

**ITINERARIO GEOLÓGICO DE LA FRANJA COSTERA ENTRE EL  
AEROPUERTO INTERNACIONAL SIMÓN BOLÍVAR Y LA BAHÍA DE  
TAGANGA, PROVINCIA GEOTECTÓNICA DE SANTA MARTA.**

**JULIE ANDREA SÁENZ REYES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICOQUÍMICA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2011**

**ITINERARIO GEOLÓGICO DE LA FRANJA COSTERA ENTRE EL  
AEROPUERTO INTERNACIONAL SIMÓN BOLÍVAR Y LA BAHÍA DE  
TAGANGA, PROVINCIA GEOTECTÓNICA DE SANTA MARTA.**

**JULIE ANDREA SÁENZ REYES**

**Trabajo de Grado como requisito parcial para optar al título de Geólogo**

**Director**  
**PhD Carlos Alberto Ríos Reyes**  
**Geólogo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE FISCOQUÍMICA**  
**ESCUELA DE GEOLOGÍA**  
**BUCARAMANGA**  
**2011**

*A Mi Nonito*

*A Mi Nonita*

## AGRADECIMIENTOS

La realización de esta Tesis de Pregrado es una gran satisfacción no solo académica-profesional sino también personal, que marca un nuevo comienzo en mi vida; este trabajo es el fruto de mucho esfuerzo y dedicación, con el apoyo de muchas personas a quienes estimo en gran manera y quisiera agradecer el haber llegado hasta aquí.

Empezare por agradecer a Dios por haberme dado a mis NONITOS Luis Francisco Reyes y María Alba de Reyes, quienes lucharon ante todo por educarme y hacer de mi lo que hoy soy, a ellos dedico esta Tesis, a mi Padre Pedro, a mi Madre Abigaíl.

Pero de una manera muy especial por su apoyo incondicional a mi Novio Sebastián, quien llego a mi vida para convertirse en parte de mi familia, para servir de soporte cuando sentí que todo estaba perdido, gracias.

A todos ellos debo mis más sinceros agradecimientos, por su apoyo a lo largo de esta larga lucha, por haberme aconsejado y animado en los momentos más difíciles, por haberme dado tranquilidad y seguridad en la toma de decisiones cuando lo necesite. A ellos agradezco su cariño, confianza y apoyo económico cuando decidí emprender este viaje hacia el estudio de la Geología, en esta universidad la cual se convirtió en mi segundo hogar.

Agradezco a todos los docentes de la Escuela de Geología de quienes recibí con las mejores intenciones los conocimientos que hoy hacen de mí una profesional y por quienes aprendí a querer inmensamente esta carrera, a los Profesores Colegial, J., Uribe, E., Caballero, V., Clavijo, J., Mantilla, L., García, C., García M.,

Ríos, C., Pinto, J., Kurama, S., Trujillo, Rubiano, Ortiz, A., Mendoza, E. y Solarte A.

Presento además mis Agradecimientos a los estudiantes de Geología de la Universidad Industrial de Santander que participaron en las diferentes jornadas del curso de Campo II realizadas en la franja costera comprendida entre el Aeropuerto Internacional "Simón Bolívar" y la Bahía de Taganga, y quienes aportaron importante material fotográfico.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	25
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	27
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
1.2. JUSTIFICACIÓN	28
1.3. OBJETIVOS	29
1.3.1. Objetivo General	29
1.3.2. Objetivos Específicos	30
1.4. METODOLOGÍA	31
1.4.1. Fase de revisión y análisis de información	32
1.4.2. Fase de campo	33
1.4.3. Fase de preparación de materiales geológicos	34
1.4.4. Fase de Análisis Macroscópico y Petrografía Microscópica de Muestras	34
1.4.5. Fase de Identificación, Valoración y Jerarquización de LIGs	34
1.4.6. Fase de análisis e integración de la información	38
1.4.7. Fase de elaboración del informe final	39
2. PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD	40
3. GEOLOGÍA	45
3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	45
3.2 GEOLOGÍA DEL ITINERARIO GEOLOGICO	49
3.2.1 Rasgos Litoestratigráficos	50
3.2.1.1. Rocas Metamórficas.	52
3.2.1.2. Rocas Ígneas.	65

3.2.1.3. Rocas Sedimentarias.	69
3.2.2. Rasgos Estructurales	70
3.2.2.1. Fallas	72
3.2.2.2. Pliegues.	76
3.2.2.3. Foliación.	77
3.2.2.4. Diaclasamiento.	77
3.2.3 Rasgos Geomorfológicos	79
3.2.3.1. Geoformas costeras asociadas a depositación	81
3.2.3.2. Geoformas costeras asociadas a erosión	89
3.2.3.3. Geoformas costeras asociadas a fallamiento	95
4. IDENTIFICACIÓN, VALORACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LUGARES DE INTERES GEOLÓGICO (LIG)	98
5. ITINERARIO GEOLÓGICO DE LA FRANJA COSTERA ENTRE EL AEROPUERTO INTERNACIONAL SIMÓN BOLÍVAR Y LA BAHÍA DE TAGANGA, PROVINCIA DE SANTA MARTA	103
6. CONCLUSIONES	151
7. RECOMENDACIONES	154
BIBLIOGRAFIA	155
ANEXOS	165

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Metodología empleada para la selección final de los LIG, que se incluirán en el itinerario geológico. ....	32
Figura 2. Localización geográfica de la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y sus provincias: 1. Provincia Sierra Nevada, 2. Provincia de Sevilla, 3. Provincia de Santa Marta. (Tomado de Tschanz et al., 1969).....	45
Figura 3. Mapa geológico del área de estudio, localizado sobre el mapa de provincias sugerido por Tschanz et al. (1969) .....	50
Figura 4. Columna Litoestratigráfica Generalizada. ....	51
Figura 5. Afloramientos ubicados dentro del corregimiento del Rodadero, A, B y C. Al sur de las playas del Rodadero donde se observa la zona de contacto entre el intrusivo y la unidad A esquistos bimicáceos con granate, presentando al menos cuatro eventos claros, inicialmente el cuerpo metamórfico en su proceso final de metamorfismo, luego un evento intrusivo félsico que generó un cuerpo granítico, posteriormente casi en superficie los dos tanto el cuerpo metamórfico como el intrusivo fueron afectado por un fluido el cual genero un dique de composición intermedia, estos dos cuerpos el intrusivo y la roca filoniana, presentan metamorfismo incipiente, finalmente un fluido silíceo afecta las rocas formando venas en ocasiones de cuarzo lechoso y en otras de cuarzo ahumado. C. Sobre la carrera 4 con calle 10 dentro del casco urbano del Rodadero al margen derecho del restaurante Pez Caribe, se identifica de nuevo la zona de contacto entre el intrusivo y la unidad A, mide aproximadamente 140 m de ancho y 6 de alto, se observa el trazo de una microfalla, desplazando un xenolito compuesto por la formación A el cual se generó a partir del desgarre hecho por el intrusivo cuando emplazo. ....	54

Figura 6. A. Sector Barrio Nacho Vives, Santa Marta, en el norte de la unidad se aprecia un afloramiento de esquistos grafitosos, cloríticos y talcosos plegados formando un antiformal, ubicado hacia la parte norte del área de estudio. B. Vena de esquistos talcosos presentando replegamiento evidenciando la posible entrada del fluido que causó el proceso que generó, que el material anteriormente conformado por anfíbol tremolita como ya se ha observado anteriormente sufriera metamorfismo generando el talco que hoy se aprecia en el lugar. C. Esquistos grafitosos con numerosas venas boudinadas de cuarzo y además se distingue una bolsa de cuarzo ahumado de 7cm a lo largo y 5cm a lo ancho, siguiendo la foliación, al entrar el fluido silicatado, una gran parte se desplazó por los planos de debilidad de las rocas, mientras que otros debido al ángulo y quizá al gran contenido de volátiles no lograron llevar este recorrido por lo que terminaron generando dichas bolsas de cuarzo ahumado, debido a la contaminación. ....58

Figura 7. A. Esquistos clorítico-actinolítico, ubicado en el área de Punta Betín. B. Esquistos de anfíboles posiblemente actinolítico-tremolítico, ubicado sobre el Cerro Ziruma, donde se observan venas de cuarzo siguiendo el patrón de diaclasamiento de la roca el cual va en dirección perpendicular a la foliación, y hacia la izquierda una vena plegada de casi 10cm de espesor. ....60

Figura 8. Afloramiento de esquistos actinolíticos con epidota, en el área del Rodadero, A. Vena de cuarzo de geometría lenticular paralela a la foliación metamórfica. B. Venas de cuarzo paralelas a la foliación y una vena de cuarzo de mayor espesor cortando a bajo ángulo la foliación. ....60

Figura 9. Afloramiento ubicado sobre la vía que de Santa Marta conduce a Taganga, donde se observa roca metamórfica de tipo Anfíbolita medio a grueso granular, se observa muy diaclasada debido a su reología. ....61

Figura 10. Afloramiento ubicado en los acantilados al costado derecho de Taganga en dirección a Playa Grande, se delimita con rojo el contacto entre anfíbolita muy diaclasada y filita calcárea, siendo las rocas predominantes en el área. ....63

Figura 11. Afloramiento de filita calcárea con abundantes cristales de pirita de gran tamaño y venas boudinadas de cuarzo que alcanzan los 5 cm de diámetro,

siguiendo la dirección de la foliación, las cuales sugieren se emplazaron en la roca cuando ésta estaba cerca a la superficie.....63

Figura 12. Roca de tipo Anfibolita, encontrada en los acantilados al costado derecho del corregimiento de Taganga en dirección a playa blanca, A. Anfibolita con venas de cuarzo lechoso y ahumado de hasta 5 cm de espesor; B. Anfibolita con venillas de carbonato anostomosadas, y a manera de rejillas o stockworks. .64

Figura 13. A. Enclave máfico granodiorítico, en roca félsica-granitoide rico en cuarzo, B. Vena de textura pegmatítica, rellenando una diaclasa del granitoide C. Roca encajante, esquisto anfibólico, mostrando plegamiento y fractura. D. Dique cuarzo-feldespático, oblicuo a la foliación del esquisto anfibólico.....68

Figura 14 A. Cambios de textura y composición en forma de venilla plegada conformada en su mayoría por anfíboles. B. Cristales grandes de anfíbol hornblenda. C. Epidota en venilla como alteración de los anfíboles. D. Venas de cuarzo de 4 cm cortando el cuerpo ígneo de composición tonalita.....69

Figura 15. A y B. Corregimiento de Taganga Primer evento D1, venas concordantes con la foliación. C y D. Corregimiento de Taganga Segundo evento D2, formación de esquistosidad. E y F. Corregimiento de Taganga Tercer evento D3, desarrollo de crenulaciones. G. Cerro Ziruma y H. El Rodadero, en los dos casos el cuarto evento D4, diaclasamiento y plegamiento según la reología de las rocas, en algunos casos relleno de las estructuras. ....71

Figura 16. Relieve mostrando facetas triangulares generadas por la falla de Taganga afectando la formación C, a la izquierda también se observa una cárcava al parecer generada por el mismo fenómeno. ....73

Figura 17. A y B. Mirador de Taganga las rocas evidencian con replegamiento formando estructuras miloníticas los esfuerzos compresivos que a su vez dieron paso a la falla de Punta Betín la cual atraviesa esta zona con dirección casi EW, C. Barrio Pescadito, sobre la vía alterna del ferrocarril, se observa un antiforme tumbado, deformación dúctil y frágil generando diaclasamiento de las rocas y en la mayoría de los casos plegamiento, debido a los mismos esfuerzos compresivos,

en el recuadro se muestra una vena talcosa al parecer generada por el metamorfismo de los anfíboles presentes en la misma. ....	74
Figura 18. Ciudad de Santa Marta, geformas de origen tectónico como facetas triangulares y lomos de obturación que evidencian la Falla Rodadero. ....	75
Figura 19. Falla inferida geomorfológicamente en el Cerro La Gloria. ....	76
Figura 20. A. Antiforme tumbado ubicado en cercanías a la falla de Punta Betín, dos estructuras posiblemente contemporáneas generadas durante un mismo evento compresivo. B. Plegamiento generado por esfuerzos compresivos posiblemente los mismos que generaron la falla del Cerro La Gloria. ....	77
Figura 21. A. Diaclasamiento en las filitas calcáreas del área de Taganga, B. Diaclasamiento y foliación en cuarcitas y esquistos de anfíbol encontrado sobre el Cerro Ziruma, C. Diaclasamiento y foliación en esquistos de anfíbol posiblemente actinolíticos-tremolíticos sobre el Cerro Ziruma, D. Diaclasamiento y erosión bolar en granodiorita ubicada al sur del área de interés ....	78
Figura 22. Elementos constituyentes del Sistema morfo-dinámico costero (Tomado de Wright, 1995). ....	80
Figura 23. A) Playa de la Bahía de Taganga que se caracteriza por ser angosta. B) Playa rocosa de bolsillo, ubicada en Punta Betín. C) Playa de la Bahía de Santa Marta. D) Playa ubicada en la Bahía de Gaira. E) Playa rocosa de bolsillo, ubicada en un costado del Cerro La Gloria. F) Playas del Aeropuerto caracterizadas por ser amplias. ....	83
Figura 24. A). Ubicados en las playas de Partes de una playa que en este caso se caracteriza por ser amplia. B). Dibujo descriptivo de la foto, modificado de Marcos et al. (2009). ....	84
Figura 25. Ubicados sobre el puente del Rio Gaira, pasando las instalaciones de ECOPETROL, en dirección al Rodadero, A) Lagunas intermitentes de poca profundidad, que dependiendo la temporada ocurren cubiertas por agua o por el contrario B). Agrietadas por desecación. ....	85
Figura 26. Sector Pozos Colorados. Llanura costera cercana a la línea de costa (100 m), con desarrollo de suelos arenosos color amarillo claro. ....	86

Figura 27. A y B) Manglares, se evidencia intervención de la mano del hombre, para efectos de control de la erosión y cuidado de las aguas subterráneas. Sector Lagos del Dulcino y Condominio Sierra Laguna. ....	87
Figura 28. A) En las playas de la Bahía de Santa Marta, cordones de dunas, B) En las playas del Aeropuerto, dunas cubiertas por vegetación.....	88
Figura 29. A y B) Panorámicas del Cerro La Gloria. ....	89
Figura 30 A y B) Acantilados formados por roca ígnea en límites con el Cerro La Gloria, cuerpos rocosos que evidencian la acción fuerte del oleaje, proporcionando un acantilado vertical de poca altura. C) Acantilado al margen izquierdo de las playas del Rodadero, no homogéneo con baja pendiente compuesto por esquisto anfibólico. D) Acantilado vertical ubicado al lado del C, pero presentando una mayor altura y resistencia al oleaje. E) Acantilado vertical ubicado en el sector de punta Betín. F) Acantilado de baja altura, ubicado en el sector de Taganga en dirección a Playa Grande.....	91
Figura 31. A) Ubicados en Punta Betín, se aprecian dos geoformas una plataforma de abrasión y una caverna pequeña. B). Detalle de la cueva proceso inicia para la posterior formación de un pilar. C) Detalle de la Plataforma. D) Pilar de Santa Marta. E) Promontorio ubicado al costado izquierdo de las playas del Rodadero el cual muestra el proceso erosivo que imprime el oleaje sobre las rocas que este caso se van desgastando por sus lugares de debilidad principalmente por su foliación como se observa allí aún queda marcada a manera de fisuras la dirección de foliación. F) Pilar de Gaira, al parecer es un bloque grande desprendido de Punta de Gaira debido a que el oleaje actuó sobre sus a sus planos de debilidad inicialmente haciendo una cueva de lado a lado de la saliente hasta que finalmente ocurre derrumbe del techo y se separa para formar el pilar. ....	93
Figura 32. Las facetas triangulares se muestran como triángulos rayados, el inicio de los abanicos aluviales en amarillo y las fallas en rojo. A) En el sector de Taganga se observan facetas triangulares, abanicos aluviales, la Falla de Taganga y una cárcava disectando una faceta triangular. B) En el área de Santa Marta se observan facetas triangulare, abanicos aluviales, lomos de obturación y un valle	

lineal como resultado de la falla de Rodadero. C) En el área de El Rodadero se observan facetas triangulares, abanicos aluviales y un lago de falla como resultado de la Falla El Rodadero. ....	97
Figura 33. Mapa de localización del itinerario geológico de la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la bahía de Taganga, Provincia de Santa Marta. (Anexo 3).....	105
Figura 34. A. Plataforma de abrasión de aprox. 250 m sobre las playas del aeropuerto internacional Simón Bolívar. La litología corresponde al denominado en este trabajo como Intrusivo correlacionado con el Batolito de Santa Marta (cuerpo ígneo intrusivo félsico, Granodiorita), presenta enclaves máficos. B. Roca ígnea granodiorítica con diques pegmatíticos, secuencia afectada por microfallas normales de poco desplazamiento C. Enclave máfico de forma subredondeada de unos 25 cm, generado por segregación de los minerales máficos D. Playa amplia caracterizada por tener una pendiente baja de 3 a 5° de inclinación, al margen derecho se observa una llanura de playa mostrando antiguos cordones de dunas que posteriormente fueron cubiertos por vegetación. ....	109
Figura 35. A. Saliente Punta Micos, conformada por carbonato calcico. (plataforma de abrasión coralina) B. Coral pétreo orden Scleractinia tipo: Colpophyllia natans C. Coral pétreo tipo cerebro: colpophyllia natans. D. Playa angosta cuyo desarrollo está siendo afectado por factores antrópicos, aumento del oleaje que como se observa está generando erosión.....	112
Figura 36. A. Afloramiento ubicado dentro del restaurante Puerto Esperanza, al margen derecho de la vía Ciénaga-Santa Marta, en dirección Norte. B. Afloramiento, de roca ígnea intrusivo félsico de tipo granodiorita afectado por erosión esferoidal o bolar. C. Enclave máfico de 12 cm. característico de este intrusivo. D. Llanura costera de inundación, con abundante vegetación. Ubicada al margen contrario de la vía. ....	115
Figura 37. A. Sobre el Cerro la Gloria, acantilado de roca ígnea intrusiva félsica de tipo Tonalita. B. Abundante diaclasamiento por la reología de la roca, erosión bolar por el golpe de las olas y erosión eólica, C. Vena pegmatítica de 10 cm de	

espesor. D. Falla Cerro La Gloria, inferida por el rompimiento de la roca ígnea en esa dirección además de la geomorfología que indica una silla de falla.....	117
Figura 38. Afloramiento de esquistos bimicáceos con granate perteneciente a la unidad A en contacto con intrusivo con granodiorita, ubicado sobre la Bahía de Gaira, al sureste de las playas del Rodadero, donde se observan diques de pegmatita y de composición intermedia, cuerpos lenticulares de granodiorita, paralelos y cortando la foliación con ángulos bajos de hasta 35°. Detalle del dique de composición intermedia que corta a bajo ángulo la foliación de la roca. Detalle de la intercalación de colores en la roca debido al contenido mineralógico y a su reacción ante la meteorización todo, de modo que las partes más rojizas o pardas tendrán contenidos más altos de minerales oxidados. Se pueden inferir cuatro procesos a) Evento metamórfico en curso, b) Evento intrusivo de un magma ácido (batolito), el cual predomina en el área c) Evento hidrotermal que dio paso a la formación de rocas filonianas (Diques y venas con orientación). d) evento hidrotermal el cual deja venas y diques de cuarzo lechoso o ahumado sin orientación. No se pueden descartar varios pulsos magmáticos o bien mezcla de magmas, unidades que aparecen hoy formando el Batolito como una sola entidad (Herrera et al. 2008).....	119
Figura 39. Ubicados al lado opuesto del derrumbe en dirección al casco urbano del Rodadero, en el área se observan venas y lentes de pegmatita, mostrando la manera y ruta que siguió el intrusivo prefiriendo los planos de foliación de la roca.....	120
Figura 40. Muestra PSM 152, Esquisto bimicáceo con granate, presenta textura lepidogranoblástica principalmente, mirmequitica, con una foliación un poco definida por las micas, mostrando una leve orientación de los cristales de mica preferencialmente, con el tamaño de los cristales de medio a grueso, dispuestos desordenadamente por la muestra (Anexo 2).....	120
Figura 41. A. Panorámica tomada desde el afloramiento donde se observa la siguiente unidad metamórfica B, que se encuentra hacia el noroeste de la unidad A donde se sitúa este LIG.B. Dibujo descriptivo. ....	121

Figura 42. Afloramiento ubicado al margen derecho del restaurante Pez Caribe, en el corregimiento del Rodadero, dividido en segmentos (S) se identifica una zona de contacto entre el intrusivo y la unidad A, que en este lugar está conformada por esquistos anfibólicos, A. 60 metros donde predomina el intrusivo con algunos xenolitos de la unidad A, B. Vena de pegmatita, desplazada 40 cm evidenciando una microfalla con orientación 220/11. C. Abarca 40 m con foliación de N70E/85SE, presenta venas de 3 cm de espesor compuestas por cuarzo, distribuidas paralelamente a la foliación. D. 60 m en los que inicia de nuevo el predominio del intrusivo, muestra lentes de cuarzo de 1 a 3 cm de espesor..... 123

