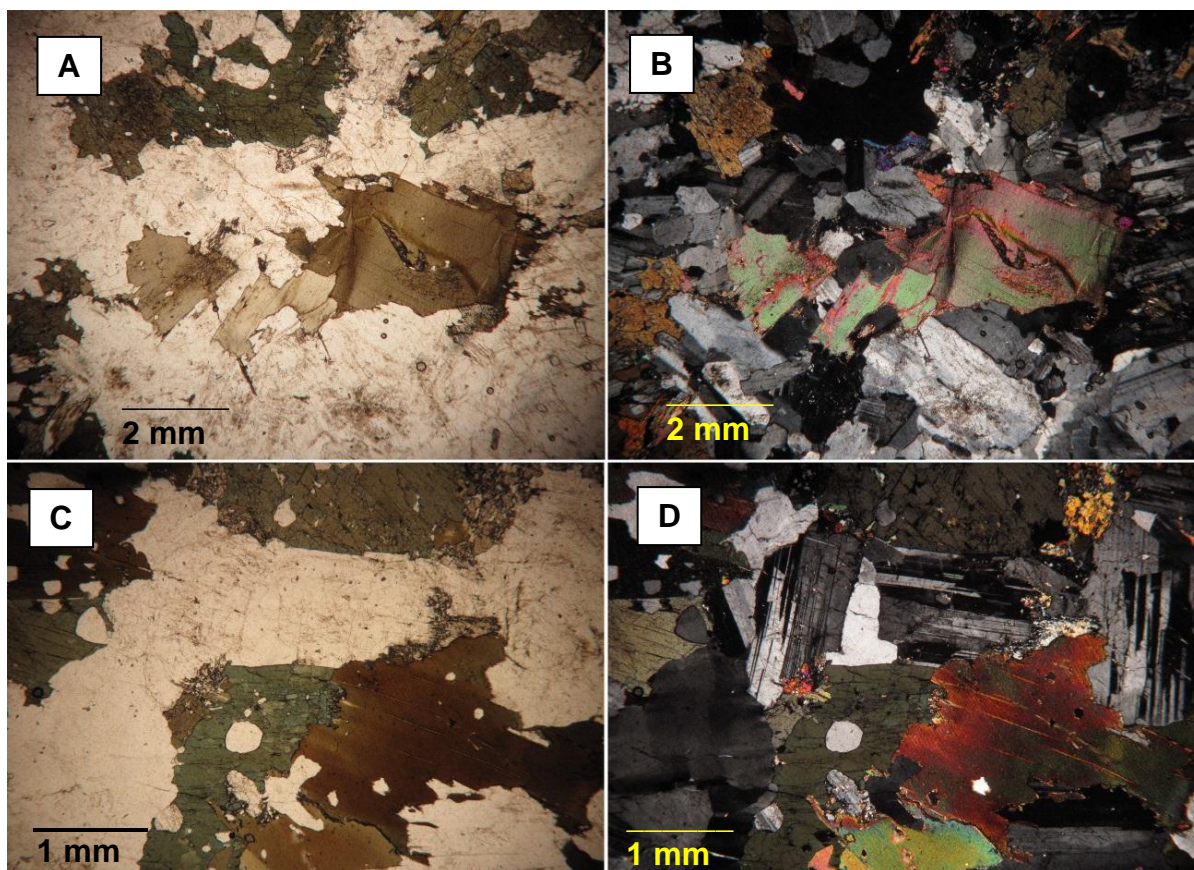
Figura 12 – Relações do Bloco Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga



Legenda: A - Tonalito do Corpo Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga e xenólito das rochas metamórficas do Terreno Tahamí; B - Bloco Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga em contato falhado e cavalgando por cima das rochas da sequência vulcano-sedimentar deformada da zona da Falha Sabanalarga.

Fonte: O autor, 2017.