Figura 43. Costado lateral del acantilado que limita la primera playa de bolsillo al norte de la Bahía de Gaira en dirección a Playa Blanca, diaclasamiento perpendicular a la foliación de la roca..... 125

Figura. 44. Detalles del afloramiento, se resalta una gigantesca vena de cuarzo, venas y lentes de cuarzo paralelas a la foliación y un dique de gran tamaño cortando la foliación a bajo ángulo, en la parte inferior y al costado derecho se observan venas y diques de cuarzo, en la Figura 45 se detallará mejor el costado derecho..... 126

Figura. 45. Detalle del costado derecho del afloramiento, a la izquierda un recuadro azul mostrando un lente de cuarzo, y al costado derecho un recuadro mostrando una vena cortando la foliación y un dique de cuarzo. .... 127

Figura 46. A. Stump situado en la base de la saliente, formado por erosión diferencial provocada por el golpe directo de las olas sobre el acantilado B. playa de bolsillo rocosa, la cual es alimentada por los fragmentos grandes de roca que son arrancados por erosión de los acantilados que la limitan..... 127

Figura 47. A. Playa de bolsillo, caracterizada por ser de poca longitud y estar limitada por dos acantilados, B. Actividad pesquera que se realiza en toda el área..... 128

Figura 48. A. Panorámica donde se observan las dos unidades metamórficas A y B más cercanas al batolito de Santa Marta (Tschanz et al., 1969). B. Dibujo descriptivo, detallando las colinas aserradas con pendientes abruptas

compuestas por rocas metamórficas contrastando con los domos que forman el Cerro La Gloria de pendientes bajas a moderadas compuestas por rocas ígneas. ....	129
Figura 49. Ubicados al otro lado de la playa de bolsillo se observa un acantilado de aproximadamente 2 m de alto conformado por roca metamórfica Esquisto actinolítico con epidota, muestra venas de cuarzo paralelas a la foliación y venillas cortándola a bajo ángulo.....	130
Figura 50. Muestra PSMJ 131. Esquisto Actinolítico con Epidota, presenta textura nematoblástica, mirmequitica, estructura masiva, con una foliación bien establecida, se observan venas de cuarzo con carbonato paralelas a la foliación de tamaño más grande que las que van cortando dicha foliación. La roca muestra deformación en forma de “s” por esfuerzos al parecer compresivos (Anexo 2)...	130
Figura 51. A. Panorámica del afloramiento, B. Dibujo esquemático a. vena de cuarzo plegada en forma de sinclinal, cuyo flanco izquierdo está cortando la roca a 90°, y derecho va conforme a la mima. b. venas perpendiculares a la foliación. .	132
Figura 52. A. Afloramiento Esquisto de anfíboles posiblemente Actinolítico-Tremolítico, perteneciente a la unidad B, ubicado sobre el Cerro Ziruma, donde se observan venas de cuarzo siguiendo el patron de diaclasamiento de la roca el cual va en dirección perpendicular a la foliación, vena plegada de casi 10cm de espesor donde se detalla un sinclinal B. Diaclasamiento cortando el plano de foliación.....	133
Figura 53. A. Panorámica donde se observa el mar Caribe, la saliente de Punta Betín, el stack o pilar de Santa Marta y en general la ciudad, sentada sobre las faldas de colinas aserradas conformadas por rocas metamórficas de la Unidad B, la cual está afectada por las fallas de Punta Betín y Rodadero. Al fondo se observa la Unidad C también mostrando las colinas típicas de rocas metamórficas. B. Dibujo descriptivo. ....	134
Figura 54 Ubicados en La Saliente de Punta Betín la cual limita una playa de poca longitud o de bolsillo A. Al margen izquierdo de frente al mar en dirección Este, un afloramiento de roca metamórfica Esquisto clorítico-actinolítico de la unidad B.	

donde se alcanzan a detallar geformas erosivas ocasionadas por la acción del directo e incesante golpe de las olas: una plataforma de abrasión, una caverna, y un stump. B. Dibujo descriptivo del afloramiento. .... 136

Figura 55. Detalles del afloramiento A. plataforma de abrasión B. Inicio de formación de una caverna por procesos erosivos como resultado de la acción de las olas que socaban la base del acantilado y finalmente podrían terminar separando un fragmento del afloramiento para formar un stack o pilar como los de Santa Marta y Gaira. .... 137

Figura 56 A. Panorámica de acantilados afectados por la erosión de las olas moldeando geformas como stump, al margen derecho a lo lejos parte de la bahía de Taganga y se hace la diferenciación de las dos Unidades B y C. Se presenta contaminación por aguas negras y desechos orgánicos en este LIG, por lo que se recomienda recuperarlo. B. Dibujo descriptivo..... 138

Figura 57. A. Afloramiento de Esquisto grafitoso principalmente concentrado hacia la franja central del antiforme tumbado y niveles de Esquisto Talcoso. B. Dibujo esquemático donde se especifica el protolito volcano-sedimentario que tienen las rocas (Bustamante et al 2009; Cardona et al 2010), además de las estructuras que muestra, como rocas filonianas (venas y diques de cuarzo), formadas por fluidos secundarios que posiblemente ascendieron por las zonas de debilidad de la roca, que posteriormente fueron deformadas hasta tomar la apariencia diaclasada y plegada que hoy tienen..... 140

Figura 58. A. Se distinguen una serie de estructuras boudinadas compuestas por cuarzo lechoso y ahumado generadas por el efecto de fluidos posiblemente a raíz de un proceso de metamorfismo, en el caso del esquisto ahumado se atribuye su color a la contaminación con grafito, sumado a los esfuerzos compresivos que han sufrido durante su formación B. Niveles de esquisto talcoso, producidos al parecer por alteración de la tremolita después de ser expuesta a otras temperaturas que por su forma debieron ser generadas por un fluido que circulo dando la apariencia de vena. .... 141

Figura 59. Panorámica de Taganga, desde donde se pueden identificar los distintos aspectos geomorfológicos como colinas aserradas típicas de las rocas metamórficas, acantilados, playas de bolsillo, stumps, geoformas de falla como facetas triangulares y una cárcava disectando una de ellas ya estabilizada, todas sobre la unidad C, además se aprecia la actividad turística en torno a ello.....	143
Figura 60. Relieve mostrando facetas triangulares generadas por la Falla de Taganga, a la izquierda también se observa una cárcava erosionando una faceta triangular estabilizada por vegetación, además de otras geoformas asociadas a erosión como acantilados y a depositación como la misma la playa de la Bahía de Taganga y otras de menor tamaño que se alcanzan a divisar como entrantes en la geografía del lugar. ....	144
Figura 61. Afloramiento de esquisto con grafito, y con niveles carbonosos a manera de costras, presenta fuerte replegamiento, estructura milonítica, lo que sugiere el trazo de una falla, también muestra venas de cuarzo y en especial algunas que siguen fracturas las cuales están rellenas también por carbonatos.	145
Figura 62. A. Panorámica donde se observa el Mirador de Taganga el cual está localizado sobre esquistos grafitosos de la unidad B, y al fondo a la derecha el Stack de Santa Marta de la misma unidad, también se pueden apreciar acantilados limitando playas de bolsillo y una plataforma de abrasión sumergida, todas ellas geoformas modeladas por la acción erosiva de las olas. B. Dibujo explicativo donde se aprecia el contacto entre las dos unidades B y C.....	148
Figura 63. Secuencia de filitas pertenecientes a las unidad C, en contacto con anfibolita, los dos tipos de roca se encuentran cortados por venas de carbonato, las cuales van con la dirección de la foliación de las filitas o cortándola con ángulos de 35° .....	148
Figura 64. Niveles de anfibolita grueso granular, afectados por un dique de composición intermedia el cual presenta una leve orientación por lo que se considera su formación ocurrió en la etapa final del metamorfismo que dio paso a la anfibolita.....	149

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Lista de los 10 indicadores de evaluación considerados.	37
Tabla 2. Porcentaje escogidos para cada indicador.	38
Tabla 3. Recopilación de algunos trabajos realizados anteriormente relacionados con la geología del área de interés en este trabajo, a través de los años.	de 47
Tabla 4. Comparación entre las unidades sugeridas por Tschanz et al. (1969) y Doolan (1970) (Tomado de Doolan, 1970).	48
Tabla 5. Fases de deformación. (Figura 15)	70
Tabla 6. Suma total para cada parámetro en cada LIG encuestado.	98
Tabla 7. Representa el procesamiento de datos para la jerarquización de los LIG.	99

## ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE MUESTRAS DE MANO	166
ANEXO 2 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE SECCIONES DELGADAS	205
ANEXO 3 MAPA GEOLÓGICO RUTA DEL ITINERARIO	267
ANEXO 4. COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA	268
ANEXO 5. MAPA GEOLÓGICO DE MUESTRAS	269
ANEXO 6. FORMATO DE ENCUESTA	270

## RESUMEN

**TÍTULO:** ITINERARIO GEOLÓGICO DE LA FRANJA COSTERA ENTRE EL AEROPUERTO INTERNACIONAL SIMÓN BOLÍVAR Y LA BAHÍA DE TAGANGA, PROVINCIA GEOTECTÓNICA DE SANTA MARTA.

**AUTOR:** JULIE ANDREA SAENZ REYES\*\*

**PALABRAS CLAVES:** PATRIMONIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGIA, ITINERARIO GEOLOGICO

### **CONTENIDO:**

Con el fin de generar un Itinerario geológico dentro de la Franja costera entre El Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga, se ha hecho el estudio geológico de las formaciones que allí afloran. Se identificaron 3 unidades metamórficas denominadas A, B y C correlacionadas con las Formaciones Rodadero y Cinto para la primera, Punta Betín para la segunda y Concha para la tercera según (Doolan, 1970), equivalentes a los Esquistos de Gaira y Filitas de Taganga de (Tschanz et al. 1969), además de un Intrusivo félsico que en el área de interés presenta composición predominantemente granodiorítica, con variación en la textura, contenido de minerales máficos y segregaciones magmáticas en dirección NW-SE, correlacionable con el Batolito de Santa Marta. Se identificaron las Falla Taganga, Punta Betín, Rodadero y Cerro La Gloria, mediante rasgos geomorfológicos y estructuras metamórficas; en general las formaciones presentan gran cantidad de micropliegues, microfallas, venas, diques y estructuras boudinadas, como resultado de la compleja y dinámica evolución tectonoestratigráfica de la zona, ya que ésta hace parte de las importantes huellas evolutivas e interacción entre la placa Caribe de afinidad oceánica y la esquina noroccidental de la placa Suramérica de afinidad continental. Para conformar el itinerario se escogieron 12 Lugares de Interés Geológico o LIG a criterio del autor que luego fueron consultados mediante el procesamiento estadístico de encuestas hechas a estudiantes de geología de la Universidad Industrial de Santander que han investigado la zona durante su curso de Campo II y algunos profesionales en geología conocedores del área; de esta manera se logró realizar una valoración, evaluación, catalogación y jerarquización de dichos LIG donde se confirmó su importancia geológica dentro del área, siendo representativos de los procesos geológicos que ha sufrido la zona durante su evolución y por lo tanto, constituyentes del itinerario geológico.

---

\* Tesis de grado. Modalidad Investigación.

\*\* Facultad de Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Carlos Alberto Ríos Reyes.

## ABSTRACT

**TITLE: GEOLOGICAL ITINERARY OF THE COASTAL STRIP BETWEEN THE SIMON BOLIVAR INTERNATIONAL AIRPORT AND TAGANGA BAY, SANTA MARTA GEOTECTONIC PROVINCE.**

**AUTHOR: JULIE ANDREA SAENZ REYES\*\***

**KEYWORDS: GEOLOGICAL PATRIMONY, GEOMORPHOLOGY, GEOLOGICAL ITINERARY**

### **CONTENT:**

In order to generate a geological itinerary within the coastal strip between Simon Bolivar International Airport and the Taganga Bay, the geological formations have been studied there. We identified three metamorphic units called A, B and C correlated with Rodadero and Cinto Formations to the first, Punta Betín Formation for the second and Concha Formation for the third according to Doolan (1970), equivalent to Gaira Schists and Taganga Phyllite (Tschanz et al. 1969), in addition the presence in the area of a felsic intrusive that present mainly granodioritic composition, with variation in texture, mafic mineral contents and magmatic segregations in NW-SE direction, correlated with the Santa Marta Batholith.

Taganga, Punta Betín, Rodadero and Cerro La Gloria faults were identified using geomorphological features and metamorphic structures, in general the formations presents many kinds of micro-folds, micro-faults, veins, dykes and Boudinages structures, as a result of the complex and dynamic tectonostratigraphic evolution of the area, because of this is part of the important evolutionary tracks and the interplay between the Caribbean plate of oceanic affinity and the Northwestern margin of the South American plate of continental affinity.

To make up the itinerary were selected 12 sites of geological interest or SGI according to the author, and then were asked by statistical processing of polls made to geology students of the Industrial University of Santander that have investigated the area during their field II course and some professionals who know geology of the area, in this way was achieved to make an assessment, evaluation, cataloging and prioritizing of these SGI, where was confirmed its geological significance in the area, being representative of the geological processes that has suffered the area during its evolution and therefore, being part of the geological itinerary.

---

\* Undergraduate Project. Research Modality.

\*\* Physicochemical Faculty. School of Geology. Director: Carlos Alberto Ríos Reyes.

## INTRODUCCIÓN

La Provincia Geotectónica de Santa Marta es una de las tres provincias que conforman el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, Tschanz et al. (1969), ubicado sobre la placa Caribe la cual domina junto con las placas Nazca y Suramérica el marco tectónico que ocupa la esquina noroccidental de Suramérica, Cediel et al. (2003). Esta provincia se ubica sobre la línea de costa por lo tanto es una de las zonas más dinámicas y vulnerables de la tierra, como consecuencia de la acción continua de procesos erosivos y de sedimentación, limitados por factores tectónicos, climáticos, marinos y antrópicos. Todos estos aspectos la convierten en un área de gran geodiversidad e interés no solo para la comunidad científica sino para la sociedad nacional e internacional y en general a quienes pueda llegar este documento y estén en contacto con el lugar.

Con el fin de dar a conocer parte de la geodiversidad presente en toda el área y proyectar la necesidad de entender y preservar los elementos geológicos que conforman la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga área de estudio, se abordan conceptos como geodiversidad, patrimonio geológico y geoconservación, útiles a la hora de realizar la identificación, catalogación, evaluación, protección y utilización de lugares de interés geológico (LIG) existentes en dicha franja costera, para finalmente realizar el presente trabajo de grado, **“Itinerario geológico de la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la bahía de Taganga, Provincia Geotectónica de Santa Marta”**.

El objetivo general fue elaborar un itinerario geológico de la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga a partir de la definición de sitios de interés geológico que permitan reconocer e interpretar las

características y la evolución de los procesos geológicos que han modelado la Provincia Geotectónica de Santa Marta.

Este trabajo es una contribución al conocimiento geológico de la provincia geológica de Santa Marta, enfocando la investigación hacia el objetivo de solucionar en parte la reciente preocupación relacionada con la necesidad de proteger y gestionar adecuadamente la geodiversidad del planeta, incluyendo instrumentos didácticos que facilitan un mayor entendimiento y sensibilidad a los lectores.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

A través de este proyecto se valoró, evaluó y jerarquizó, mediante el procesamiento estadístico de encuestas que permitieron confirmar la importancia de la geodiversidad presente en 12 lugares de interés geológico (LIG) de la región costera comprendida entre el aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga, los cuales se muestran dentro de un itinerario geológico, siendo este una herramienta de divulgación científica, por medio de la cual se detalla con ilustraciones y esquemas los principales rasgos geológicos que han contribuido al modelado de esta región.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Colombia tiene un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) que comprende más del 10 % de su territorio continental contando con 55 parques naturales nacionales, sin embargo, es un porcentaje muy bajo comparado con la riqueza que tiene el país no solo en cuanto a biodiversidad sino que también a geodiversidad, por ejemplo la provincia geotectónica de Santa Marta es un destino turístico muy apetecido a nivel mundial y sin embargo aún no muestra toda su riqueza, la cual tiene gran aporte científico y cultural. Hasta el momento la comunidad no tiene al alcance un medio que le enseñe el significado del patrimonio geológico que tiene a su alrededor y el papel que este juega tanto en el ámbito educativo como en el desarrollo sostenible de la provincia en general; si la comunidad conoce la geología del lugar donde vive, seguramente va a poder tomar decisiones cuando esta se transforme evitando catástrofes y pérdidas económicas. Es necesario establecer una cultura educativa por la cual el hombre entienda y respete los ambientes costeros debido a que son escenarios sujetos a

constantes procesos de erosión y depositación por lo que se convierten en lugares frágiles es decir fácilmente afectables. La actividad del hombre ha generado importantes cambios en el equilibrio de los ambientes costeros, alteraciones al medio físico y biótico en la mayoría de los casos, por falta de conocimiento e información. Enseñar a la comunidad acerca del patrimonio geológico que tiene en su entorno puede aportar, a la conservación del medio ambiente, a la prevención de desastres y por supuesto contribuir con el desarrollo sostenible, teniendo en cuenta que la geología es un área no muy conocida para mucha gente y que la zona de trabajo es un lugar que constantemente está siendo visitado por turistas de todas partes del mundo quienes podrían estar interesados en adquirir nuevos conocimientos o aportar si es el caso.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La geodiversidad es un informante que permite entender el pasado del planeta, los procesos que ocurren actualmente en él y la evolución que constantemente afecta a los seres que allí viven, es así que la pérdida de los elementos que componen dicha geodiversidad, genera una completa incapacidad ante la toma de decisiones que conlleven a evitar cualquier tipo de daño que esta evolución constante provoque al entorno o a cualquier tipo de avance científico que de allí quiera partir; la geodiversidad es un importante factor educativo, cultural, estético, recreativo, el cual está estrechamente relacionado a todos los factores bióticos que se desarrollan en su entorno, por lo tanto presenta gran importancia para la vida en el planeta.

La provincia geotectónica de Santa Marta, objetivo de estudio de este proyecto, es uno de los lugares más visitados turísticamente en Colombia, cuenta con una amplia geodiversidad, gran riqueza paisajística, geomorfológica y variadas

formaciones geológicas que han ido evolucionando en el transcurso del tiempo geológico, entre otros elementos, todos estos aspectos son de gran interés científico para la humanidad, puesto que tiene gran potencial didáctico, pedagógico, cultural y geoturístico, pudiéndose convertir en un importante factor para el desarrollo sostenible no solo del área de estudio Santa Marta, sino también del país en general; lugares con estas características son aulas naturales al alcance de todo tipo de público. Teniendo en cuenta que en la actualidad el turismo se ha convertido en una de las industrias más grandes a nivel mundial y que su fuente de vida es el patrimonio natural, llevar a cabo este proyecto, el cual pretende reconocer y dar a conocer el valioso patrimonio geológico que forma parte del recurso natural que hoy aún existe en esta provincia, de manera didáctica y pedagógica, utilizando una metodología que permita valorar de manera objetiva y real dichos elementos que este lugar aporta, con el fin de generar geoturismo, ayudar al desarrollo económico del país y hacer un aporte valioso a la geología, es una tarea valiosa para la vida misma. El geoturismo debe asumirse como una rama de la geología aplicada que pueda soportar el crecimiento del ecoturismo y promover la geoconservación del patrimonio geológico de esta región.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Elaborar un itinerario geológico de la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga a partir de la definición de lugares de interés geológico que permitan reconocer e interpretar las características y la evolución de los procesos geológicos que han modelado la Provincia Geotectónica de Santa Marta.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

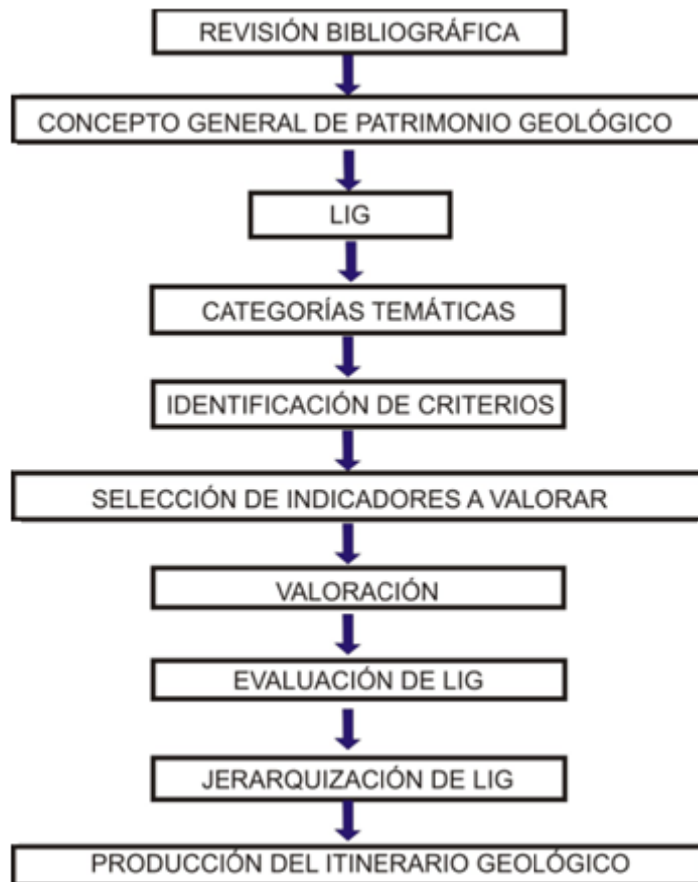
- Valorar, Clasificar y evaluar los lugares de interés geológico, comprendidos en el itinerario de acuerdo a 3 criterios: valor intrínseco, potencial de uso y grado de amenaza, teniendo en cuenta categorías como son litología, geomorfología, estratigrafía, estructural que presenten.
- Destacar la riqueza del medio geológico a partir del diseño de una ruta geológica de fácil acceso desde la carretera principal, acercando al visitante a algunos de los elementos básicos del patrimonio geológico del potencial Geoparque que existe en la Provincia Geotectónica de Santa Marta.
- Describir los puntos de mayor interés geológico a lo largo del itinerario a nivel elemental para quienes están en proceso de aprendizaje de las geociencias, sin dejar a un lado la complejidad que puedan tener la geología del área.
- Realizar el estudio y la observación de los rasgos geológicos más destacados de este paisaje costero, reconociendo las principales formaciones geológicas que afloran en el área de estudio.
- Facilitar a quienes desarrollen el itinerario observar y familiarizarse con fenómenos geológicos estudiados teóricamente en el aula a través de la aplicación práctica de sus conocimientos en el laboratorio natural.
- Crear un instrumento didáctico, dirigido a todos los interesados en las Geociencias, que permita dar a conocer el valioso patrimonio geológico que forma parte del recurso natural de la Provincia Geotectónica de Santa Marta.

- Promover el desarrollo de itinerarios geológicos en otras regiones del país que sirvan no solo para divulgar su geología sino también para incentivar actitudes de conocimiento, respeto y conservación del patrimonio geológico.

#### **1.4. METODOLOGÍA**

El desarrollo del presente proyecto está fundamentado en el cumplimiento de los objetivos propuestos, para lo cual se planteó la ejecución de estudios basados en la aplicación de una metodología orientada, la cual se describe a continuación. Además de las fases en las cuales se llevaron a cabo las investigaciones geológicas correspondientes y la elaboración del debido informe que difundirá el resultado final del proyecto, todo ello en un tiempo estipulado y debidamente organizado cumpliendo a cabalidad con las metas propuestas (Figura 1).

**Figura 1. Metodología empleada para la selección final de los LIG, que se incluirán en el itinerario geológico.**



#### **1.4.1. Fase de revisión y análisis de información**

Consistió en una confrontación de información bibliográfica en documentos del IGAC, INGEOMINAS, INVEMAR y de otras instituciones y publicaciones en general del área de estudio, reportes técnicos, fuentes directas, correlacionando la información y apoyados en la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, se analizó el área de interés que luego fué estudiada en campo. Por otra parte, se consultaron revistas especializadas (Journal of Metamorphic Geology, Journal of Petrology, American Mineralogist Geology, Geomorphology, Journal of Coastal Research, Coastal geology, Proceedings of the Geologists'

Association, Geotourism), bases de datos tales como Science Direct, Science OnLine, Wiley InterScience, como producto de esta fase de revisión se estableció el área sobre la cual se realizó finalmente el itinerario geológico.

#### **1.4.2. Fase de campo**

La fase de campo se desarrolló en compañía del grupo de Campo II del segundo semestre de 2010 dirigido por el profesor C. Ríos, al norte de Colombia en el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la Provincia de Santa Marta, a lo largo de la franja costera comprendida entre el aeropuerto internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga. Inicialmente se realizó una verificación en campo del área de estudio a fin de definir lugares de interés geológico (LIG), así como la ruta geológica a recorrer, la cual incluye en ocasiones caminatas cortas de hasta 15 minutos desde la ruta principal hasta alcanzar un LIG. Posteriormente, se llevó a cabo el levantamiento geológico de la ruta de interés, realizando observaciones de las características geológicas (litológicas, estratigráficas, estructurales, geomorfológicas, etc.), documentando cada lugar por medio de fotografías y esquemas explicativos, que permiten no solo reconocer la geodiversidad e interpretar la evolución de los procesos geológicos que han modelado el lugar sino también, promover el geoturismo como una rama de la geología aplicada, motivando la geoconservación del patrimonio geológico de esta región. La documentación de cada lugar LIG se acompañó de la recolección de materiales geológicos como respaldo de la cartografía generada. Como producto de esta fase de campo se elaboró un mapa geológico preliminar escala 1:25000 de la zona la cual abarca un área de 99 Km<sup>2</sup>, generado a partir del reconocimiento de las formaciones geológicas encontradas en campo.

### **1.4.3. Fase de preparación de materiales geológicos**

Esta fase consistió en la remarcación de materiales geológicos recolectados, para el análisis macroscópico. Posteriormente, se llevó a cabo la selección de muestras representativas y la recolección de secciones delgadas para su posterior análisis petrográfico, elaboradas por el grupo de campo II del segundo semestre de 2010.

### **1.4.4. Fase de Análisis Macroscópico y Petrografía Microscópica de Muestras**

Esta fase contempló inicialmente la caracterización a escala macroscópica de los materiales geológicos recolectados, determinando no solo su carácter estructural y composicional sino también los litotípos aflorantes. Posteriormente, se llevó a cabo la caracterización mineralógica y petrográfica de las rocas que permitió determinar rasgos microestructurales, texturales y composicionales y conocer de manera más detallada la litología de la zona. Se entregó como producto de esta fase a manera de anexo el Catálogo Macroscópico y el Catálogo Microscópico, de las muestras representativas del área de estudio.

### **1.4.5. Fase de Identificación, Valoración y Jerarquización de LIGs**

Esta fase comprendió la identificación, valoración y evaluación de los LIG teniendo en cuenta además categorías como son litología, geomorfología, estratigrafía, estructural y 3 criterios: valor intrínseco, potencial de uso y grado de amenaza, sugeridos por Bruschi (2007), junto a sus respectivos indicadores a valorar, como: rareza, buen ejemplo de proceso geológico, interés científico, variedad de categorías temáticas (litología, geomorfología, estratigrafía, estructural y mineralogía), accesibilidad, fragilidad, seguridad, posibles actividades a realizar (científicas, didácticas, turísticas), calidad ambiental y estado de conservación (Tabla 1), cada uno de ellos expuestos ante estudiante de geología quienes investigaron la zona durante su curso de Campo II y algunos profesionales

versados en el tema, mediante quienes a su juicio calificaron cada LIG, definiendo el grado de importancia de dichos indicadores en diferentes lugares del área de estudio, basados en una escala numérica de -5 a 5, con el fin de calificar también los que influyan negativamente, finalmente se realizó una objetiva y confiable valoración, que permitió evaluar y jerarquizar cada LIG, para la producción del un itinerario geológico,

En la identificación de LIGs, se preparo una lista de potenciales LIGs de la Provincia de Santa Marta, tratando de cubrir en su totalidad las distintas categorías temáticas que se han diferenciado, con base en el trabajo de Bruschi (2007). La lista se elaboró a través de los datos obtenidos por medio de una consulta bibliográfica y de la experiencia directa de un trabajo de campo. La selección tuvo en cuenta principalmente la posibilidad de que el público pudiera satisfacer tanto las necesidades culturales como educativas, y que se cubriera en su totalidad toda la región. Los LIGs seleccionados se clasificaron en tres categorías de acuerdo con su nivel de interés. Dicha valoración se hizo por medio de ordenaciones sucesivas (de mayor a menor interés) realizadas por las personas relacionadas con este trabajo. Se postularon varias ordenaciones hasta lograr un consenso sobre la lista definitiva. En la identificación de LIGs se elaboro una encuesta con los posibles LIGs (Anexo 6), la cual fue valorada y escogida por expertos familiarizados con el área de estudio. El paso siguiente consistió en el establecimiento del procedimiento para evaluar y jerarquizar los LIGs.

En la categorización temática se adopto una división temática acorde con la naturaleza del área de estudio de la región en la que se ha desarrollado el estudio, basada en una serie de grandes categorías relacionadas con las estructuras geológicas, el patrimonio geológico y los rasgos geomorfológicos. Las categorías seleccionadas fueron las siguientes: Litología, Estratigrafía, Estructural, Mineralogía, Geomorfología, Dimensiones y naturaleza física, y Servicios de la geodiversidad, se realizó con base en los registros obtenidos.

En la identificación de los elementos del patrimonio geológico, surge la necesidad de darle un lugar primordial a los intereses de la sociedad, por ende se debe escoger los siguientes criterios pensando en el bienestar de la población directamente relacionada: establecer criterios de desarrollo humano (salud, educación y economía); seleccionar parámetros que permitan cuantificar cada uno de esos criterios; convertir las unidades heterogéneas utilizadas para medir cada uno de los criterios, en unidades homogéneas aplicables a todos ellos, con escalas comunes; establecer un procedimiento de integración, que implica la atribución la importancia relativa para cada uno de los criterios. Se formularán los siguientes criterios acorde a la descripción anterior, además se le dio una gran importancia a las necesidades como patrimonio geológico: valor intrínseco (valor científico), potencial de uso (utilidad social), grado de amenaza (urgencia de actuar). Como se puede ver, dichos criterios tienen en cuenta tanto el valor científico del elemento, como los servicios ambientales que puede proporcionar, y el riesgo de deterioro o destrucción que presenta.

En la selección de indicadores a valorar se tuvo en cuenta las sugerencias hechas por Colegial et al. (2002), sobre la importancia que tiene para cada LIG o Geotopo como lo nombran ellos dentro de su etapa de catalogación, establecer indicadores por categorías asociadas a sus propias características geológicas y a su tipo de interés. Finalmente se definieron los indicadores asociados a los tres criterios establecidos anteriormente y que de manera global muestran la riqueza geológica de cada LIG (Tabla 1).

En la valoración de los indicadores a criterio de expertos, se encontró un problema que es el reflejo de la importancia de la sociedad (público en general, expertos, etc.) que le asigna un valor a dichos elementos. Esto se debe a la naturalidad de dichos elementos ya que son cualitativos y subjetivos. Al igual que la “calidad de un LIG” el desarrollo humano es un valor intangible, difícil de medir y para cuya evaluación pueden utilizarse diferentes criterios. En nuestro caso, se tuvieron en

cuenta tres cualidades o criterios generales de valor de los puntos: valor intrínseco, potencial de uso y grado de amenaza. Para cada uno de ellos se identificaron “indicadores de valor” (Tabla 1). Una vez que se reconocieron los indicadores, se especificaron las características que permiten representarlos y los parámetros cuantitativos (porcentajes) que permiten medirlos (Tabla 2), así como la integración de los mismos.

En la jerarquización de LIGs se tuvo en cuenta tanto el orden que cada autor ha asignado a cada lugar como el número de veces que un determinado punto de interés ha sido citado. Para llegar a unos resultados que claramente tuvieran en cuenta tanto las puntuaciones individuales como el número de citas, se han aplicado diferentes procedimientos, que se presentaron en el punto anterior (evaluación del LIG).

**Tabla 1. Lista de los 10 indicadores de evaluación considerados.**

<b>COD</b>	<b>INDICADOR</b>
Rar	Rareza
BEPG	Buen Ejemplo de Proceso Geológico
IC	Interés Científico
VCT	Variedad de Categorías Temáticas
Acc	Accesibilidad
Fra	Fragilidad
Seg	Seguridad
PAR	Posibles Actividades a Realizar
CA	Calidad Ambiental
EC	Estado de Conservación

**Tabla 2. Porcentaje escogidos para cada indicador.**

<b>COD</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Rar	Rareza	10%
BEPG	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	15%
IC	Interés Científico	15%
VCT	Variedad de Categorías Temáticas	10%
Acc	Accesibilidad	5%
Fra	Fragilidad	5%
Seg	Seguridad	5%
PAR	Posibles Actividades a Realizar	5%
CA	Calidad Ambiental	20%
EC	Estado de Conservación	10%

#### **1.4.6. Fase de análisis e integración de la información**

Esta fase comprendió no solo la integración de la información recolectada a lo largo del desarrollo del proyecto, sino también la interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las fases anteriores. Como resultado de esta fase del proyecto se elaboró un mapa geológico final abarcando un área de 99 km<sup>2</sup>, basado en el estudio petrográfico correspondiente, también se realizó una columna litoestratigráfica generalizada explicando temporalmente la evolución geológica del área de estudio en general. Por último y conociendo la geología de la zona, según los criterios y la valoración de sus respectivos indicadores, procesando los resultados de las encuestas, mediante procesamiento estadístico se confirmó la importancia y riqueza geológica de 12 LIGs que integran la ruta geológica y finalmente se elaboró el **“Itinerario Geológico de la Franja Costera entre el Aeropuerto Internacional, Simón Bolívar y la Bahía de Taganga, Provincia Geotectónica de Santa Marta.”**

#### **1.4.7. Fase de elaboración del informe final**

Durante esta fase se llevó a cabo la preparación del informe final del proyecto desarrollado, el cual presenta los resultados de la investigación y sus respectivos productos como anexos.

## 2. PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD

Según Villalobos (2001), los términos geodiversidad, patrimonio geológico, georecurso o geoconservación, en la actualidad están restringidos a un escaso grupo de geocientíficos que periódicamente alertan sobre la poca importancia que se brinda al patrimonio geológico en las políticas de conservación. El término conservación se asocia de manera directa e inmediata con el de conservación biológica, lo cual es un problema global. A nivel mundial, se pone de manifiesto que el escaso patrimonio geológico legalmente protegido, lo ha sido de manera casual o indirecta entre los valores biológicos, paisajísticos, estéticos o culturales de un determinado espacio natural, declarado protegido en razón de su valor biológico, ecológico o cultural (Villalobos, 2001). La conservación del patrimonio geológico es una preocupación relativamente reciente que surgió estimulada por la tendencia conservacionista iniciada a nivel mundial desde la década de los 90s, la cual ha motivado a diferentes geocientíficos han comenzado a abordar el tema de la conservación de los recursos naturales abióticos. Sin embargo, esto no ocurre en nuestro país, el cual es privilegiado, en cuanto a escenarios geológicos espectaculares en diferentes aspectos. Difícilmente podremos alcanzar a conocer la historia de la vida, nuestra historia, sin conocer la de nuestro planeta. La definición de patrimonio geológico es quizás la más precisa y aceptada: conjunto de elementos geológicos, cuyo valor geológico les hace destacar del entorno circundante por su interés científico, cultural y/o educativo, tales como formaciones y estructuras geológicas, paisajes geomorfológicos, yacimientos paleontológicos y mineralógicos, suelos, y otras manifestaciones geológicas de significativo valor para reconocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente, y el origen y evolución de la vida (Carcavilla et al., 2008). Como se deduce de esta definición, el estudio de este patrimonio es complejo porque en él se conjugan

aspectos científicos, técnicos, culturales, económicos, estratégicos, recreativos y sociales, pero siempre en relación con procesos y elementos naturales de origen geológico. El término geodiversidad es un concepto joven y mal definido todavía, pero de amplia utilización y difusión, existiendo una marcada tendencia a considerarla como sinónimo de diversidad geológica, acepción que hoy se muestra muy restrictiva (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007a, 2007b). Estos autores presentan una síntesis de la evolución del término geodiversidad en sus vertientes teórica y aplicada, concluyendo con una nueva definición de carácter integrador. Serrano & Ruiz-Flaño (2007a) presentan una metodología que permite su evaluación, así como su aplicación a un espacio rural en el marco del análisis territorial. Una de las definiciones de mayor carácter integrador es la propuesta por Serrano & Ruiz-Flaño (2007b), quienes han definido recientemente geodiversidad como la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre y los mares y océanos, junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos y exógenos, y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares. A pesar de la amplia utilización y aplicaciones del término geodiversidad, son todavía muy escasos los esfuerzos realizados en el desarrollo de metodologías para su evaluación y valoración, y las existentes hasta el momento presentan carácter cualitativo. Por lo tanto, la geodiversidad es un concepto útil para la gestión y conservación del patrimonio abiótico, cuya incorporación es necesaria en políticas locales de desarrollo sostenible y de valoración de recursos naturales. Aunque conocer la geodiversidad impacta positivamente el desarrollo y supervivencia de la humanidad, en general, el concepto no es claro, conocido ni aceptado totalmente, ya que existe un debate por parte de varios autores acerca de su significado, dificultando las acciones encaminadas a su protección. No obstante, la política ambiental y de conservación de la naturaleza que no contemple adecuadamente la gestión del patrimonio geológico, difícilmente llegará a ser una política ambiental correcta. Este concepto se ha considerado como idóneo para la gestión y

aproximación geoecológica de espacios naturales (Gordon et al., 2002), lo cual es óptimo como interconexión de la biodiversidad y la geodiversidad (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007a). Por otra parte, la geodiversidad es una idea vital para la gestión eficaz del patrimonio geológico (Gray, 2008), y por lo tanto requiere una definición muy adecuada. Muchos puntos de vista pueden ser considerados en el estudio de la geodiversidad y su comprensión debe ser diversa en sí misma (Ruban, 2011). Según este autor, aunque la evaluación de cada patrimonio geológico regional puede involucrar aspectos de paisaje, culturales, históricos y otros, así como la percepción humana de los objetos naturales, una evaluación del número de tipos de LIGs (no el número de LIGs) es esencial, ya que mide el número de fenómenos geológicos representados a escala regional. La geodiversidad y el patrimonio geológico se consideran conceptos paralelos a los de biodiversidad y patrimonio biológico e íntimamente relacionados. La geodiversidad de un territorio concreto es uno de los factores esenciales que favorece su biodiversidad (Voth, 2007). El patrimonio geológico es un recurso natural no renovable que constituye un bien común y forma parte inseparable del patrimonio natural y cultural de la humanidad (Fernández & Guirado, 2001). El patrimonio geológico ya se convirtió en algo más que un recurso científico y educativo: se estima también como un recurso económico (georecurso) de creciente interés en las estrategias de desarrollo sostenible (geoturismo), especialmente en los espacios naturales protegidos (Villalobos, 2001). No obstante, porque es importante defender el patrimonio geológico?... porque un material geológico es en esencia un vehículo para el aprendizaje distinto y complementario al de los libros, ya que los estudiantes se educarán al vivir y percibir este patrimonio, porque constituye una atracción que educa e informa al observador y promueve el respeto hacia él, porque permite realizar un viaje fantástico hacia el pasado de nuestro planeta, y porque contribuye a la investigación (cada día surgen nuevas inquietudes que pueden resolverse conservando el material que responde a las preguntas nuevas que surgen dentro de la comunidad). El término georecurso amplía el horizonte de definición respecto al de patrimonio geológico y se relaciona íntimamente con el de geodiversidad:

una mayor geodiversidad en un territorio va a proporcionar, sin duda, un mayor elenco de georecursos potencialmente aprovechables en el mismo (Villalobos et al., 2004). Un georecurso podría definirse como el elemento (de carácter extraíble o no), conjunto de elementos, lugares o espacios de alto valor geológico con un elevado interés científico y/o didáctico, susceptible de uso y gestión, y capaz de incrementar la capacidad de atracción del territorio en el que se ubica (Consejería de Medio Ambiente, 2007). Existen diferentes iniciativas para identificar y catalogar LIGs nacionales como la metodología propuesta por Colegial et al. (2002) e internacionales entre las cuales se destaca el proyecto Geosites (Wimbledon et al., 2000) iniciado por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). Otras iniciativas se orientan más en objetivos de valorización económica que en la conservación. La geoconservación define a una corriente de pensamiento que aboga por la necesidad de poner en práctica políticas activas de conservación de la geodiversidad y del patrimonio geológico, del mismo modo y con la misma intensidad que las ya avanzadas en materia de conservación del patrimonio biológico y de la biodiversidad, y, preferentemente, de manera no disociada de éstas (Villalobos et al., 2004). La geoconservación es esencial para el mantenimiento del patrimonio geológico.