Figura 13 – Microfotografias das rochas do Bloco Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga



Legenda: Microfotografias dos tonalitos do Bloco Leste ou Batólito La Honda-Sabanalarga, compostos principalmente por plagioclásio, quartzo, biotito e hornblenda. Nicóis paralelos (A e C) e nicóis cruzados (B e D).

Fonte: O autor, 2017.

3.2 Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fé (Fácies intermediária)

O Bloco Oeste do Batólito de Sabanalarga é definido como Batólito de Santa Fé por Weber et al., (2015). Eles propõem que sua gênese foi posterior ao *Stock* de Buriticá. Após o upwelling na Placa do Caribe que gerou o *Stock* de Buriticá, a migração da placa do Caribe a nordeste, gerou a subdução e o início do magmatismo que forma o Batólito de Santa Fé faz 90 Ma.

Este bloco representa a fácies intermediária e é caracterizado pelos dioritos hornblendíticos que apresentam gradação mineralógica até microdioritos, microdioritos augíticos, microquartzo-dioritos e tonalitos hornblendíticos. Também apresenta hornblenditos de textura hipidiomórfica granular formados por hornblenda

e plagioclásio em proporções variáveis com variação para gabros augíticos-hornblendíticos e gabros hornblendíticos (Gonzalez, 2001).

O Batólito de Santa Fé intrude as rochas do Terreno Caribe onde nesta região é representado por basaltos da Formação Barroso (Figura 14A), por basaltos de fundo oceânico de San José de Urama e alguns sedimentos de fundo oceânico. Apresenta abundantes xenólitos do Granulito de Pantanillo (Figura 14B). Ele é intrudido por várias gerações de diques dacíticos, andesíticos e basálticos (Figura 14C) em níveis crustais rasos e associados ao magmatismo Terciário da área de estudo.

O Batólito de Santa Fé apresenta fácies cataclásticas e é comum neste corpo a alteração hidrotermal associada aos diques ou as zonas de cisalhamento (Figura 14D).

Petrograficamente apresenta uma textura hipidiomórfica equigranular caracterizada pelos cristais de hornblenda e plagioclásio euédricos e subédricos (Figura 15A e 15B). A hornblenda apresenta textura poiquilítica com inclusões de feldspato e apatita. O plagioclásio tem composição entre An_{30} e An_{50} , em alguns cristais é possível observar zoneamento e alteração para saussurita, sericita e calcita. Tem presença esporádica de quartzo e opacos em até o 5% (Gonzalez, 2001). Em algumas lâminas é possível observar pequenos xenólitos de composição compatível com o Granulito de Pantanillo (Figura 15C). Não foi possível observar biotita ou outra mica primária nesta unidade, apenas em uma amostra foi achada biotita, mas a rocha está milonitizada e a biotita provavelmente é secundária.

Figura 14 – Fotografias do Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fé

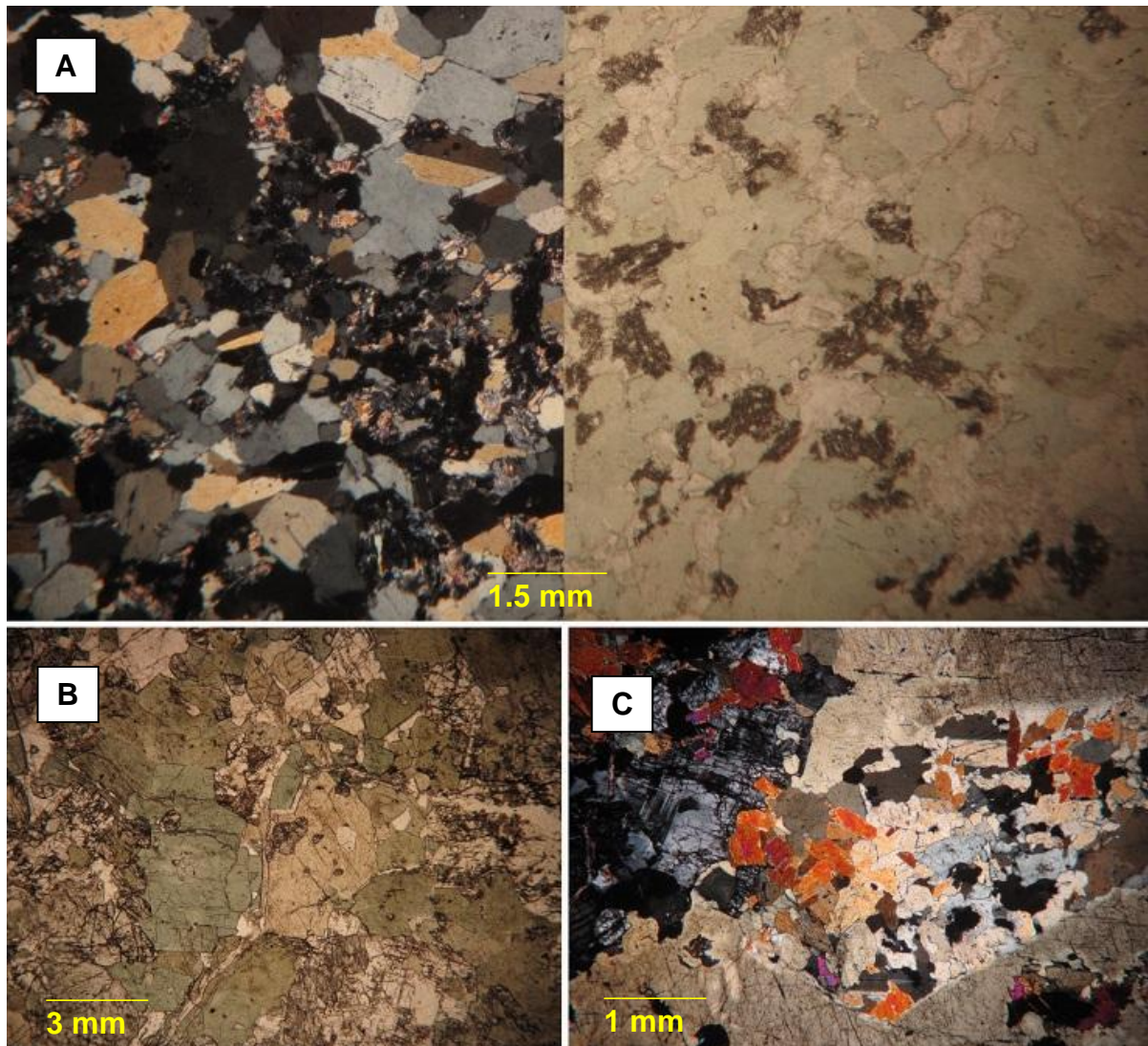


Legenda: A - Batólito de Santa Fé intruindo nos basaltos da Formação Barroso; B - Gabro hornblendítico com xenólitos alinhados; C - Diques félsicos e intermediários intruindo no Batólito de Santa Fé; D - Veios hidrotermais e alteração propilítica no Batólito de Santa Fé.

Fonte: O autor, 2017.

No interior do Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fé e rodeado totalmente por ele, aflora o Granulito de Pantanillo (Figura 16A e 16B). Este é um granulito básico com metamorfismo retrógrado de fácies anfibolito. O granulito é rodeado em toda sua extensão pelo batólito e é interpretado como um grande xenólito de pelo menos 2,6 km² dentro da unidade (Cardona, 2010). Weber et al., (2015) baseados em modelagem geoquímica, interpretam o Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fé, como o resultado da fusão parcial dos granulitos numa crosta oceânica anormalmente grossa. No trabalho de campo foi possível encontrar evidências de migmatização (Figura 16C e 16D).