Un itinerario geológico se define como la dirección y descripción de un recorrido a través del cual se divulga el conocimiento sobre algunos de los elementos básicos del patrimonio geológico de una región. A nivel mundial son numerosos los itinerarios geológicos elaborados, dentro de los que se destacan, entre otros, aquellos con fines didácticos y geoturísticos (Palacio-Suárez 1999; Cobiella-Reguera & Cruz-Gámez, 1999; Alfaro et al., 1999a, b, c; Alfaro et al., 2004a, b; Domingo et al., 2000; García-Ramos et al., 2004a, b; Bastogi et al., 2003; Geremia et al., 2003; Geremia & Massolli-Novelli, 2003; Gregori & Melelli, 2003; Orrú et al., 2003; Savelli et al., 2003). En nuestro país, Castellanos & Ríos (2008), realizan un primer esfuerzo por desarrollar itinerarios geológicos. La Provincia de Santa Marta representa un laboratorio geológico natural de gran importancia para el

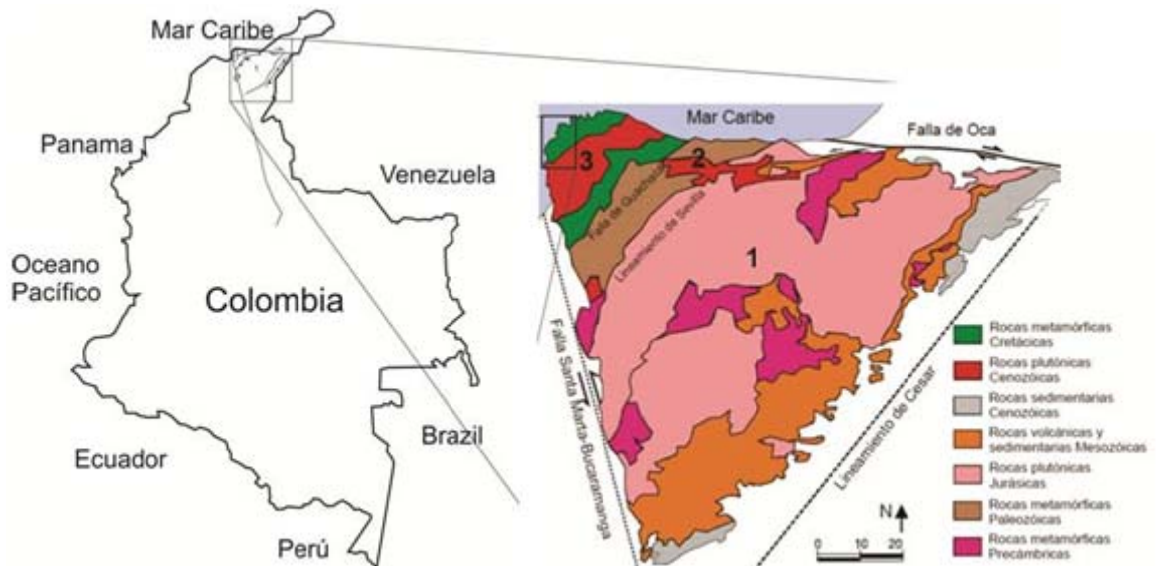
entendimiento de la evolución geológica del margen noroccidental de Sur América. La gran variedad temática de sus afloramientos (de interés estratigráfico, geomorfológico, mineralógico, petrológico, tectónico, etc.), junto a la calidad de exposición, hace que tengan un gran potencial científico y didáctico. Los LIGs incluidos en el presente trabajo tienen, además de su valor científico y didáctico, un valor añadido gracias a su atractivo paisajístico. Su singularidad y belleza hace que algunos de estos lugares sean aprovechados como recurso geoturístico. El primer paso para realizar un estudio bien documentado y confiable sobre el patrimonio geológico que existe en un territorio, es llevar a cabo el inventario de los LIGs que allí puedan existir; para tal fin se necesita en primera instancia conocer la geología e identificar cuáles son los elementos geológicos con los que cuentan dichos LIGs, indicadores que se deberán valorar según el grado de importancia de cada uno, para con ello tomar medidas que apoyen su conservación y uso sostenible. Es por todo lo descrito anteriormente, que se justifica la elaboración de inventarios a la hora de hacer una planificación territorial. En la realización de un itinerario geológico, se deben incluir LIGs que representen la geodiversidad del área de estudio; además tener claridad sobre los objetivos que persigue la realización de dicho itinerario para con ello identificar con certeza los criterios de selección y valoración que se utilizaran. Según algunos autores la selección de criterios y sus respectivos indicadores a valorar pueden variar dependiendo si se pretende proteger los LIG identificados, si se les quiere dar uso cultural y turístico o si solo se necesita planificar el territorio en general, sin embargo en este trabajo se pretende sugerir que sin importar el objetivo, cada LIG debe tener una selección y valoración de calidad, de manera que muestre la geodiversidad del área, además si bien es cierto que se podrían tomar metodologías diferentes dependiendo del objetivo, también es cierto que no es recomendable dejar de lado la idea de proteger en todos los casos dichos lugares, ya que la riqueza que estos LIG tienen no se limita a un simple objetivo de un itinerario sino al aporte científico, cultural, etc., que pueda ofrecer la geología del área al entendimiento de la evolución no solo de la geología misma sino de la vida.

### 3. GEOLOGÍA

#### 3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) es el macizo montañoso más alto reconocido que se levanta directamente desde el nivel del mar, el cual se localiza en la parte nororiental de Colombia sobre la costa Caribe (Figura 2). La SNSM está separada de la cadena montañosa de los Andes por una planicie aluvial y bordeada en uno de sus flancos por el mar Caribe. Este antiguo macizo está limitado al norte por la Falla de Oca de dirección E-W, al oeste por la Falla Santa Marta - Bucaramanga de dirección NW, y al sureste por el lineamiento del Cesar.

**Figura 2. Localización geográfica de la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y sus provincias: 1. Provincia Sierra Nevada, 2. Provincia de Sevilla, 3. Provincia de Santa Marta. (Tomado de Tschanz et al., 1969)**



Debido a su importancia geocientífica, esta área ha sido objeto de varios estudios (Tabla 3) debido a su ubicación dentro del contexto del mosaico tectónico, que ocupa la esquina noroccidental de la placa Suramericana y hace parte del bloque Norandino. Este territorio ha sufrido diferentes eventos geológicos complejos, por lo que, llegó a nominarse por Tschanz (1969), como un mosaico estructural compuesto de tres provincias que conforman el macizo SNSM (Figura 2). La Provincia Sierra Nevada está limitada por el Lineamientos de Cesar al Este y por el Lineamiento de Sevilla al Oeste; presenta un basamento conformado por rocas metamórficas de edad Grenvilliana, las cuales han sido intruidas por rocas magmáticas de edad Jurásica (Bustamante et al. 2009). La mayor parte de esta provincia está igualmente cubierta de rocas volcánicas de la misma edad (Tschanz et al. 1974; Restrepo-Pace et al. 1997; Ordoñez-Carmona et al. 2002; Cordani et al. 2005). La Provincia de Sevilla está limitada por el Lineamiento de Sevilla al Este y por la Falla de Guachaca al Oeste; presenta un basamento compuesto de granitoides miloníticos y esquistos anfibólicos y micáceos de edad Paleozoica (Tschanz et al. 1969, 1974; Cardona-Molina et al. 2006). La Provincia de Santa Marta está limitada por la Falla de Guachaca al Este y por la línea costera del Caribe al Noroeste y se encuentra en la confluencia de las fallas de Santa Marta - Bucaramanga y Oca; está conformada por dos cinturones metamórficos (Tschanz et al. 1969, 1974), separados por un extenso cinturón de granitoides de edad Paleógena (Tschanz et al., 1974). El cinturón interior está constituido por anfibolitas, esquistos bimicáceos y ortoneises (Esquistos de Gaira, Esquistos de San Lorenzo y Esquistos sin diferenciar). El cinturón exterior está constituido por anfibolitas, esquistos verdes y filitas (Esquistos de Santa Marta), que han sido considerados como posibles fragmentos alóctonos probablemente acrecionados durante el Meso-Cenozoico (Tschanz et al. 1969, 1974; Doolan, 1970; Cardona-Molina et al. 2006). Este último fue subdividido en cuatro unidades principales con connotación estratigráfica, denominadas formaciones Concha, Punta Betín, Cinto y Rodadero, la cual es seguida en el presente trabajo (Tabla 4). Según Cardona et al. (2010), la formación de los Esquistos de Santa Marta se dio a causa de la

evolución e interacción de la placa Caribe de afinidad oceánica y la placa de Suramérica de afinidad continental, del Cretácico al Paleógeno, como parte de la continuación del Ciclo de Wilson que comenzó con la desintegración del Supercontinente Pangea en el Jurásico Tardío. Por otra parte, Bustamante et al. (2009), el metamorfismo registrado en esta provincia reflejaría la colisión de un arco intra-oceánico probablemente asociado al frente de convergencia de la Placa Caribe y la margen continental de Suramérica entre el Maastrichiano y el Paleoceno inferior.

**Tabla 3. Recopilación de algunos trabajos realizados anteriormente relacionados con la geología del área de interés en este trabajo, a través de los años.**

<b>AUTOR</b>	<b>PUBLICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Tschanz et al. (1969)</b>	Geology of the Santa Marta area (Colombia).	División de los esquistos de Santa Marta en dos unidades: Filitas de Taganga y Esquistos de Gaira.
<b>Doolan &amp; MacDonald (1976)</b>	The structure and metamorphism of the Santa Marta area, Colombia, South America.	División de los Esquistos de Santa Marta: Formación Concha, Formación Punta Betín, Formación Cinto y Formación Rodadero. Petrografía detallada.
<b>Hernández &amp; Clavijo (1998)</b>	Geología de las Planchas 11 y 18. Santa Marta – Ciénaga.	Cartografía 1:100.000 de Santa Marta y Ciénaga.
<b>Mejía &amp; Santa (2003)</b>	Cartografía geológica del piedemonte noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta entre los ríos Gaira y Córdoba (Santa Marta y Ciénaga, Magdalena)	Cartografía y petrografía del Batolito de Santa Marta.

AUTOR	PUBLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Cediel et al. (2003)</b>	Tectonic Assembly of the Northern Andean Block	Síntesis e interpretación de la tectónica del norte del bloque Andino de Colombia, Venezuela y Ecuador.
<b>Bustamante et al. (2009)</b>	Metamorfismo de los esquistos verdes y anfibolitas pertenecientes a los esquistos de Santa Marta, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia): ¿registro de la colisión entre el arco Caribe y la margen suramericana?	Química mineral y termobarometría en los Esquistos de Santa Marta, propuestos por Tschanz et al. (1969).
<b>Cardona et al. (2010)</b>	Tectonomagmatic setting and provenance of the Santa Marta Schists, northern Colombia: Insights on the growth and approach of Cretaceous Caribbean oceanic terranes to the South American continent	Análisis de la evolución geológica de la placa Caribe, contexto tectónico de las formaciones Rodadero, Cinto, Punta Betín y Concha propuestas por Doolan (1970), mediante estudios geoquímicos.

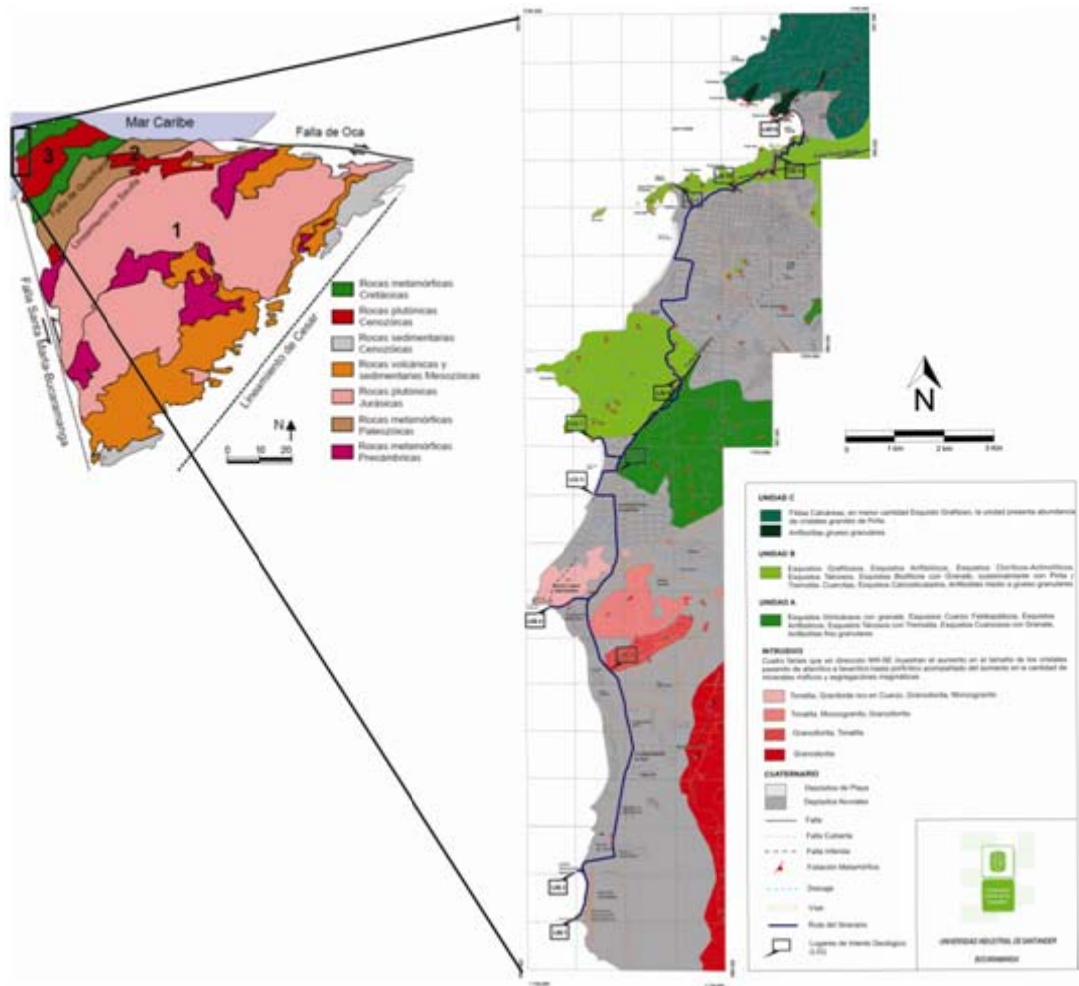
**Tabla 4. Comparación entre las unidades sugeridas por Tschanz et al. (1969) y Doolan (1970) (Tomado de Doolan, 1970).**

Tschanz et al., 1969		Doolan, 1970	
GRUPO SANTA MARTA	Filitas de Taganga	SUPER GRUPO SANTA MARTA	Formación Concha
	Esquistos de Gaira		Formación Punta Betín
			Formación Cinto
		Formación Rodadero	

### **3.2 GEOLOGÍA DEL ITINERARIO GEOLOGICO**

Desde el punto de vista geológico regional, la franja costera comprendida entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga forma parte de la Provincia de Santa Marta, hacia el extremo Noroeste de la SNSM (Figura 3). El área de estudio dentro de la cual se desarrolla en itinerario geológico abarca aproximadamente 99 Km<sup>2</sup>, comprende las poblaciones de Gaira, El Rodadero, Santa Marta y Taganga, y se encuentra limitada al norte por la Bahía de Taganga, al sur por las playas del Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar”, al oeste por la costa Caribe y al este las estribaciones de la SNSM. El área de estudio. A continuación se describen los principales rasgos estratigráficos, tectónicos y geomorfológicos de este relieve costero, el cual presenta evidencias muy importantes para deducir no sólo la evolución geológica de esta importante provincia tectónica sino también la dinámica de su evolución costera.

**Figura 3. Mapa geológico del área de estudio, localizado sobre el mapa de provincias sugerido por Tschanz et al. (1969)**

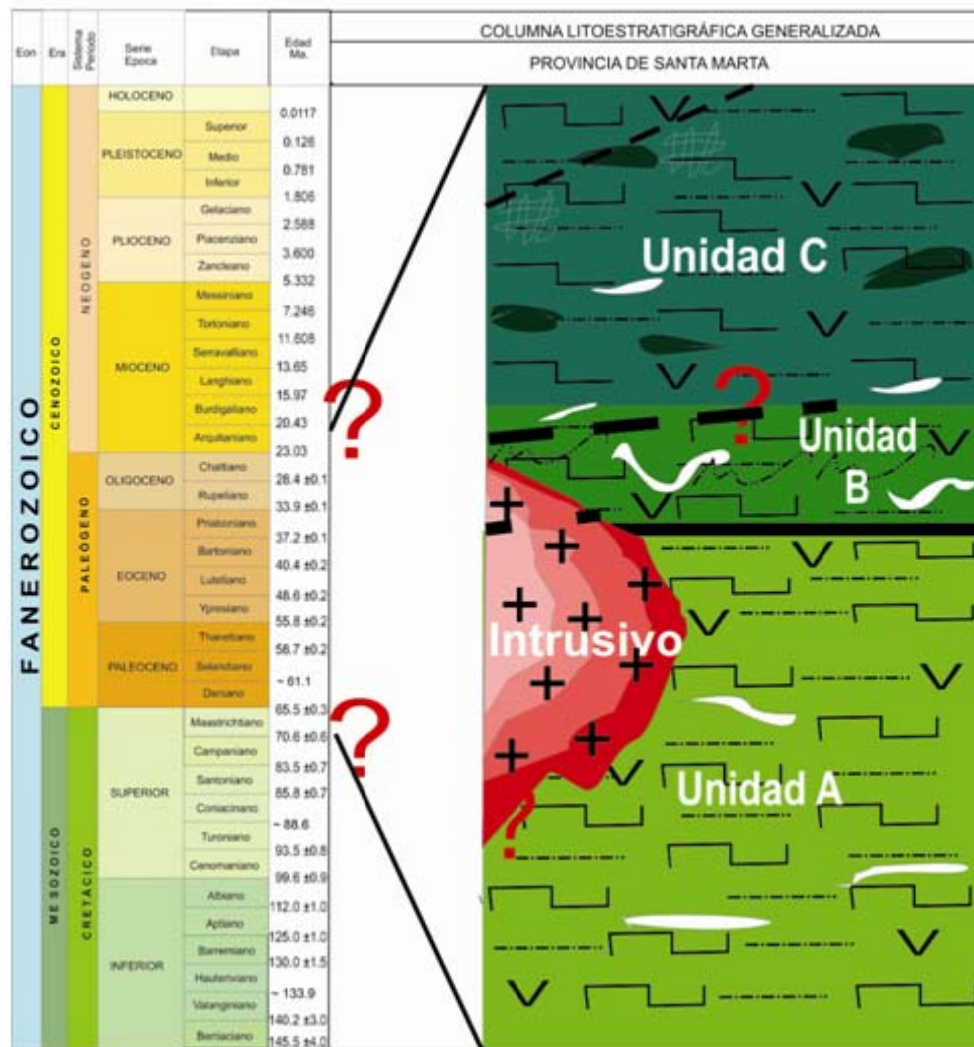


### 3.2.1 Rasgos Litoestratigráficos

En este enunciado se describen las características más importantes de las unidades aflorantes en el área de interés teniendo en cuenta básicamente la división litoestratigráfica que sugiere Doolan (1970) para los Esquistos de Santa Marta propuestos por Tschanz et al. (1969), estudios recientes de Cediell et al. (2003), Bustamante et al. (2009) y Cardona et al. (2010), además de la cartografía a escala 1:25.000 y las descripciones macroscópicas y microscópicas realizadas dentro del marco de este trabajo. La Figura 4 es una columna litoestratigráfica

generalizada (Anexo 4), cuyas unidades geológicas se describen más adelante. El área de estudio está conformada por dos franjas de rocas dispuestas en dirección NE; la primera es una franja de esquistos y filitas, con delgadas intercalaciones de anfibolitas, y la segunda corresponde a un cinturón de rocas ígneas félsicas de composición granítica que intruyó la parte sur de la franja metamórfica nombrada anteriormente al parecer cuando todavía estaba activo el último evento metamórfico, por lo que presenta una leve foliación metamórfica.

**Figura 4. Columna Litoestratigráfica Generalizada.**



**3.2.1.1. Rocas Metamórficas.** A continuación se presentaran las unidades encontradas en campo, empezando de la más antigua a la más joven basados en el grado de metamorfismo.