Figura 15 – Microfotografias das rochas do Batólito de Santa Fé

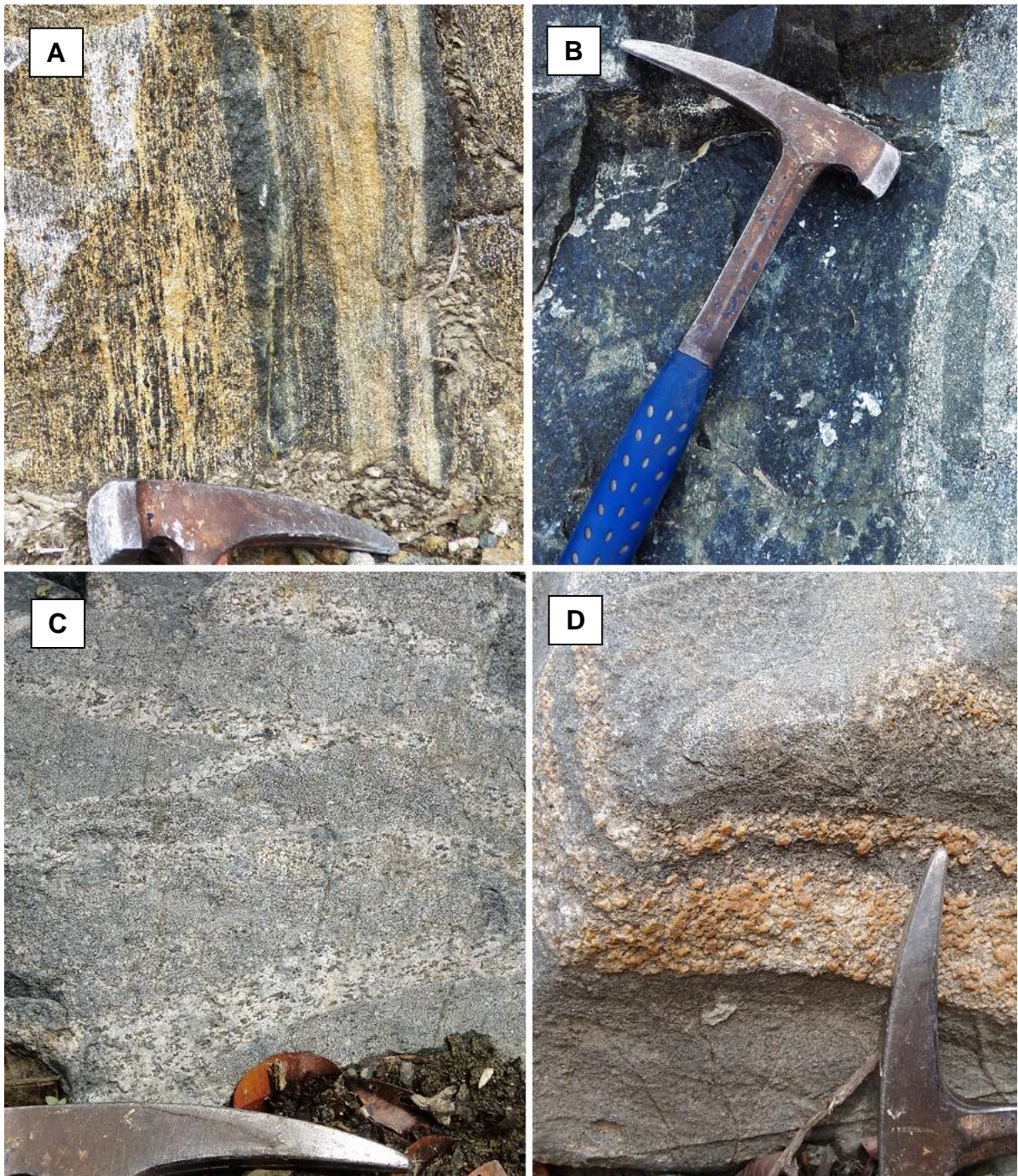


Legenda: A - Hornblendito do Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fe, nicóis cruzados a izquierda e paralelos a derecha; B - Hornblendito do Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fe, nicóis paralelos; C - Pequeno xenólito no Batólito de Santa Fe com composição e textura compatíveis com o Granulito de Pantanillo, nicóis cruzados.