**UNIDAD A. Esquistos Bimicáceos con Granate, Esquistos Cuarzo Feldespáticos, Esquistos Cuarzosos con Granate, Esquistos Anfibólicos, Esquistos Talcosos con Tremolita y Anfibolitas de grano fino.**

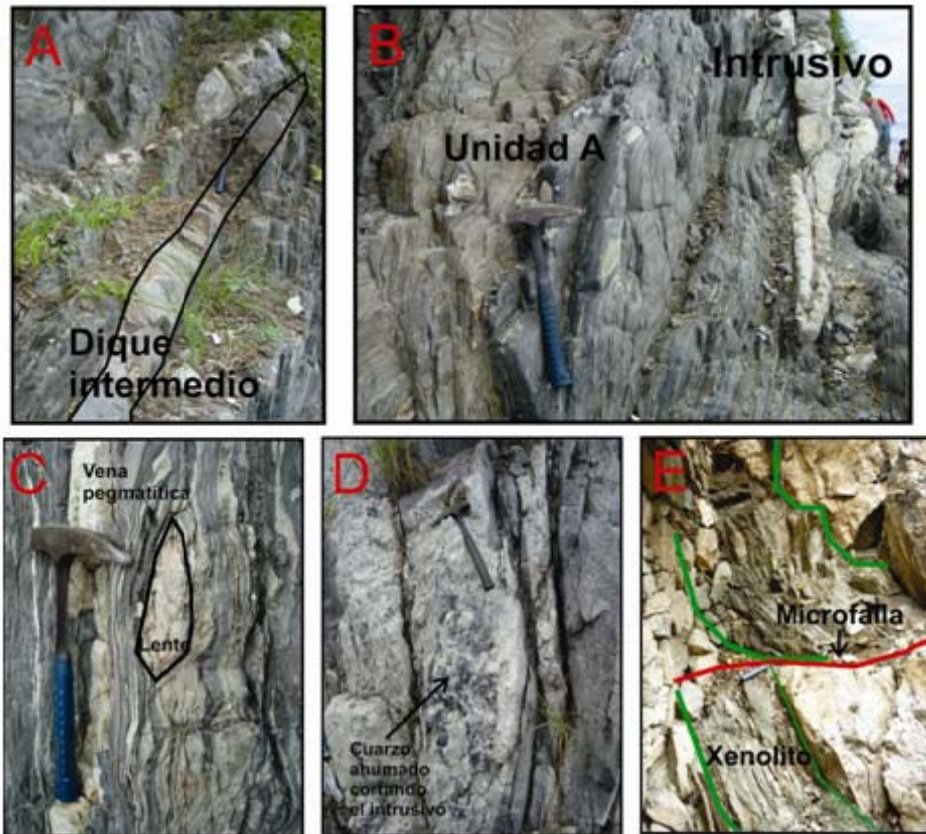
Esta formación aflora hacia el sur de la zona estudio, iniciando en el corregimiento del Rodadero y extendiéndose como una franja en dirección NE, se caracteriza por presentar la asociación de rocas metamórficas, metabasitas y metapelitas, en general exhiben intercalaciones de tonalidades verdes, grises, pardas y en pocos casos negras. La Figura 8 ilustra algunos ejemplos de los rasgos característicos a escala de afloramiento observados en la Unidad A. Hacia la parte sur afloran principalmente esquistos anfibólicos de color gris a verde oscuro, mostrando claramente el contacto intrusivo y a bajo ángulo respecto a su foliación, con una roca ígnea plutónica granítica principalmente félsica datada del Eoceno. Es común encontrar estructuras como lentes o venas de cuarzo de diferentes tamaños, xenolitos granodioríticos, venas y diques de textura pegmatítica y aplítica; dichas estructuras en algunos casos presentan plegamientos o diaclasamiento debido a esfuerzos compresivos impresos luego de su formación. El tamaño de los cristales es fino, los minerales encontrados en este tipo de rocas son como principales hornblenda, actinolita, minerales que al parecer se encuentran zonados encontrando la hornblenda hacia el centro y la actinolita en los bordes de los cristales, sin embargo, Bustamante et al. (2009), describe la hornblenda encontrada en la formación Rodadero como zonada con núcleo café a rojo y bordes verdes, otros minerales comunes de la formación son plagioclasa (albita), cuarzo y como secundarios sericita, resultado de la alteración de plagioclasas y clorita como alteración de biotita. También se encuentran siguiendo la misma orientación NE esquistos cuarzosos con granate, el tamaño de los cristales es de

medio a grueso, dispuestos en bandas poliminerales, donde se pueden distinguir dos generaciones de cuarzo de las cuales la segunda de ellas se caracteriza por presentar cristales de mayor tamaño muy limpios a manera de relleno de venas que sugieren un evento hidrotermal ocurrido después de la formación inicial de la roca. Los minerales encontrados en este tipo de rocas son como principales cuarzo y plagioclasa (albita) como menores la muscovita, como accesorios la biotita y el granate, se observa sericita resultado de la alteración de plagioclasa. Los esquistos talcosos con tremolita aparecen principalmente en el cerro la Llorona donde actualmente se sitúan las canteras de explotación de agregados pétreos de la empresa Tritupisvar Ltda., presentando xenolitos de granodiorita porfirítica con abundante contenido de muscovita y de poco espesor, concordantes con la foliación del esquisto, siendo esto evidencia del evento intrusivo; estas rocas se caracterizan por presentar el tamaño de los cristales de medio a grueso, su color predominante es verde claro a blanco, debido a la presencia de anfíboles y talco por alteración de los mismos. Como minerales principales contiene anfíbol (tremolita) y como secundarios talco, alteración de la tremolita el cual está en gran cantidad y le da el nombre a la roca, además se encuentra sericita resultado de alteración de plagioclasas. Los esquistos bimicáceos con granate, ubicados más hacia la línea de costa, se caracterizan por presentar foliación más definida por las micas, con el tamaño de los cristales de medio a grueso. Los minerales característicos de esta roca son como principales cuarzo, plagioclasa (albita), feldespato alcalino (microclina), como menores pero que le dan el nombre muscovita y biotita y finalmente como accesorio el granate, se observa una leve alteración de la plagioclasa a sericita. Los esquistos cuarzo feldespáticos presentan venillas de hasta 3 mm de espesor de cuarzo y feldespato, en cantidades mínimas granates altamente meteorizados, los minerales que se encuentran principalmente son cuarzo, plagioclasa, feldespato, biotita, muscovita, anfíbol y granate. Finalmente las anfibolitas con una leve esquistosidad, debido a la deformación metamórfica y en menor cantidad a un leve metamorfismo. La foliación metamórfica está orientada predominantemente en dirección N36-80°E,

con buzamiento alto en dirección NW o casi vertical especialmente en los cerros ubicados alrededor del corregimiento de Gaira. Los afloramientos que representan esta formación se encuentran dentro del casco urbano del corregimiento del Rodadero, acompañados de edificaciones que en ocasiones se sitúan sobre ellos, lo que dificultó la cartografía de la unidad incluyendo el contacto con la unidad que la limita por el NW, y que lleva la misma orientación NE, sin embargo se asume tectónicamente, como un contacto fallado además de los cambios observados en la composición mineralógica. Por el contrario si se alcanzan a distinguir mediante el cambio en los rasgos geomorfológicos las zonas de contacto con el intrusivo hacia el sector SE de esta unidad, el cual se asocia a estructuras como xenolitos debido al desgarramiento hecho en las rocas al emerger el magma, es común encontrar zonas de debilidad las cuales fueron posteriormente deformadas por esfuerzos que generaron microfallamiento y microplegamiento. Detalles observables a escala macroscópica y en sección delgada de las muestras correspondientes a la Unidad A se pueden consultar en los Anexos 1 y 2. Esta unidad se correlaciona con los Esquistos de Gaira de Tschanz (1969), abarcando las formaciones Cinto y Rodadero del Grupo Gaira sugerido por Doolan (1970).

**Figura 5. Afloramientos ubicados dentro del corregimiento del Rodadero, A, B y C. Al sur de las playas del Rodadero donde se observa la zona de contacto entre el intrusivo y la unidad A esquistos bimicáceos con granate, presentando al menos cuatro eventos claros, inicialmente el cuerpo metamórfico en su proceso final de metamorfismo, luego un evento intrusivo félsico que generó un cuerpo granítico, posteriormente casi en superficie los dos tanto el cuerpo metamórfico como el intrusivo fueron afectados por un fluido el cual generó un dique de composición intermedia, estos dos cuerpos el intrusivo y la roca filoniana, presentan metamorfismo incipiente, finalmente un fluido silíceo afecta las rocas formando venas en ocasiones de cuarzo lechoso y en otras de cuarzo ahumado. C. Sobre la carrera 4 con calle 10 dentro del casco urbano del Rodadero al margen derecho del**

restaurant Pez Caribe, se identifica de nuevo la zona de contacto entre el intrusivo y la unidad A, mide aproximadamente 140 m de ancho y 6 de alto, se observa el trazo de una microfalla, desplazando un xenolito compuesto por la formación A el cual se generó a partir del desgarre hecho por el intrusivo cuando emplazo.



**UNIDAD B. Esquistos Grafíticos, Esquistos Anfibólicos, Esquistos Cloríticos-Actinolíticos, Esquistos Talcosos con Tremolita, Esquistos Biotíticos con granate, ocasionalmente con pirita, Cuarcitas, Esquistos Calcosilicatados y Anfibolitas de grano medio a grueso.**

Esta unidad aflora casi hacia el centro de la zona de estudio, hacia el NW de la Unidad A, y distribuida en el área como una franja con dirección NE, se caracteriza por presentar la asociación de rocas metamórficas, metabasitas y metapelitas,

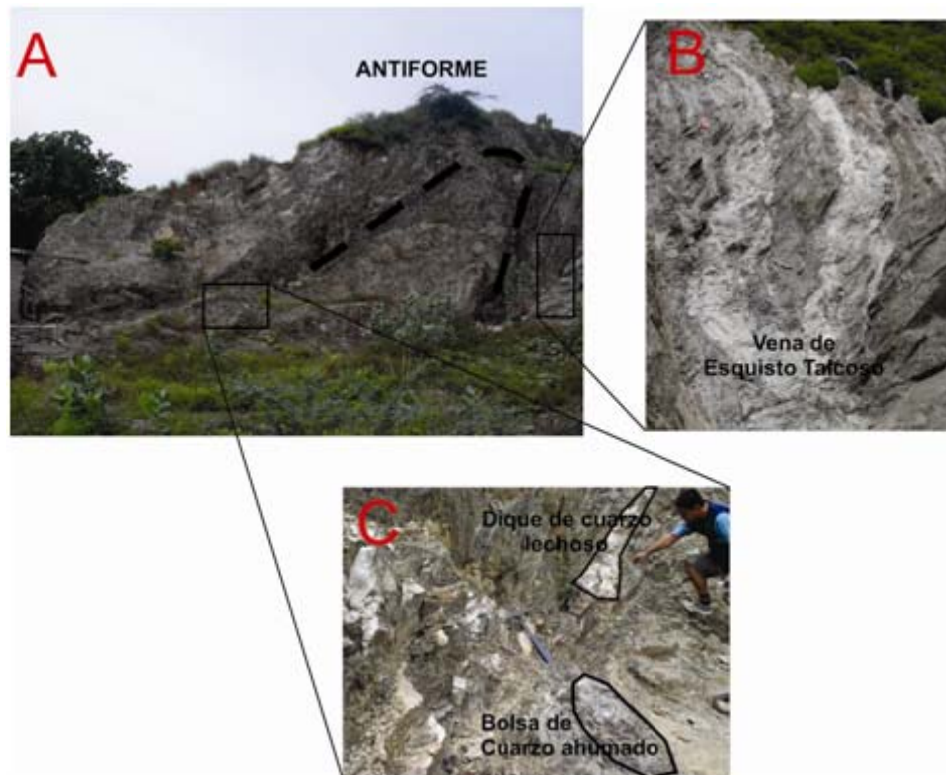
representadas por esquistos con gran contenido de anfíbol de grano fino a medio y cuerpos pequeños de anfíbolitas de grano grueso hacia la parte norte de la unidad, esquistos grafitosos, biotíticos con granate y pirita ocasionalmente, y por último cuarcitas las cuales se observan hacia el Cerro Ziruma, Doolan (1970) indica la existencia de metachert y cuarcitas, de las cuales solo las últimas fueron identificadas en dicho sector, asociadas a esquistos anfibólicos. Las Figuras 6-9 ilustran algunos ejemplos de los rasgos característicos a escala de afloramiento observados en la Unidad B. Estas rocas se caracterizan por presentar tonalidades verdes oscuras a negras debido a la abundancia de minerales como grafito y anfíboles. La unidad B se caracteriza por presentar las litologías constituyentes dispuestas preferencialmente como franjas subparalelas con orientación NE, así que describiendo lateralmente de este a oeste dichas litologías se encuentran esquistos anfibólicos de color gris a verde oscuro, presentando a la altura del Cerro Ziruma abundante diaclasamiento y plegamiento como respuesta a los esfuerzos compresivos que sufre el área y que a su vez ha producido el fallamiento inverso que domina la tectónica de la provincia de Santa Marta, en general, estos mismos esfuerzos también han generado las fallas de Rodadero hacia el sur y Punta Betín hacia el norte. Los esquistos anfibólicos son de tamaño de partícula fino a medio, presentando en algunos casos cristales de pirita de hasta 2 mm, como minerales principales se encontraron anfíboles actinolita y hornblenda, como secundarios clorita y cuarzo, y pirita como accesorio. Siguiendo la misma orientación NE se encuentran los esquistos grafitosos los cuales hacia el norte de la formación se encuentran replegados y en ocasiones formando milonitas, como evidencia de la falla de Punta Betín que atraviesa la zona casi en dirección EW. Los principales minerales encontrados son el grafito, las micas y los anfíboles además de dos generaciones de cuarzo las cuales evidencian un evento hidrotermal después del evento principal de metamorfismo, dicho evento generaría el paso de fluidos silicatados que dieron paso a la formación de venas principalmente compuestas de cuarzo 2 con un tamaño mucho mayor al cuarzo 1, además acompañado de carbonatos. Delgadas intercalaciones de esquistos

calcosilicatados ocurren localmente, en los que predominan estructuras singenéticas, con bandeado polimineral, presentando una foliación espaciada de paralela a anostomosada, muy mal calibrada, con gran contenido de calcita, tremolita y muscovita y minoritariamente zoisita y plagioclasa. Los esquistos biotíticos con granate son muy escasos, sin embargo, se encuentran hacia el sur de la formación en cercanías a la línea de costa. Los esquistos cloríticos-actinolíticos también se presentan hacia el sur de la unidad y en la saliente de Punta Betín, con tamaños de cristales fino y brillo un poco sedoso, de colores verdes claros y amarronados, sus principales componentes son la actinolita y la clorita, es general los secundarios siguen siendo epidota, mica y carbonatos. Los esquistos talcosos con tremolita son el resultado de un proceso de metamorfismo en el que se manifiesta la transformación de la tremolita en talco. La existencia local de anfibolitas medio a grueso granulares serían relictos de un metamorfismo anterior al que dio origen a la Unidad B. Estas anfibolitas reaccionaron más frágilmente ante los eventos compresivos debido a su reología lo que generó como característica gran cantidad de diaclasas donde estas rocas afloran. El contacto con la Unidad C, se localizó por una disminución en el contenido de grafito y se localiza sobre la vía que de Santa Marta conduce a Taganga en el pequeño mirador de Taganga 500m después del mirador principal. En frente pasando la vía al costado derecho se observa un afloramiento, el cual está compuesto por esquistos rojizos debido a la notable meteorización de los minerales ferruginosos que contiene, presentando varios patrones de diaclasamiento que se repiten al punto de fracturar la roca en forma casi prismática; la foliación de la roca es de N75°E/54°SE. El metamorfismo de la unidad es de grado medio a bajo, alcanzando facies de esquistos verdes principalmente y en menor cantidad se registró en esta investigación epidota anfibolita lo que sugiere que esta unidad, sufrió un grado de metamorfismo menor al que sufrió la unidad A; el tren estructural de la formación es en dirección N40-70°E y un buzamiento alto casi vertical en algunos casos, sin embargo hacia el norte de esta unidad, se distingue el caos estructural generado por la falla Punta Betín.

Es muy común encontrar venas de cuarzo con espesores muy variables de 2 a 10 cm, casi siempre paralelas a la foliación, aunque en muy pocos casos se observan cortándola con ángulos bajos de hasta 30°, una particularidad que se da es la forma en lentes o budines de las venas paralelas a la foliación; particularmente en el área del Rodadero se encontró una vena de cuarzo de geometría lenticular (4m de altura y 3m de longitud), concordante con la foliación metamórfica del esquisto actinolítico con epidota, junto con una vena de cuarzo de 50 cm de espesor que corta la foliación a bajo ángulo de 25° (Figura 8). Aunque en menor cantidad en esta unidad se encontró roca metamórfica de protolito básico, de tipo anfibolita, presentando un aumento en el tamaño de grano comparada con la que se encontró en la unidad descrita anteriormente (Figura 9). La pirita en esta unidad se presenta en menor cantidad respecto a la unidad descrita con anterioridad, los minerales presentes en las rocas siguiendo en orden de abundancia son grafito, cuarzo, plagioclasa (albita), anfíbol (hornblenda, actinolita, tremolita), epidota, zoisita, clinozoisita, muscovita, biotita, flogopita, clorita, feldespatos alcalinos, calcita, siderita, magnesita, pirita y como alteración más común sericita. Detalles observables a escala macroscópica y en sección delgada de las muestras correspondientes a la Unidad B se pueden consultar en los Anexos 1 y 2. Esta unidad se correlaciona con los Esquistos de Gaira de Tschanz (1969), abarcando la Formación Punta Betín del Grupo Gaira sugerido por Doolan (1970).

**Figura 6. A. Sector Barrio Nacho Vives, Santa Marta, en el norte de la unidad se aprecia un floramiento esquistos grafitosos, cloríticos y talcosos plegados formando un antiforme, ubicado hacia la parte norte del área de estudio. B. Vena de esquisto talcoso presentando replegamiento evidenciando la posible entrada del fluido que causó el proceso que generó, que el material anteriormente conformado por anfíbol tremolita como ya se ha observado anteriormente sufriera metamorfismo generando el talco que hoy se aprecia en el lugar. C. Esquisto grafitoso con numerosas venas boudinadas de cuarzo y además se distingue una bolsa de cuarzo ahumado**

de 7cm a lo largo y 5cm a lo ancho, siguiendo la foliación, al entrar el fluido silicatado, una gran parte se desplazó por los planos de debilidad de las rocas, mientras que otros debido al ángulo y quizá al gran contenido de volátiles no lograron llevar este recorrido por lo que terminaron generando dichas bolsas de cuarzo ahumado, debido a la contaminación.



**Figura 7. A. Esquisto clorítico-actinolítico, ubicado en el área de Punta Betín. B. Esquisto de anfíboles posiblemente actinolítico-tremolítico, ubicado sobre el Cerro Ziruma, donde se observan venas de cuarzo siguiendo el patrón de diaclasamiento de la roca el cual va en dirección perpendicular a la foliación, y hacia la izquierda una vena plegada de casi 10cm de espesor.**



**Figura 8. Afloramiento de esquisto actinolítico con epidota, en el área del Rodadero, A. Vena de cuarzo de geometría lenticular paralela a la foliación metamórfica. B. Venas de cuarzo paralelas a la foliación y una vena de cuarzo de mayor espesor cortando a bajo ángulo la foliación.**



**Figura 9. Afloramiento ubicado sobre la vía que de santa Marta conduce a Taganga, donde se observa roca metamórfica de tipo Anfibolita medio a grueso granular, se observa muy diaclasada debido a su reología.**



**UNIDAD C. Filitas Calcáreas, Anfibolitas de grano grueso, en menor cantidad Esquistos Grafíticos, la unidad presenta abundancia de cristales de Pirita**

Hacia la parte norte del área de estudio en el corregimiento de Taganga, no se realizó un recorrido significativo sin embargo se identificó la asociación de rocas metapelitas y metabasitas, ricas en filosilicatos, las cuales son en general de tonalidades verdes a grises, algunas con una foliación poco visible en hojas grandes y delgadas, típica de los esquistos (cuarzo-feldespáticos y actinolíticos cloríticos), otras de grano grueso, de tonos verdes por el gran contenido de anfíbol típico de las anfibolitas y por último en lugares puntuales se encontraron esquistos oscuros debido al contenido de grafito, nombrados esquistos grafíticos. Se encuentran cristales de pirita de gran tamaño caracterizando esta unidad. Las Figuras 10-12 ilustran algunos ejemplos de los rasgos característicos a escala de afloramiento observados en la Unidad C. En esta unidad predominan los esquistos calcáreos una intercalación de esquistos cuarzo-feldespáticos y esquistos actinolíticos cloríticos calcáreos con abundante pirita de grano grueso, los cuales presentan venas de cuarzo en formas boudinadas, paralelas a la foliación, de hasta 20 cm de espesor, también se observan venillas de carbonato (magnesita)

que van cortando la foliación de los esquistos desarrollando stockworks, en su mayoría esta roca está compuesta por anfíboles, clorita, muscovita, cuarzo, epidota, plagioclasa, carbonatos, calcita, sericita, pirita, en menor cantidad grafito y una mica verde en muestra de mano que aún no se identifica, la cual esta recubriendo la roca y en las fisuras que dejan sus venas. Las anfibolitas son de grano grueso y geometría lenticular (2m de espesor y hasta 6m de longitud). Según Tschanz (1960), estas al parecer corresponden a relictos de un metamorfismo anterior. Estas rocas presentan un fuerte diaclasamiento en algunos sectores, ya que están afectadas por eventos compresivos, además del efecto producido por la Falla de Taganga que atraviesa el corregimiento en dirección NE y que al parecer generaron los proceso de carbonatación en toda la zona, también presenta numerosas venas de cuarzo lechoso de espesores entre los 0.5 y 1 cm y otras de cuarzo ahumado que siguen el mismo patrón de diaclasamiento con espesores entre los 5 y los 10 cm. Según Cardona et al. (2010), anfibolitas de grano grueso son intercaladas tectónicamente y asociadas a algunas zonas de falla principales. Detalles observables a escala macroscópica y en sección delgada de las muestras correspondientes a la Unidad A se pueden consultar en los Anexos 1 y 2. Según la litología observada, esta unidad se correlaciona con las Filitas de Taganga de Tschanz (1969) o Formación Concha de Doolan (1970). Según Doolan (1970), el contacto de esta unidad, correlacionada en este estudio con la Formación Punta Betín, al sur es fallado y el límite entre ambas unidades es definido por la aparición de anfíbol en la Formación Punta Betín. Sin embargo, el contacto con la Unidad B, se trazo en base al predominio del tipo de roca metamórfica ya que mientras la Unidad B está compuesta principalmente por esquistos, la Unidad C está compuesta principalmente por filitas, sumado a esto se observa también una disminución en el contenido de grafito en las rocas.

**Figura 10. Afloramiento ubicado en los acantilados al costado derecho de Taganga en dirección a Playa Grande, se delimita con rojo el contacto entre anfibolita muy diaclasada y filita calcárea, siendo las rocas predominantes en el área.**



**Figura 11. Afloramiento de Filita calcárea con abundantes cristales de pirita de gran tamaño y venas boudinadas de cuarzo que alcanzan los 5 cm de diámetro, siguiendo la dirección de la foliación, las cuales sugieren se emplazaron en la roca cuando ésta estaba cerca a la superficie.**



**Figura 12. Roca de tipo Anfibolita, encontrada en los acantilados al costado derecho del corregimiento de Taganga en dirección a playa blanca, A. Anfibolita con venas de cuarzo lechoso y ahumado de hasta 5 cm de espesor; B. Anfibolita con venillas de carbonato anostomosadas, y a manera de rejillas o stockworks.**



Según Cardona et al. (2010), las rocas metamórficas que conforman la Provincia de Santa Marta, al parecer son el resultado de la evolución e interacción de la placa Caribe de afinidad oceánica, la cual se acrecionó a la esquina noroeste de la placa de Suramérica de afinidad continental, durante el Cretácico-Paleógeno, luego de la desintegración del supercontinente Pangea en el Jurásico Tardío. Restricciones geocronológicas para las unidades metamórficas arriba descritas, incluyendo las posibles edades de sedimentación y la intrusión del Batolito de Santa Marta, sugieren que la evolución metamórfica de estas rocas podría estar limitada temporalmente entre ca. 60 y 80 Ma (MacDonald et al. 1971, Tschanz et al. 1974, Cardona et al. 2010). Según Cardona et al. (2010), las características geoquímicas de las rocas metasedimentarias demuestran que la procedencia de los Esquistos de Santa Marta (correlacionables con las unidades identificadas en el área), está relacionada con un ambiente mixto, los protolitos incluyen rocas con afinidad de MORB, arco oceánico y sedimentos de ambiente continental

deformados en el Maastrichiano. Esta secuencia metamórfica del Cretácico Tardío presenta un protolito volcano-sedimentario de afinidad oceánica y continental (Bustamante et al. 2009). De acuerdo con Bustamante et al. (2009), las rocas metamórficas que afloran en el área de estudio presentan un aumento abrupto en el grado de metamorfismo que varía entre la facies de los esquistos verdes y la facies de la anfibolita, con condiciones de presión de 3-5 Kbar y temperatura de 300-500°C para las formaciones Concha y Punta Betín, y de 7,6-9,5 Kbar y de 565 y 665°C para la Formación Rodadero, indicando la superposición de las rocas de más alto grado sobre las de más bajo grado, al parecer durante la exhumación sin-metamórfica.

**3.2.1.2. Rocas Ígneas.** Las rocas ígneas afloran principalmente hacia el sur del área de trabajo, tomando dirección NE, intruyendo las rocas metamórficas de SE a NW, y extendiéndose como un cinturón con dirección NE, presentan características diferentes dependiendo de su ubicación, de modo que hacia el SE del área de manera gradual aumenta el tamaño de los cristales y el contenido minerales máficos diseminado en la roca y formando enclaves, esto puede explicarse por el fenómeno de desmezcla magmática a causa de un nuevo magma de tipo ácido de mayor temperatura que se emplazo posteriormente a uno de tipo más básico el cual se genera cuando ocurre reactivación tectónica, de manera dicho magma es sinorogénico, lo que resultara en su distribución desigual dentro del cuerpo intrusivo. En general se encuentran como lo referencia el mapa geológico de la zona las siguientes facies: Facie tonalita, granitoide rico en cuarzo, granodiorita y monzogranito; Facie tonalita, monzogranito, granodiorita; Facie granodiorita tonalita; Facie granodiorita. Las Figuras 13-14 ilustran algunos ejemplos de los rasgos característicos a escala de afloramiento observados en las rocas ígneas. En el área de estudio, las rocas ígneas que predominan presentan una composición granodiorítica, con textura fanerítica inequigranular, de grano medio a grueso, aumentando en dirección sur-este, con algunos cuerpos elipsoidales de composición gabroide, denominados enclaves, con gran contenido

de biotita, de textura fanerítica de grano fino a medio con una leve orientación de los máficos (Figura 13A.). Dentro del cuerpo se encuentran venas pegmatíticas, cuya composición es principalmente cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, biotita y muscovita; presentan espesores aproximados de 3 a 4 cm (Figura 13B), mostrando cristales alargados y ortogonales a la orientación de las venas. Los cristales de Biotita alcanzan a tener tamaños de hasta 2 cm de longitud; también se observaron algunos cristales de granate almandino en algunas de estas venas. Así mismo se observan xenolitos de la roca metamórfica encajante, distribuidos a la altura del Cerro La Gloria en pequeñas franjas, de espesores aproximados a 4 metros; estos cuerpos metamórficos se encuentran orientados según la dirección de foliación 130/82 y presentan en la mayoría de los casos replegamientos (Figura 13C), también se observan diques cuarzo-feldespáticos cortando de manera oblicua la foliación principal (Figura 13D). Por otra parte, los anfíboles se presentan en cristales subhedrales a anhedrales, alterados ligeramente a epidota. La biotita también se presenta en cristales de gran tamaño hasta de casi 2 cm, alterando posiblemente a clorita. Estas dos especies máficas varían en su concentración y distribución, originando zonas con enriquecimiento, ya sea en anfíbol o biotita, de manera que hacia el Sur del cuerpo intrusivo, se encuentra mayor cantidad de anfíboles y hacia el Norte, por el contrario predomina la biotita. Según Tschanz et al. (1969), en el Cerro La Gloria se encuentra roca de tipo cuarzodiorita, sin embargo, en el presente estudio, el tipo de roca que aflora aquí corresponde a una facie de tonalita, granitoide rico en cuarzo, granodiorita y monzogranito. La roca se caracteriza por presentar cambios de textura y composición, los cuales son graduales y muy sutiles. Presenta textura fanerítica inequigranular de grano grueso, desarrollando cristales máficos, en una matriz de grano grueso de cristales anhedrales de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico. Petrográficamente, la granodiorita se caracteriza por presentar una textura granular hipidiomórfica; los anfíboles se presentan en grandes cristales de hasta 2 cm en sección longitudinal, con un buen desarrollo de hábito tabular. Se encuentran minerales de alteración tales como epidota y clorita, alteraciones de la

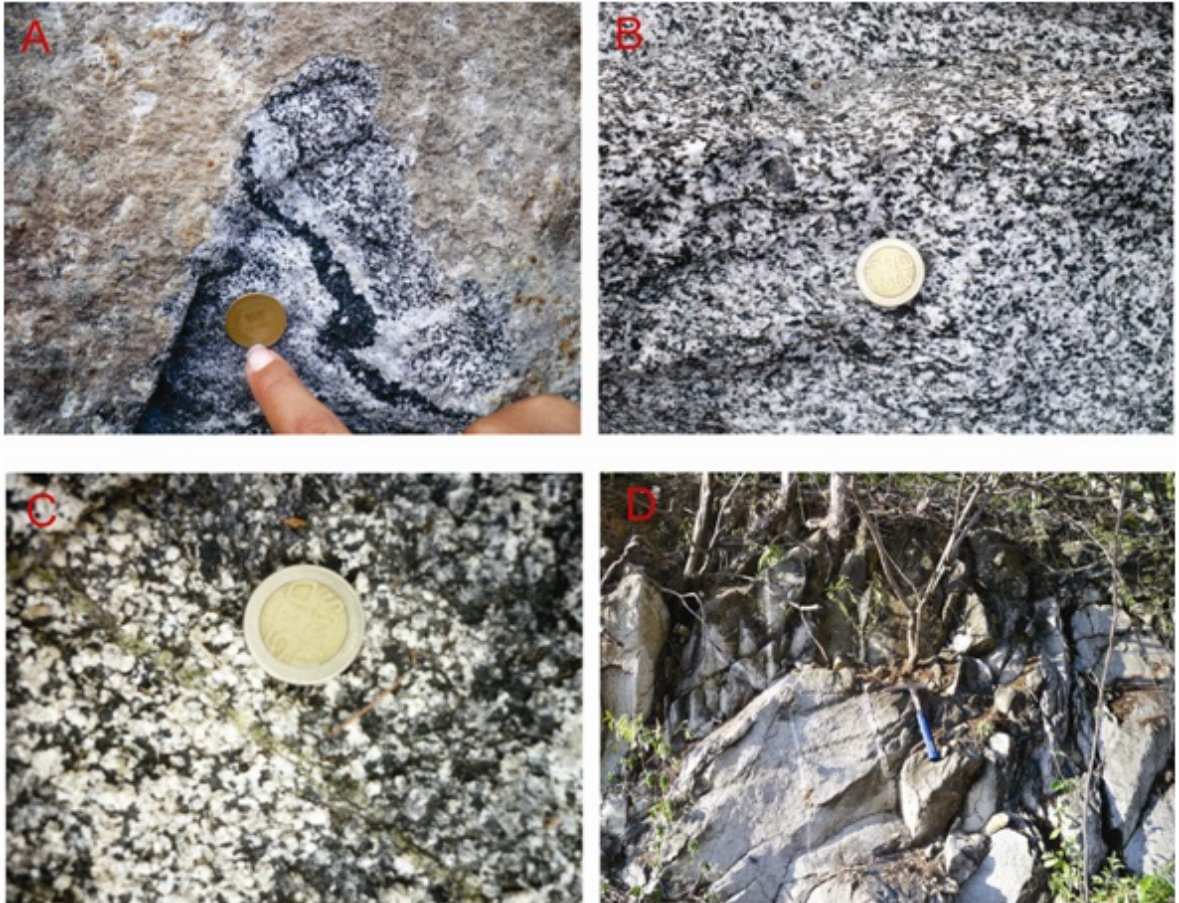
plagioclasa y los máficos (biotita y hornblenda) respectivamente. Se encuentra cortada por numerosos diques de cuarzo con espesores de 1 a 2 cm y venas cuarzo-feldespáticas irregulares boudinadas, con espesores de 3 a 4 cm, en cuyo interior se observan cristales de granate almandino, de 1 a 2 mm de diámetro. También es afectado por un gran número de enclaves máficos de composición gabroica-diorítica, de textura fanerítica de grano fino a medio, los cuales presentan diversas morfologías y tamaños, estos últimos oscilan entre escasos centímetros hasta 1 metro de diámetro. En algunos sectores se encuentra mostrando bandeamientos, los cuales varían su composición de félsica a casi completamente máfica. Algunos de estos bandeamientos son producto de segregaciones de minerales máficos, en su mayoría cristales de hornblenda casi euhedrales. Los cuerpos granodioríticos presentan erosión bolar algunos de los afloramientos cartografiados. No se descarta la posibilidad de que este sea un sector de metasomatismo y granitización en el contacto entre el batolito y los esquistos, dada la gran variedad de estructuras y texturas que se observan en este sector. En el sur del área la granodiorita presenta textura predominantemente porfirítica, en una matriz de grano grueso, cuya composición es en su orden de abundancia cuarzo, plagioclasa y feldespato alcalino; los fenocristales de esta roca son minerales máficos, principalmente hornblenda y en una menor proporción biotita. Los tamaños de estos fenocristales alcanzan tamaños hasta de 1 cm. Los cristales de hornblenda se presentan desarrollado un hábito tabular, el tamaño de éstos alcanza hasta 1 cm en sección longitudinal; alterado ligeramente y originando como producto de esta epidota en la mayoría de los casos. La biotita también se presenta en grandes cristales, que alteran posiblemente a clorita. Presenta una gran cantidad de cuerpos de composición gabroide (enclaves), de textura fanerítica de grano fino, los cuales presentan una variedad de tamaños, texturas y formas. Se observan morfologías elípticas, redondeadas y algunas romboidales; sus texturas van de fanerítica de grano grueso, hasta afanítica de grano fino; y sus dimensiones van desde pocos centímetros de diámetro hasta 60 cm (figuras 13-14). Estas facies pertenecen al denominado Batolito de Santa Marta del Eoceno

(Tschanz, 1969). Según INGEOMINAS (2001), estas rocas por su naturaleza, se correlacionan con el Batolito de Santa Marta con edades de cristalización K/Ar de  $50,5 \pm 2,6$  Ma. El magma que dio lugar a este batolito probablemente se generó dentro del cinturón metamórfico durante el último estadio del metamorfismo ocurrido al parecer en el Paleoceno (?), que posteriormente se elevó gradualmente hacia la superficie, lo cual según Tschanz et al. (1969), data del Eoceno (edades K/Ar de  $48,8 \pm 1,7$  Ma. y  $44,1 \pm 1,6$  Ma.).

**Figura 13. A. Enclave máfico granodiorítico, en roca félsica-granitoide rico en cuarzo, B. Vena de textura pegmatítica, rellenando una diaclasa del granitoide C. Roca encajante, esquistos anfibólicos, mostrando plegamiento y fractura. D. Dique cuarzo-feldespático, oblicuo a la foliación del esquistos anfibólicos.**



**Figura 14 A. Cambios de textura y composición en forma de venilla plegada conformada en su mayoría por anfíboles. B. Cristales grandes de anfíbol hornblenda. C. Epidota en venilla como alteración de los anfíboles. D. Venas de cuarzo de 4 cm cortando el cuerpo ígneo de composición tonalita.**



**3.2.1.3. Rocas Sedimentarias.** Las rocas sedimentarias están ausentes en el área de estudio, aunque es posible reconocer depósitos Cuaternarios relacionados con los drenajes que depositaron sedimentos en las llanuras costeras y playas formadas por el transporte de sedimentos causados por el mar. Los depósitos de playa ocurren en varios sectores, incluyendo las bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira, los cuales son algo estratificados y semi-consolidados, con niveles de arena de grano fino y arcilla. La edad de estos depósitos ha sido asignada como Holoceno (Tschanz et al., 1969). Es común la aparición de sedimentos limosos y

arcillosos, principalmente en las zonas de inundación, que resultan de los períodos de lluvia intensa.

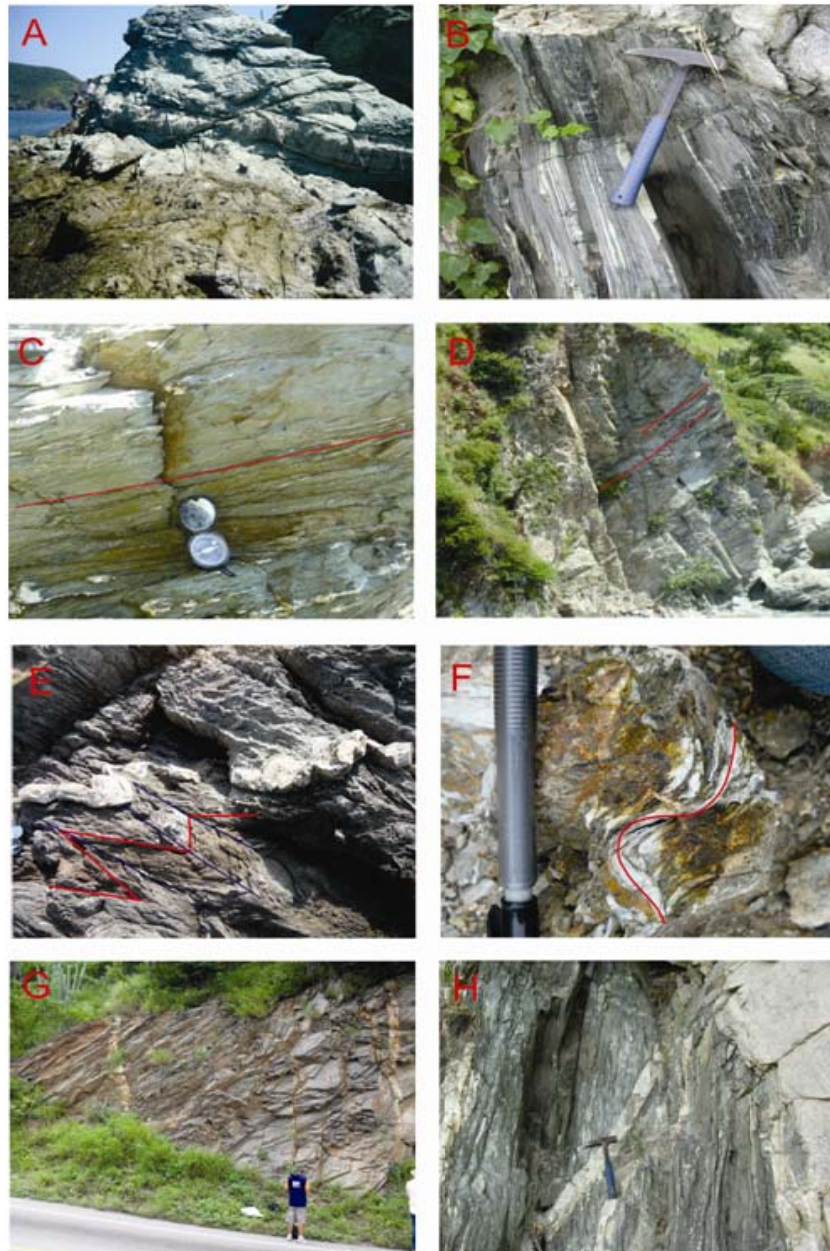
### 3.2.2. Rasgos Estructurales

Dentro del área estudiada se pudo observar estructuras como pliegues, micro fallas y fallas de varios kilómetros las cuales se determinaron en algunos casos por características geomorfológicas y abundante microplegamiento basados en la experiencia en campo, así como información obtenida de la cartografía de la plancha 11 de Santa Marta, entre otras fuentes. Las estructuras observadas en el área de interés son deformaciones características de esfuerzos, que a su vez generaron metamorfismo de grado medio a bajo. Se observa una gran cantidad de diques y diaclasas, debido a los esfuerzos a los que la roca ha sido sometida en dirección a la foliación o en sentido contrario, generando la aparición de microestructuras. La recopilación de datos estructurales (foliación) muestra orientación preferencial NE, detallando aproximadamente 4 fases de deformación dúctil y frágil iniciales dependiendo de la reología de las rocas, los cuales se clasificaron según lo que caracterizan (Tabla 5).

**Tabla 5. Fases de deformación. (Figura 15)**

<b>DEFORMACIÓN</b>	<b>CARACTERISTICA DE</b>
D1	Venas de cuarzo y calcita concordantes con la foliación primaria y afectadas por plegamiento
D2	Formación de esquistosidad y desarrollo de pliegues
D3	Crenulación
D4	Diaclasamiento o plegamiento de las estructuras formadas y relleno de algunas

**Figura 15. A y B. Corregimiento de Taganga Primer evento D1, venas concordantes con la foliación. C y D. Corregimiento de Taganga Segundo evento D2, formación de esquistosidad. E y F. Corregimiento de Taganga Tercer evento D3, desarrollo de crenulaciones. G. Cerro Ziruma y H. El Rodadero, en los dos casos el cuarto evento D4, diaclasamiento y plegamiento según la reología de las rocas, en algunos casos relleno de las estructuras.**



Desde el punto de vista estructural, lo más característico es la existencia de la Falla Jordán, la cual es una estructura de dirección NE de tipo inverso que se bifurca en tres fallas (Taganga, Punta Betín y Rodadero). Existen también diferentes fallas satélites y lineamientos importantes que afectan a la ciudad de Santa Marta y en general al área de interés para esta investigación, los cuales se manifiestan en la presencia de ganchos de falla, sillas de montar y colinas desplazadas, como es el caso de la Falla del Cerro La Gloria.