Fonte: O autor, 2017.

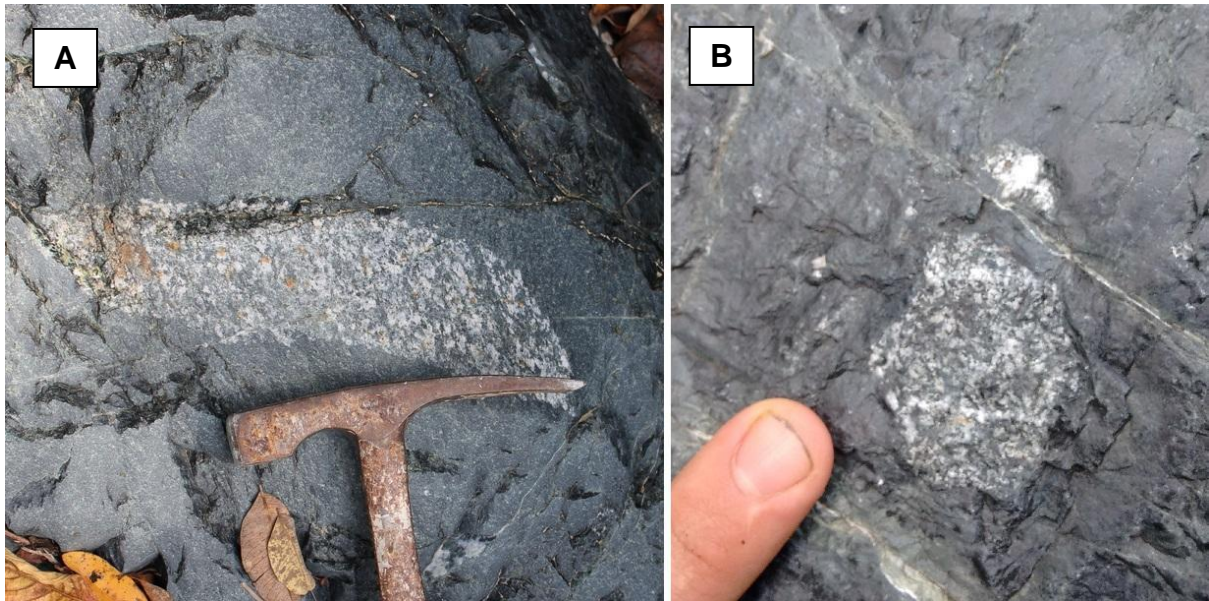
O Bloco Oeste ou Batólito de Santa Fe, intrude os basaltos da Formação Barroso (Figura 14A). Em alguns afloramentos dos basaltos na margem leste do Bloco Oeste é possível observar o batólito intrudido nos basaltos, mas a poucos metros são achados blocos do batólito e *cherts* nos basaltos da Formação Barroso (Figura 17A e 17B). Isso implica que tem ao menos duas gerações de basaltos dentro da Formação Barroso.

Figura 16 – Fotografias do Granulito de Pantanillo



Legenda: A - Granulito de Pantanillo; B – Contato do Granulito de Pantanillo e o Batólito de Santa Fé;
C e D - texturas migmatíticas no Granulito de Pantanillo.
Fonte: O autor, 2017.