### **3.2.2.1. Fallas**

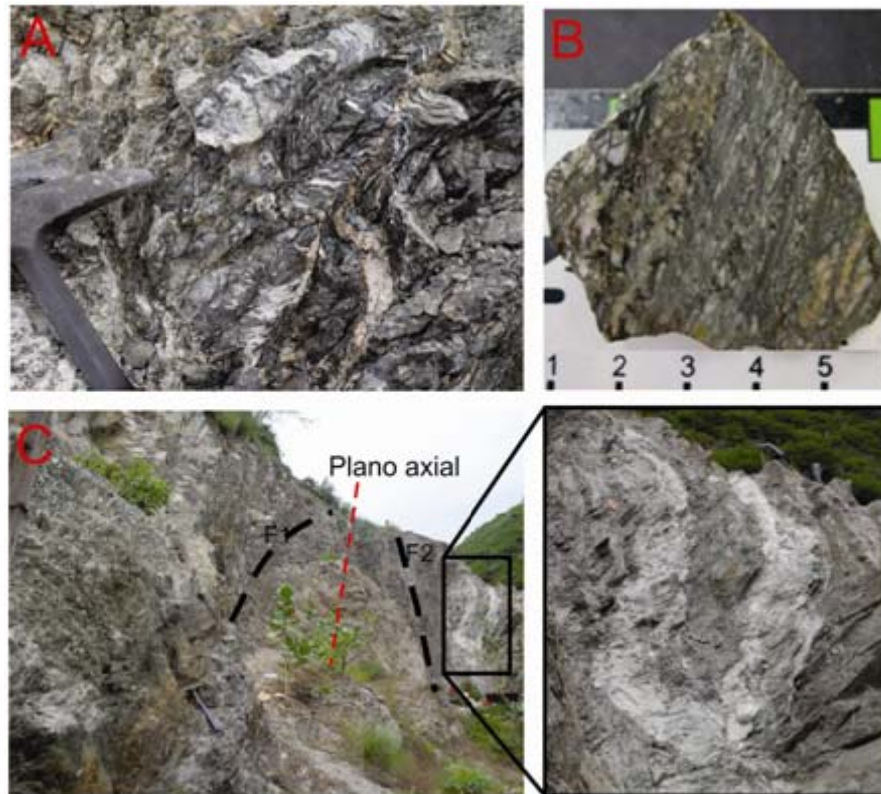
**Falla de Taganga.** Es una falla inversa de alto ángulo con rumbo aproximado de N45°E. Se caracteriza por producir un fenómeno de carbonatación en las filitas de la unidad C formando estructuras de stockworks al igual que milonitización y cataclasis. Esta falla se asume que se extiende hacia el SW de la zona, sin embargo solo se identifica al norte del casco urbano de Taganga (Figura 16). En esta zona se encuentran además rocas fuertemente serpentinizadas y carbonatadas, con formación de grandes cristales de epidota, en el área de influencia de esta falla es considerable la presencia de talco. El relieve generado por esta falla está comprendido desde facetas triangulares, alineación de domos, colinas aserradas, laderas de alta pendiente y una excelente cuenca hídrica en épocas de lluvia.

**Figura 16. Relieve mostrando facetas triangulares generadas por la falla de Taganga afectando la formación C, a la izquierda también se observa una cárcava al parecer generada por el mismo fenómeno.**



**Falla de Punta Betín.** Esta falla se presenta a la altura de Punta Betín, cortando las rocas en sentido casi EW, se evidencia con la presencia de replegamiento, diaclasamiento y en lugares puntuales la formación de estructura milonítica (Figura 17).

**Figura 17. A y B. Mirador de Taganga las rocas evidencian con replegamiento formando estructuras miloníticas los esfuerzos compresivos que a su vez dieron paso a la falla de Punta Betín la cual atraviesa esta zona con dirección casi EW, C. Barrio Pescadito, sobre la vía alterna del ferrocarril, se observa un antiforme tumbado, deformación dúctil y frágil generando diaclasamiento de las rocas y en la mayoría de los casos plegamiento, debido a los mismos esfuerzos compresivos, en el recuadro se muestra una vena talcosa al parecer generada por el metamorfismo de los anfíboles presentes en la misma.**



**Falla El Rodadero.** Esta es una falla bastante grande y de tipo inversa que va afectando a la zona del rodadero, aunque se encuentra cubierta, se evidencia su paso con la deformación evidenciada en las rocas a su paso, de manera que se ha propuesto como un contacto entre las dos litologías metamórficas ubicadas hacia el sur del área. Además según estos estudios se pudo observar que el plano de

falla presentaba una orientación aproximada de N45°E, pero no fue posible rectificar estos datos debido a que se demarco principalmente por geomorfología y el acceso es difícil donde se presume estaría descubierta. Las facetas triangulares mostradas en esta foto, son evidencia de la Falla Rodadero, las cuales son espejos de fallas que muestran el corte producido en una fila montañosa cuando la falla se presenta en forma perpendicular a la dirección de dicha fila montañosa. Tanto la parte hundida como el propio espejo de falla tienen aspecto triangular, de aquí su nombre, los lomos de obturación son crestas desplazadas por la falla hacia el valle (Figura 18).

**Figura 18. Ciudad de Santa Marta, geformas de origen tectónico como facetas triangulares y lomos de obturación que evidencian la Falla Rodadero.**



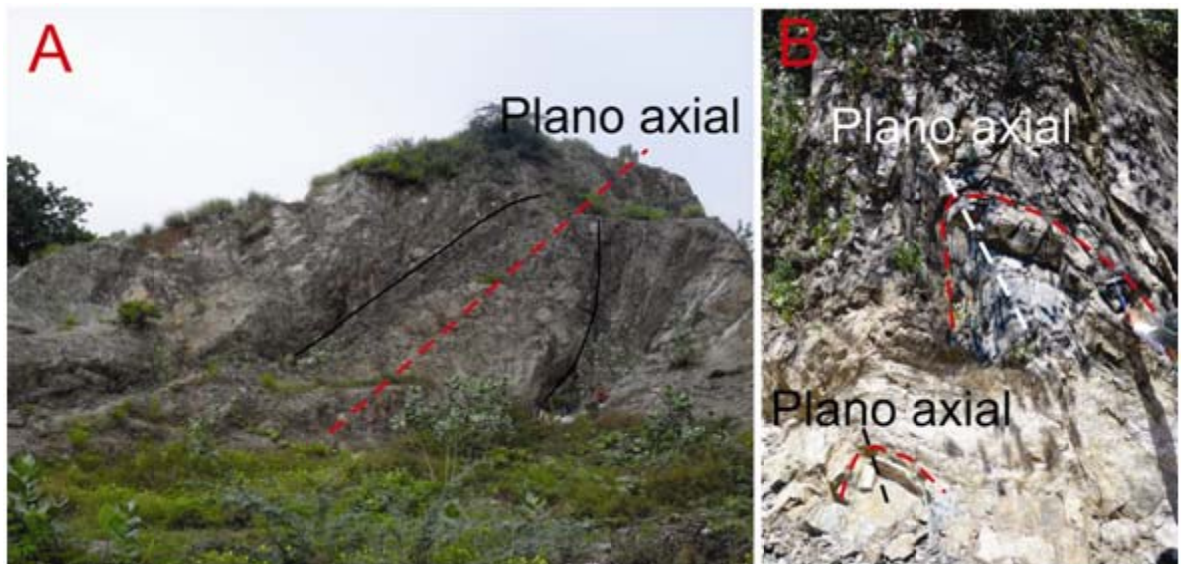
**Falla Cerro La Gloria.** Se identificó fuerte diaclasamiento hacia la zona de acantilados al sur del área de trabajo sobre la unidad de roca ígnea, Batolito de Santa Marta, acompañado de un lineamiento y una topografía característica de falla, todos estos factores acompañados de la interpretación de fotografías aéreas, fueron utilizados para inferir esta falla (Figura 19); asociada a una segunda falla de menor tamaño sobre depósitos cuaternarios, donde se muestra un gran cambio topográfico que presenta un levantamiento fuerte de los domos ígneos.

**Figura 19. Falla inferida geomorfológicamente en el Cerro La Gloria**



**3.2.2.2. Pliegues.** En general en el área de interés de este proyecto, se logró identificar en la mayoría de los casos pliegues a escala de afloramiento, por tanto se dificultó la cartografía, como característica principal de las rocas metamórficas se presenta abundante micro plegamientos que se da debido a la presencia de las fallas ya nombradas, esto indica un alto grado de elasticidad durante la deformación. Hacia la parte norte de la zona, se logró cartografiar un pliegue de tipo anticlinal tumbado de aproximadamente 10m de altura, el cual se encuentra en la entrada del barrio Pescadito en la vía alterna del ferrocarril, en frente del túnel que da hacia la playa de Taganga, las rocas en este lugar presentan microplegamiento, formando estructura cataclástica, en el flanco izquierdo del anticlinal se observó un color verdoso y venas de cuarzo totalmente alteradas presentando color rojizo, las cuales reaccionan de manera más frágil por su reología. Esta deformación afecta esquistos grafitosos-cloríticos-talcosos principalmente (Figura 20A). En el Cerro La Gloria hacia el sur de la zona, se identificaron una serie de plegamientos (Figura 20B) en las pequeñas franjas de esquistos anfibólicos mencionadas, no cartografiables pero determinantes a la hora de evidenciar el efecto del fallamiento en ese lugar.

**Figura 20. A. Antiforme tumbado ubicado en cercanías a la falla de Punta Betín, dos estructuras posiblemente contemporáneas generadas durante un mismo evento compresivo. B. Plegamiento generado por esfuerzos compresivos posiblemente los mismos que generaron la falla del Cerro La Gloria.**



**3.2.2.3. Foliación.** Por lo general las rocas metamórficas tienen una foliación casi constante hacia el sur del área mientras que hacia el norte varía reduciendo un poco su ángulo, su dirección preferencial de norte a sur en el área de interés, va variando aproximadamente de crenulada en Taganga a N35-45°E/58SE en Punta Betín y N55°E/50°SE hacia el sur de Santa Marta, de manera que presentan la misma dirección, pero cambia un poco la inclinación.

**3.2.2.4. Diaclasamiento.** Así mismo en toda el área se presenta del la mano con el plegamiento un alto diaclasamiento, debido a la tectónica del lugar y a la reología de las rocas. Se realizaron las mediciones de algunas de estas familias de diaclasas y los resultados fueron los siguientes: 365/60 -60/58 -165/90 230/76. Las rocas ígneas presentan una meteorización diferencial favorecida por el

desgaste que ha sufrido a lo largo de las superficies de diaclasamiento (Figura 21).

**Figura 21. A. Diaclasamiento en las filitas calcáreas del área de Taganga, B. Diaclasamiento y foliación en cuarcitas y esquistos de anfíbol encontrado sobre el Cerro Ziruma, C. Diaclasamiento y foliación en esquistos de anfíbol posiblemente actinolíticos-tremolíticos sobre el Cerro Ziruma, D. Diaclasamiento y erosión bolar en granodiorita ubicada al sur del área de interés**

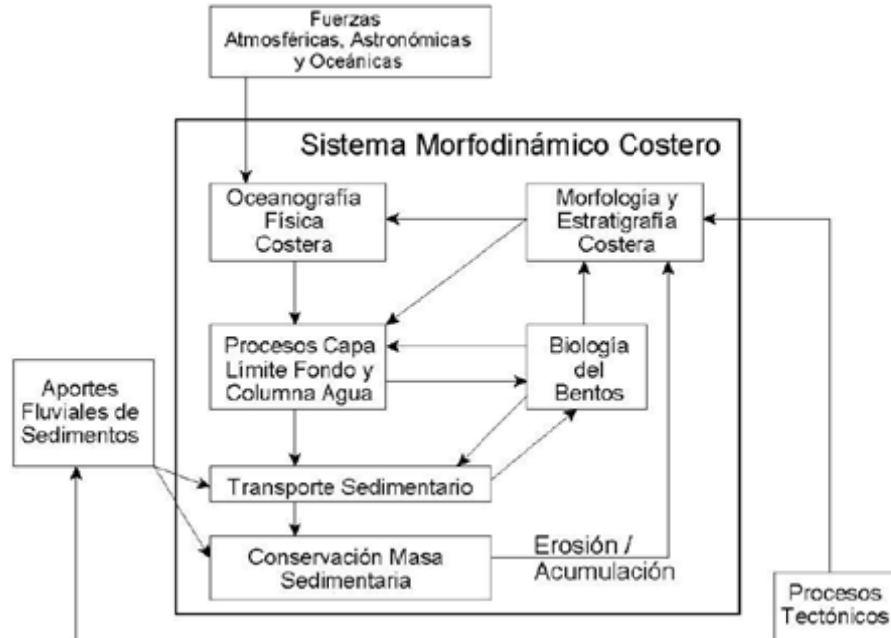


### 3.2.3 Rasgos Geomorfológicos

En el sector costero de la Provincia de Santa Marta, hacia el litoral del Caribe colombiano, se encuentra una zona muy dinámica, debido a que recibe gran material erosionado del continente y transportado por los ríos. Otra condición y como es de esperarse son lugares muy frágiles debido a la erosión continua por acción de los vientos, mareas y oleajes. Estas zonas, gracias a su belleza paisajística, han causado que el hombre las aproveche en beneficio propio, aunque no respetándoles y deteriorándolas, en la mayoría de los casos. Un ejemplo de lo anterior es la fragilidad e inestabilidad de la geomorfología causada por la acción junto factores naturales. A pesar de los cambios a los que está sujeta dicha área, contiene gran interés geocientífico, brindando aportes importantes al estudio de la evolución geológica de la zona. Según Davis (1996), aquí se generan colinas y terrazas debido a que las costas bajas son interrumpidas por macizo montañoso de gran magnitud. La continua evolución de la plataforma continental, los aportes fluviales y la dinámica marina a escala local y global, están relacionados con los procesos geomorfológicos (dinámicos y estructurales) que inciden en ambientes costeros. Condiciones que han ayudado a la formación de la riqueza geológica presente en el área de estudio fueron los efectos tectónicos, causantes de levantamientos y/o hundimientos; Duque y Caro, (1979-1980), propiciando como característica general en las costas del Caribe, que las salientes en el litoral estén asociadas a pliegues anticlinales o a zonas de levantamiento tectónico y por el contrario que las entrantes limitadas por dichas salientes representen pliegues sinclinales asociados a procesos de hundimiento, los cuales están siendo sometidos a procesos transgresivos, acelerando su erosión; por otro lado el fracturamiento intenso que se observa en las formaciones aledañas a la costa Caribe, así como el hundimiento o fallamiento de las áreas vecinas, se presume han sido el resultado del emplazamiento de los domos de lodo en la franja litoral del Caribe.

Los principales elementos del sistema costero para condiciones ambientales “estáticas” o “dinámicas” anteriores, en base a la geología de la región, abundancia y procedencia del sedimento no consolidado junto con la frecuencia, duración y propiedades de los actores erosivos (vientos, olas, mareas, tormentas tropicales, procesos biológicos, procesos químicos y corrientes, los cuales actúan de una manera individual y/o combinada). (Figura 22). Según Wright (1995) entre los principales factores que modelan las costas se encuentran: factores geológicos (ejercen un control litológico y estructural); factores del océano (oleaje, mareas y corrientes litorales); factores propios de un sector de costa (acción eólica, acción fluvial, y acción antrópica); oscilaciones del nivel del mar de orden global (cambio climático global); oscilaciones del nivel del mar de orden local (tectonismo-vulcanismo).

**Figura 22. Elementos constituyentes del Sistema morfo-dinámico costero (Tomado de Wright, 1995).**



Las geoformas presentes en el área de estudio se han dividido para nuestro juicio en dos zonas diferentes según su ubicación: la primera comprende la zona

montañosa y de planicie aluvial, las cuales son formadas por procesos endógenos y posteriormente modificadas por factores exógenos. como la erosión, como por ejemplo la extensa planicie aluvial, donde se encuentra ubicada la ciudad de Santa Marta y el corregimiento de Gaira, con pequeñas elevaciones que se presentan como parte del desgaste erosivo proveniente del macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, y en la cuchilla de Taganga al norte de Santa Marta. La segunda zona comprende las geoformas costeras como playas elipsoidales (forma de bolsillo) producto de la erosión, bio-erosión e influencia marina, acantilados de playa, formación de futuras salientes, pilares, y finalmente formas antrópicas como espolones y rompeolas presentes en la Bahía de Santa Marta. A continuación se describen los diferentes geoformas identificadas en el área de estudio.

#### **3.2.3.1. Geoformas costeras asociadas a depositación**

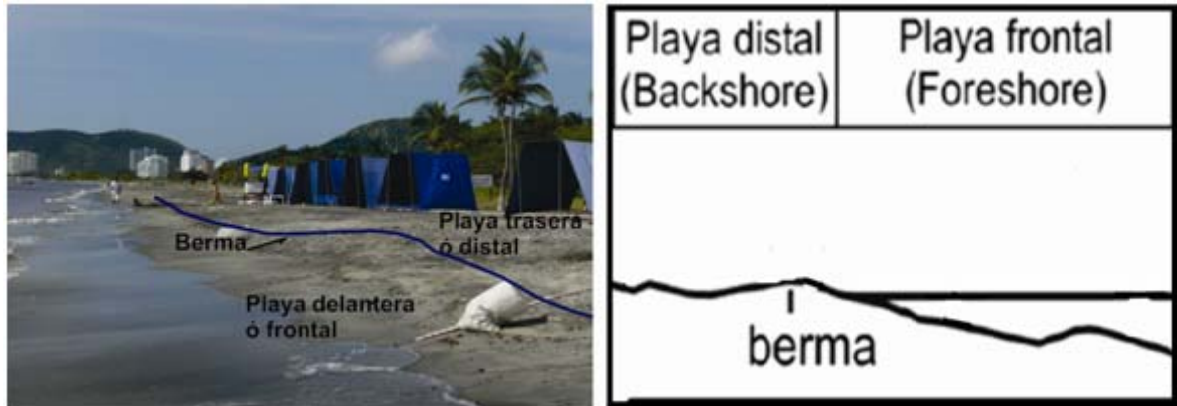
**Playas.** Ecosistemas que se forman por la acumulación de sedimentos no consolidados, los cuales han sido transportados a la costa y moldeados por factores como el agua y el viento, por lo general aparecen en costas abiertas, en las bocanas de los estuarios, desembocadura de ríos, bahías y golfos, se conforman principalmente de material silíceo de origen continental traído por los ríos o por materiales generados como resultado de la erosión costera y de los arrecifes coralinos (Castaño, 2002). Son formaciones arenosas cuya formación está condicionada por la acción erosiva del mar, la calidad de los materiales que en ellas se acumulan según sean tamaños finos o gruesos, las características de las corrientes, mareas, olas y el régimen de los vientos; las playas tienen un límite espacial y temporal debido a su dinamismo, que abarca desde la superficie afectada por las olas hasta la parte sumergida donde incide el oleaje, la dinámica de las corrientes, del viento y de la energía de las mareas y las olas hace variar tanto su forma como su tamaño. (Castaño, 2002), variando su longitud desde metros limitadas por acantilados denominadas playas de bolsillo, hasta kilómetros (ver figura 23).

En la Figura 24 se ilustran las partes de una playa. Las cuales se describen a continuación, según el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Servicio Nacional de estudios Territoriales y el Servicio Oceanográfico Nacional/unidad de geología marina, en general las playas se subdividen en Playa delantera, incluye la zona intermareal y la zona de lavado; termina en tierra con un cambio en la topografía por la acción de las olas; es una superficie más lisa que la playa trasera, está inclinada hacia el mar y puede tener una barra pequeña y efímera llamada barra de lavado. También puede tener un escalón de grava en la marca de marea baja conocido como el escalón sumergido. Playa trasera, se extiende desde la playa delantera hasta donde termina la playa en tierra; generalmente, no está cubierta por agua, está sometida a vientos y sólo durante tormentas está sujeta a oleaje; es horizontal y de superficie rugosa (por la acción de vientos y animales). En períodos erosivos puede estar ausente, en algunas playas está constituida por una berma o escalón de tormenta. Berma, variación en la pendiente de la playa donde se indica un cambio en el litoral activo de una playa, pueden tener diversos tamaños, desde pocos centímetros hasta metros de altura, hay bermas antiguas las cuales indican variaciones en el régimen litoral y bermas jóvenes las cuales están posteriores a la zona húmeda en la playa.

**Figura 23. A) Playa de la Bahía de Taganga que se caracteriza por ser angosta. B) Playa rocosa de bolsillo, ubicada en Punta Betín. C) Playa de la Bahía de Santa Marta. D) Playa ubicada en la Bahía de Gaira. E) Playa rocosa de bolsillo, ubicada en un costado del Cerro La Gloria. F) Playas del Aeropuerto caracterizadas por ser amplias.**



**Figura 24. A). Ubicados en las playas de Partes de una playa que en este caso se caracteriza por ser amplia. B).Dibujo descriptivo de la foto, modificado de Marcos et al. (2009)**



**Zonas de baja inundación.** Son zonas de gran extensión conformadas por antiguos depósitos fluviales, que en temporada de invierno captan cantidades de agua considerables para formar lagos de poca profundidad y en temporada de verano forman grietas de desecación dando lugar a suelos áridos que por el contenido de partículas de tamaño lodo, reaccionan fracturándose dando como resultado formas poligonales. Algunas de estas zonas próximas al mar cuando se da el fenómeno de mar de leva, son cubiertas por agua de mar y forman una especie temporal de lagos salados o lagunas interiores (Figura 25).

**Figura 25. Ubicados sobre el puente del Rio Gaira, pasando las instalaciones de ECOPELROL, en dirección al Rodadero, A) Lagunas intermitentes de poca profundidad, que dependiendo la temporada ocurren cubiertas por agua o por el contrario B). Agrietadas por desecación.**



**Llanuras costeras.** Se observan en el área de estudio depresiones planas o a veces onduladas ocupadas parcialmente por agua; están limitadas en algunos sitios por domos ígneos que interrumpen la extensión de dicha llanura, claro está que el hombre también ha intervenido en esta interrupción. Estas están constituidas por el mismo material fino y muy fino que se encuentra en las playas adyacentes. En algunos sectores la terminación de estas llanuras están constituidas por vegetación y por las construcciones del hombre lo cual puede causar desastres gracias a que no se respeta los espacios en los cuales no se puede construir (Figura 26).