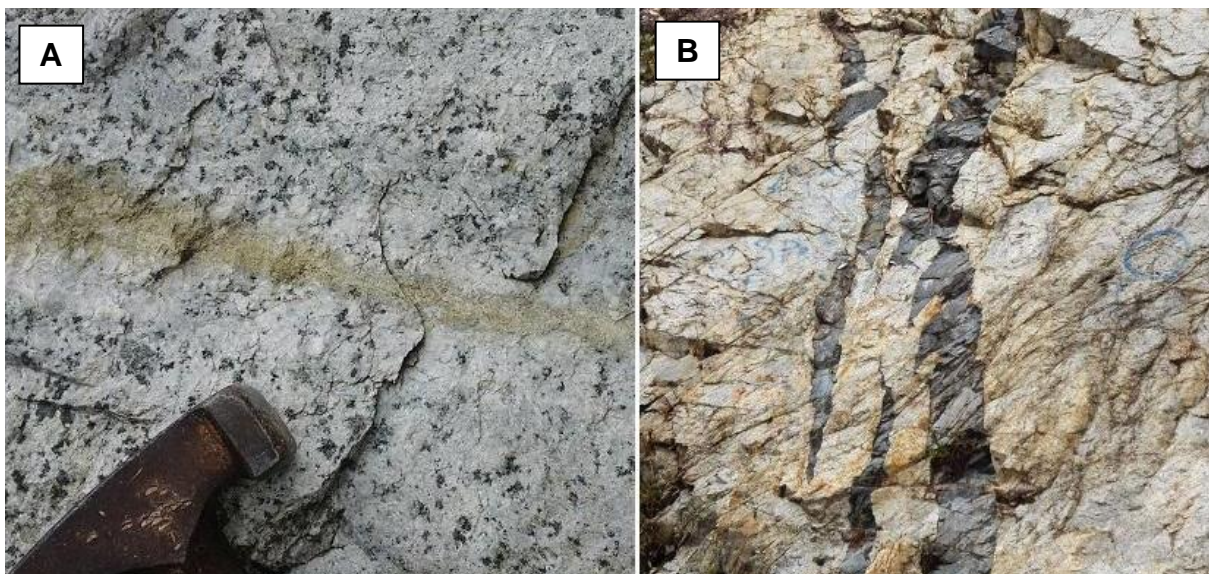
Figura 17 – Basaltos envolvendo enclaves gabroicos



Fonte: O autor, 2017.

O *Stock* de Buriticá é o maior dos plútons satélites associados ao Batólito de Santa Fe, Weber et al. (2015) sugerem que foi formado como consequência de um upwelling na Placa do Caribe há 100 Ma. Apresenta uma composição tonalítica (Figuras 10 e 18A, Quadros 3 e 4). Intrude nos basaltos da Formação Barroso (Terreno Caribe) e são cortados por sistemas de diques e veios apresentando alteração hidrotermal (Figura 18A e 18B) associadas a magmatismo Terciário.

Figura 18 – Fotografias do *Stock* de Buriticá



Legenda: Tonalitos do *Stock* de Buriticá cortados por veio hidrotermal (A) e diques básicos (B).
Fonte: O autor, 2017.

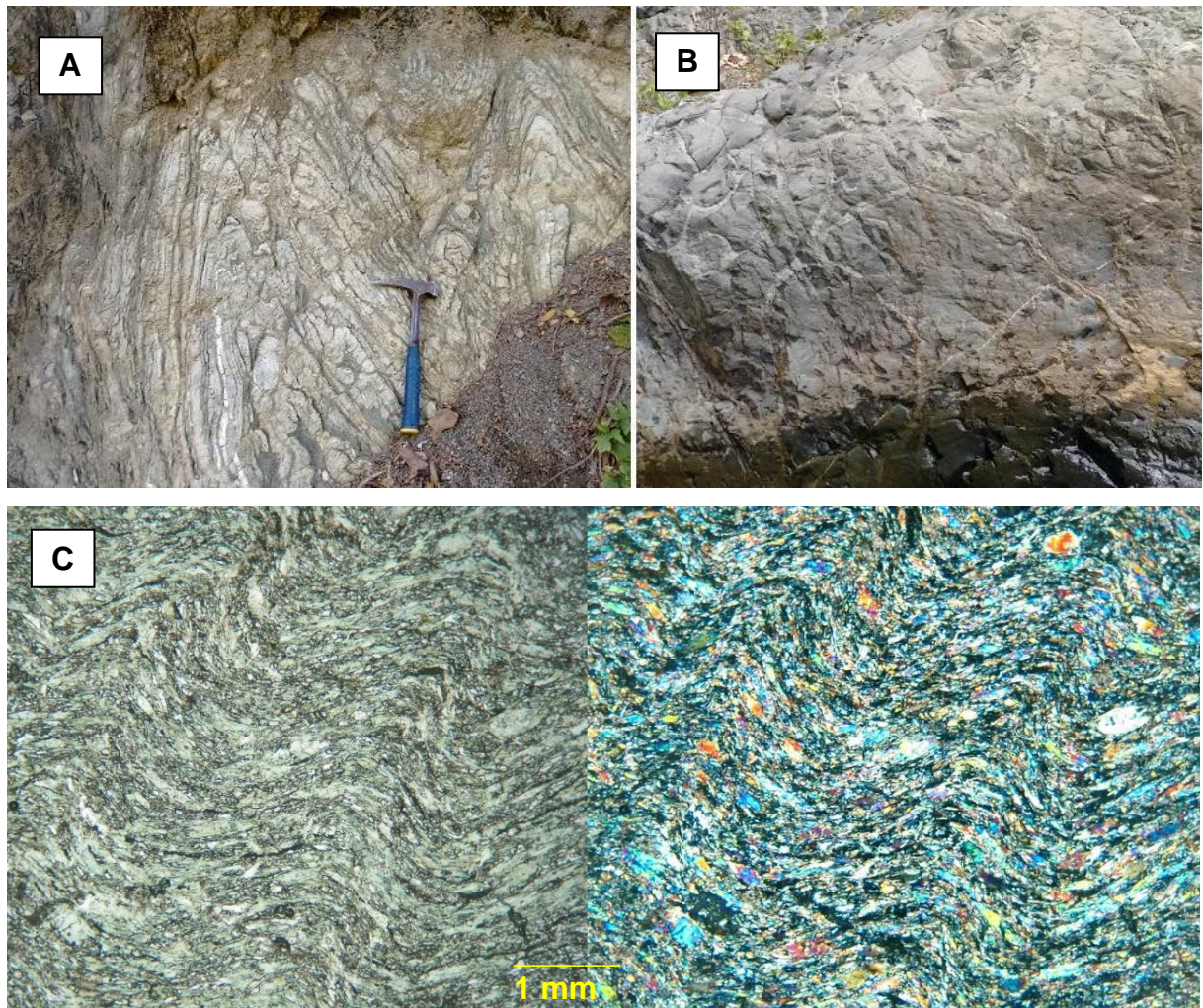
3.3 Sequência Vulcano-Sedimentar Deformada (Fácies Máfica-Ultramáfica)

Na bibliografia são apresentadas rochas máfica e ultramáficas mapeadas no Batólito de Sabanalarga. Essas rochas foram reportadas como peridotitos contendo piroxênio e olivina. No trabalho de campo, estas rochas foram identificadas e sua presença é restrita a um bloco no interior da Falha de Sabanalarga.

No interior da Falha de Sabanalarga aflora uma unidade com pelo menos 200 metros de largura e pelo menos 20 km de comprimento. Tal unidade foi cartografada nos trabalhos prévios como xistos verdes do Terreno Tahamí ou milonitos associados à influência da Falha Sabanalarga. O trabalho de campo evidencia que essa unidade é uma Sequência Vulcano-sedimentar deformada (Figura 19A) com alguns afloramentos de *pillow lavas* deformadas e alteradas (Figura 19B), além de lentes de rochas ultramáficas de algumas dezenas de metros. A Unidade tem contatos falhados a leste com o Batólito La Honda-Sabanalarga (Figura 12B) e a oeste com o Batólito de Santa Fe. A litologia e relações de campo desta unidade são compatíveis com a Sequência Vulcano-sedimentar do Complexo Quebradagrande, importante unidade localizada 3 km a sul. Esta unidade representa uma crosta oceânica na metade dos corpos do Batólito de Sabanalarga. A presença desta crosta oceânica e as características distintivas de cada bloco, confirmam uma gênese em ambientes tectônicos diferentes para cada bloco.

As rochas da crosta oceânica localizada entre os batólitos de Santa Fe e La Honda-Sabanalarga, podem ser identificadas no campo como pertencentes a uma Sequência Vulcano-sedimentar, mas nas lâminas delgadas apresentam um sobre crescimento de clorita e actinolita que tem substituído as texturas originais da rocha (Figura 19C). Isso poderia ter contribuído com sua errada classificação como xistos verdes do Terreno Tahamí. Algumas regiões das lâminas apresentam quartzo relacionado com o componente sedimentar da sequência. Na zona de afloramento destas rochas é possível achar lentes de rochas ultramáficas.

Figura 19 – Rochas da Sequência máfica-ultramáfica deformada na zona de estudo



Legenda: A – Sequência vulcano-sedimentar deformada; B – *Pillow lavas* com metamorfismo xisto-verde; C – Microfotografia dos xistos-verdes da Sequência Vulcano-Sedimentar, nicóis paralelos a esquerda e cruzados a direita.

Fonte: O autor, 2017.

3.4 Geologia Estrutural

A área da pesquisa apresenta uma grande complexidade estrutural. No trabalho de campo foi possível identificar estruturas de deformação dúctil até rúptil. A tendência geral é norte-sul. As principais estruturas na área são as falhas Sabanalarga, Cauca-Oeste, San Jerónimo e Espiritu Santo (Figura 4).

Os estilos estruturais achados no campo permitem caracterizar diferentes deformações ao longo do tempo geológico para a região. A primeira é uma

deformação dúctil que tem lugar nos basaltos da Formação Barroso e gera milonitos e é anterior à intrusão do Batólito de Santa Fé.

A segunda deformação também é dúctil e afeta os basaltos da Formação Barroso e o Batólito de Santa Fe gerando ultra milonitos.

O terceiro estágio deformacional achado na nossa pesquisa está relacionado com a deformação da Sequência Vulcano-Sedimentar, esta deformação está presente nessa unidade em escala microscópica (Figura 19C) e em escala macroscópica (Figura 19A). Os eixos das dobras observadas em campo são em direção norte-sul, evidenciando uma forte compressão em direção Leste-Oeste

Considerando que a crosta oceânica deformada é a continuação ao norte do Terreno Quebradagrande, a Falha de Sabanalarga (Figura 20A) não é mais do que duas falhas paralelas que são a continuação ao norte da Falha de San Jerónimo a leste e da Falha Cauca-Almaguer a oeste.

A continuação ao norte do Terreno Quebradagrande abre a possibilidade da continuação do Terreno Arquía, mas isso é material de pesquisas futuras.

As rochas desta nova área reconhecida do Terreno Quebradagrande, estão intrudidas por diques porfírico sem deformação (Figura 20B). A datação desses diques possivelmente indicará uma boa aproximação da idade de colisão do Terreno Caribe. Neste projeto foram coletadas duas amostras destes diques, mas, lamentavelmente, não foram achados zircões nestas amostras.

Figura 20 – Geomorfologia da cidade de Sabanalarga e dique cortando a Sequência Vulcano-Sedimentar



Legenda: A – Cidade de Sabanalarga e a geomorfologia da tectônica da região; B – Rochas da Sequência Vulcano-Sedimentar cortadas por um dique porfírico.

Fonte: O autor, 2017.