**Figura 26. Sector Pozos Colorados. Llanura costera cercana a la línea de costa (100 m), con desarrollo de suelos arenosos color amarillo claro.**



**Manglares.** Son comunidades vegetales costeras, conformados por arboles que pueden alcanzar según el estado de conservación hasta 20 ó 25 m de altura para el litoral Caribe, las condiciones ambientales donde se encuentran son temperaturas superiores a 20°C, terrenos aluviales de grano fino, áreas libres de la fuerte acción del oleaje y del viento, suaves pendientes de costa y un amplio límite de marea horizontal, evitando la erosión durante los cambios de marea para permitir el ensanchamiento (Castaño 2002), los pantanos de manglar observados en el área de estudio presentan aproximadamente 15 m de ancho y entre 20 a 30 m de largo, en la mayoría de los casos el hombre ha intervenido generando una pérdida notoria en los rasgos geomorfológicos y además han rellenado zonas de manglares produciendo zonas inundables que afectan la estabilidad de la costa (Figura 27).

**Figura 27. A y B) Manglares, se evidencia intervención de la mano del hombre, para efectos de control de la erosión y cuidado de las aguas subterráneas. Sector Lagos del Dulcino y Condominio Sierra Laguna.**



**Dunas.** Las dunas costeras al igual que las playas son ambientes costeros característicos, condicionados por la acción erosiva del mar, la calidad de los materiales que se acumulan allí van desde muy finos hasta muy gruesos, las características de las corrientes y el régimen de vientos, son el resultado de la acumulación de materiales finos y sueltos transportados por los vientos dominantes que se ubican en una zona ancha que bordea la línea de máxima marea y que se puede extender hasta 10 Km hacia el interior (Castaño 2002).

Son sistemas muy frágiles y dinámicos de manera que a medida que avanzan hacia el interior se va degradando su geomorfología ondulada dando paso finalmente a la formación de arenales costeros, las dunas absorben las fuerzas del mar, protegen las zonas internas y sirven de reserva de arena a las playas, además de servir como acuíferos subterráneos gracias a la porosidad y permeabilidad de sus materiales (Castaño 2002).

Según el grado de estabilidad y evolución de las dunas se clasifican en móviles o vivas, rampantes que aprovechan el relieve para ascender, fijas cuando han sido

colonizadas por vegetación que ha frenado su movimiento y dunas fósiles, cuando quedan solo como formaciones superficiales del relieve, (Castaño 2002)

Según el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Servicio Nacional de estudios Territoriales y el Servicio Oceanográfico Nacional/unidad de geología marina, entre las condiciones necesarias para la formación de dunas se mencionan: climas secos, vientos fuertes hacia la costa, abundante aporte de arena y cubrimiento de vegetación; la arena de la playa que levanta el viento puede ser detenida por un obstáculo (rocas, vegetación, construcciones u otras dunas). La velocidad del viento cambia en los alrededores del obstáculo, especialmente la parte trasera, donde comienza a depositarse la arena formando una dorsal paralela al viento. Cuando la duna tapa el obstáculo cesa la depositación de arena ya que la velocidad del viento no es afectada. Para que la duna siga creciendo es necesario mantener el obstáculo, este es el papel de la vegetación que crece a medida que crece la duna. (Figura 28).

**Figura 28. A) En las playas de la Bahía de Santa Marta, cordones de dunas, B) En las playas del Aeropuerto, dunas cubiertas por vegetación**



### 3.2.3.2. Geoformas costeras asociadas a erosión

**Colinas altas.** Las colinas altas están representadas por salientes que para el área de estudio pueden estar compuestas tanto de rocas ígneas hacia el sector sur, como de rocas metamórficas hacia el sector norte del área, son la expresión geomorfológica mas elevada que hace su terminación hacia la línea de costa, entre ellas se incluyen los domos ígneos que se verán a continuación.

**Domos.** Los domos de material ígneo se localizan principalmente hacia el Cerro La Gloria y al sur de esta. Este relieve anticlinal presenta una especie de buzamiento que se dirige en todas direcciones a partir de un punto central. Sobre estos influye principalmente la erosión por escorrentía. Los procesos erosivos a lo largo del litoral son favorecidos por: el oleaje que incide frontalmente sobre los acantilados, causando un derrumbe continuo (bloques caídos); una corriente de deriva litoral débil, que unida a la falta de sedimentos ocasionada por el escaso aporte de los ríos y los materiales de tamaño muy fino en los acantilados, no contribuyen a la formación de playas (Figura 29).

**Figura 29. A y B) Panorámicas del Cerro La Gloria.**



**Acantilados.** Son ambientes producidos por la acción del agua marina en la costa, moldeados por el golpe directo de las olas, se consideran escarpes o

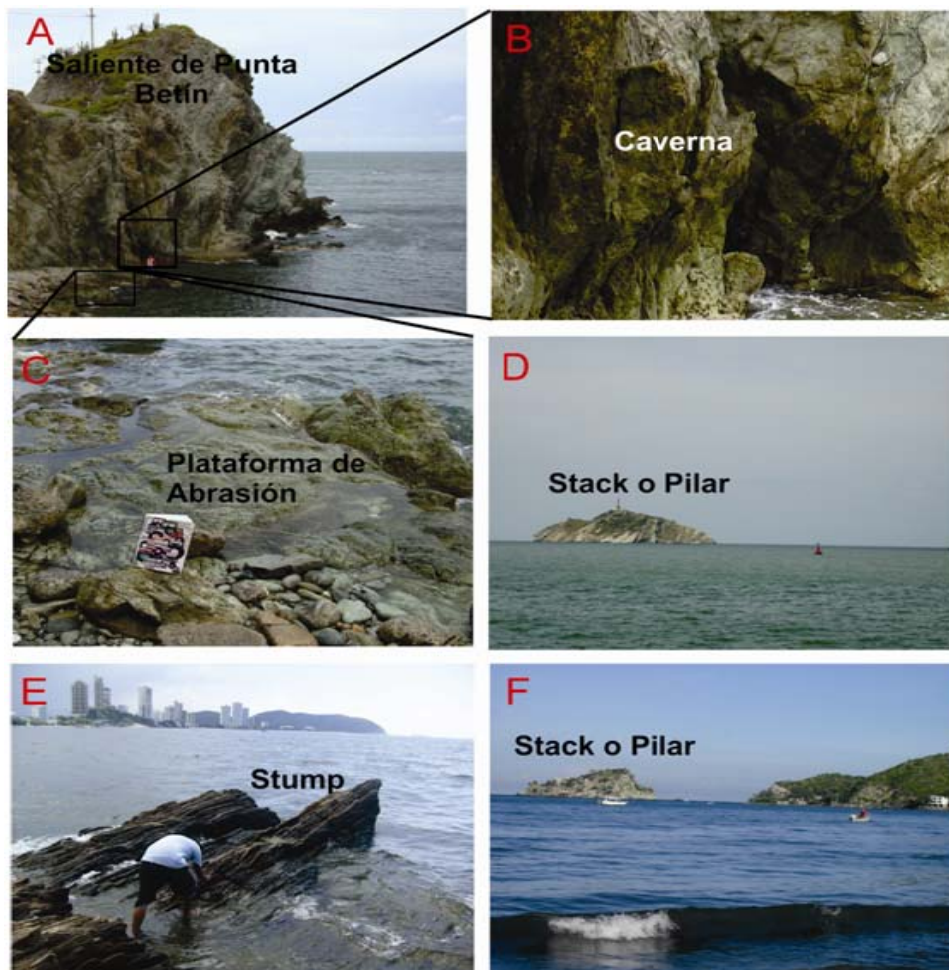
escalonamientos abruptos hacia el mar, que cambian permanentemente, razón por la cual se denominan costas vivas (Castaño, 2007). En la zona de estudio se presentan como estribaciones de domos ígneos y de cerros de rocas metamórficas. La erosión encontrada es somera y se da por las caídas de rocas, deslizamientos eventuales, acción del oleaje (grietas, formas alveolares o planares) lo que en algunos casos sirve para diferenciar los tipos de playas presentes. (Figura 30).

**Figura 30 A y B) Acantilados formados por roca ígnea en límites con el Cerro La Gloria, cuerpos rocosos que evidencian la acción fuerte del oleaje, proporcionando un acantilado vertical de poca altura. C) Acantilado al margen izquierdo de las playas del Rodadero, no homogéneo con baja pendiente compuesto por esquisto anfibólico. D) Acantilado vertical ubicado al lado del C, pero presentando una mayor altura y resistencia al oleaje. E) Acantilado vertical ubicado en el sector de punta Betín. F) Acantilado de baja altura, ubicado en el sector de Taganga en dirección a Playa Grande.**



**Plataformas de abrasión litoral.** Son conocidas también como rasas costera o terrazas de abrasión, son rampas rocosas con una pendiente muy suave (hasta 3°) sujetas a la abrasión marina; la anchura de estas plataformas es variable (km o m), dependiendo de la resistencia que oponga la roca ante la erosión y dinámica de las olas, resultará una plataforma ancha si el material es resistente o angosta si no lo es (Molina et al. 2011). El ancho es variable, pero generalmente se encuentran en la zona intermareal (Figura 31).

Figura 31. A) Ubicados en Punta Betín, se aprecian dos geoformas una plataforma de abrasión y una caverna pequeña. B). Detalle de la cueva proceso inicia para la posterior formación de un pilar. C) Detalle de la Plataforma. D) Pilar de Santa Marta. E) Promontorio ubicado al costado izquierdo de las playas del Rodadero el cual muestra el proceso erosivo que imprime el oleaje sobre las rocas que este caso se van desgastando por sus lugares de debilidad principalmente por su foliación como se observa allí aún queda marcada a manera de fisuras la dirección de foliación. F) Pilar de Gaira, al parecer es un bloque grande desprendido de Punta de Gaira debido a que el oleaje actuó sobre sus a sus planos de debilidad inicialmente haciendo una cueva de lado a lado de la saliente hasta que finalmente ocurre derrumbe del techo y se separa para formar el pilar.



**Cavernas.** Representan cavidades naturales del terreno, otro rasgo erosivo que se forma cuando hay debilidad localizada en un acantilado sometido al fuerte y constante golpe de las olas. (Castaño, 2007). Se denominan cuevas secundarias o epigenéticas debido a que se originan dentro de las rocas después de que ellas mismas se han formado, por procesos en los cuales la roca encajante se descompone (meteorización) y se pierde material por medio de la erosión ([www.elbu.es/index.php/sobre-la-espeleologia/geologia.html](http://www.elbu.es/index.php/sobre-la-espeleologia/geologia.html)). (Figura 31). El dominio estructural presente en la zona de estudio, representado en las fallas y algunas estructuras plegadas sobre el terreno hace parte de los rasgos geomorfológicos importantes presentes en el área. Se observan algunas facetas triangulares, la torsión de divisorias de agua originando ganchos como en el río Manzanares, control de algunos drenajes, generación de deslizamientos y un trazado rectilíneo marcado que evidencian zonas de falla, lo que genera diaclasamiento que intensifica la erosión diferencial en el área. Las zonas más bajas son la expresión de los depósitos cuaternarios, la zona acrecional de relieve plano a ondulado se asocia a la llanura de inundación y sus afluentes, donde se deposita el material aluvial erodado de la Sierra, el cambio hacia la parte montañosa es gradual en algunos sectores y en otros abrupto, evidenciando fallamiento (Falla Jordán)

**Pilares o "Stacks" y Promontorios o "Stumps".** Dentro del proceso de erosión que realiza el mar sobre una zona acantilada, las olas pueden atacar el pie de un acantilado haciendo que se formen cavernas, las cuales pueden unirse con las de lados opuestos hasta formar arcos litorales, los cuales finalmente como consecuencia del desmoronamiento paulatino de su techo llegan a desarrollar remanentes de roca aislados a manera de pequeñas islas rocosas, denominados pilares o "stacks", lo cuales suelen representar porciones más resistentes del antiguo acantilado que pueden sobrevivir por un tiempo hasta formar "stumps", antes de ser destruidos por el mar (Vargas, 2006). Al Suroeste, al frente de Punta Betín se encuentran el pilar del Morrito que corresponden a prolongaciones de la

formación rocosa de Punta Betín. Algunos pilares que no alcanzan a sobresalir por encima del nivel del mar, se convierten en bajos y son una amenaza para cualquier tipo de embarcación que se desplace cerca de la línea de costa. Estos bajos pueden estar marcados en las zonas de Puntas que hoy en día no presentan pilares como Punta Gloria y Punta Gaira. Hacia el sector de Punta Gloria se presenta un pilar costero no mayor de 5 m (Figura 31).

### **3.2.3.3. Geformas costeras asociadas a fallamiento**

**Facetas triangulares.** Son superficies planas inclinadas que han logrado una pendiente en equilibrio con su base alineada o paralela a traza de falla, es la consecuencia de la acción erosiva sobre un escarpe de falla por múltiples corrientes que drenan el bloque levantado (Caballero, 2007). Son una herramienta clave en la determinación de límites de las zonas de levantamiento orogénico (cordilleras más o menos recientes) de las de hundimiento (depresiones o valles de subsidencia) (Figura 32).

**Abanicos aluviales.** Depósitos de detritos clásticos, de forma cónica (Caballero, 2007). Este tipo de sistemas se desarrollan en las zonas aledañas a las porciones que delimitan los escarpes de altos morfológicos, en donde el aporte de sedimentos es mucho mayor y las corrientes son confinadas a valles angostos que se tienen dentro de una cuenca adyacente (Figura 32) en amarillo), como conclusión se asume que los cascos urbanos de Taganga, Santa Marta y Rodadero, están sobre la acumulación de varios abanicos aluviales.

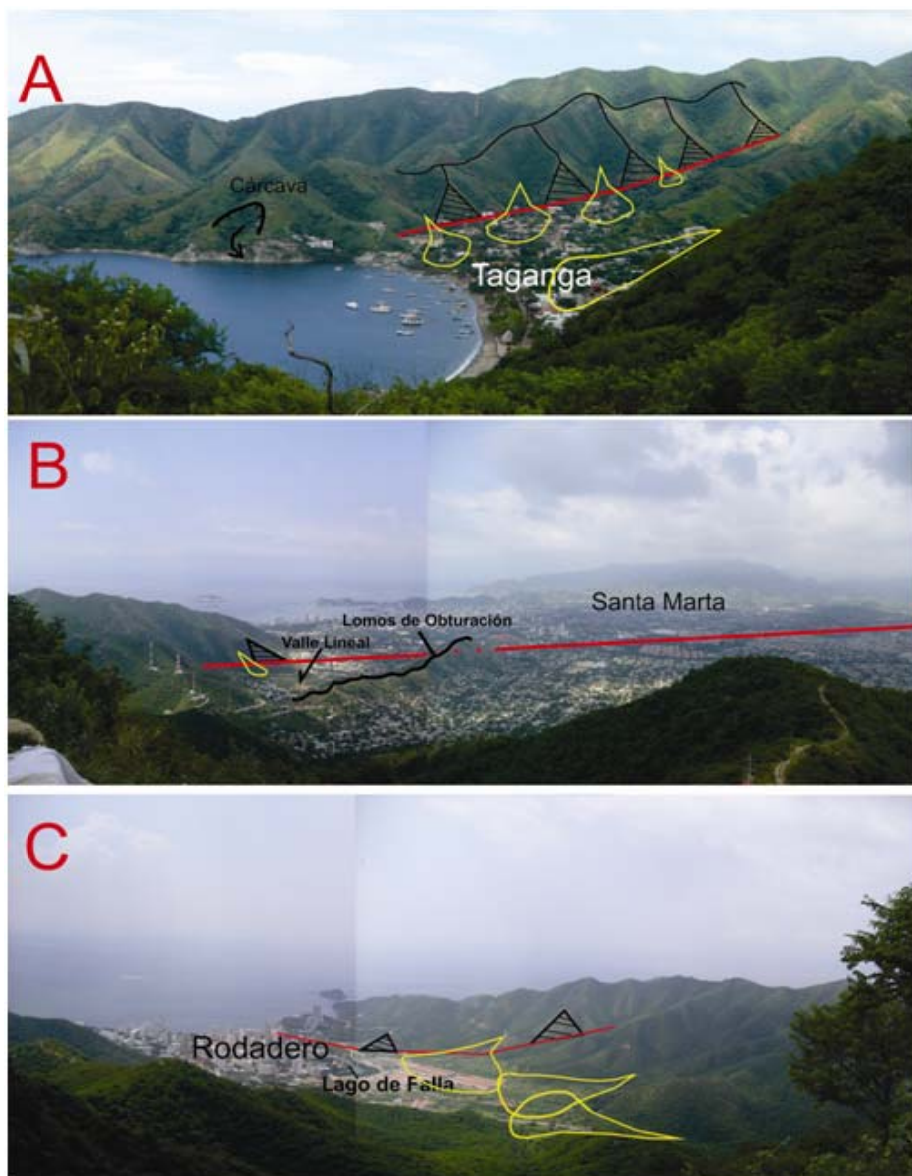
**Lomos de obturación.** Se forman cuando la falla desplaza la topografía del terreno y mueve crestas o lomas en un lado de la falla contra cárcavas o valles en el otro lado de la falla (Caballero, 2007). Estos lomos de presión están relacionados también a corrientes desplazadas. En este caso se evidencian en la Falla El Rodadero (Figura 32B).

**Valles lineales.** Son depresiones a lo largo de la traza principal de la falla (Caballero, 2007). Se forman debido a que el movimiento continuo ha triturado la roca y la ha hecho más propensa a la erosión fluvial, por esto se pueden presentar valles aluviales que siguen estas zonas a veces por buenas distancias. En este caso se evidencian en la Falla El Rodadero (Figura 32B).

**Lagunas de falla.** En la zona de falla se producen depresiones por hundimiento de partes falladas y por presión entre bloques cuando la falla presenta sinuosidades en su traza (Caballero, 2007), en este caso se evidencia en El Rodadero (Figura 32C).

**Cárcava.** Hacia el sector de Taganga se observa una cárcava antigua estabilizada por vegetación disectando parcialmente una de las facetas triangulares formadas por la falla (Figura 32A).

**Figura 32. Las facetas triangulares se muestran como triángulos rayados, el inicio de los abanicos aluviales en amarillo y las fallas en rojo. A) En el sector de Taganga se observan facetas triangulares, abanicos aluviales, la Falla de Taganga y una cárcava disectando una faceta triangular. B) En el área de Santa Marta se observan facetas triangulare, abanicos aluviales, lomos de obturación y un valle lineal como resultado de la falla de Rodadero. C) En el área de El Rodadero se observan facetas triangulares, abanicos aluviales y un lago de falla como resultado de la Falla El Rodadero.**



#### 4. IDENTIFICACIÓN, VALORACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LUGARES DE INTERES GEOLÓGICO (LIG)

La identificación de LIGs permitió inicialmente obtener una lista de 32 LIGs potenciales, y a través de filtrados sucesivos por parte de un análisis de la viabilidad y consulta a los directores, se redujo a 12 LIGs. Después de la evaluación de estos LIGs, la encuesta permitió conocer no solo el criterio de algunos expertos sobre los LIGs seleccionados, incluyendo la variedad de categorías temáticas y posibles actividades a realizar sino también los atractivos adicionales que a juicio de ellos puede tener cada LIG. En total se obtuvieron 15 encuestas, cuyos datos se procesaron sumando los 15 resultados para cada uno de los parámetros establecidos en cada LIG, según se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6. Suma total para cada parámetro en cada LIG encuestado.**

LIG	Rar	BEPG	IC	VCT	Acc	Fra	Seg	PAR	CA	EC
1	38	46	40	50	70	36	58	55	41	47
2	49	46	48	40	53	45	47	55	34	44
3	26	44	38	41	64	37	59	34	45	43
4	33	56	44	37	29	46	41	43	53	51
5	41	59	51	49	63	34	47	51	34	24
6	37	43	40	36	64	31	56	31	36	34
7	31	42	43	41	34	38	33	44	40	45
8	25	39	33	32	66	52	41	40	44	49
9	38	56	54	39	32	40	29	29	-42	-5
10	46	44	41	39	37	47	9	33	-3	5
11	47	50	43	45	72	37	54	53	52	54
12	48	54	55	54	45	50	43	57	54	48

Con base en el porcentaje que cada parámetro iba a tener (Tabla 6), se multiplico la suma total de cada parámetro por el porcentaje correspondiente. Por ejemplo, el parámetro rareza se le estableció un porcentaje de 10% y para el LIG1 la suma

total de todos los encuestados es 38 entonces el valor a se obtendría así:  $38 * 0.1 = 3.8$ . Y en los casos que la suma de los parámetros fuera negativa se opto por dejar un valor de 0. Todos los resultados de dichas multiplicaciones están expresados en la Tabla 7.

**Tabla 7. Representa el procesamiento de datos para la jerarquización de los LIG.**

LIG	Rar	BEPG	IC	VCT	Acc	Fra	Seg	PAR	CA	EC	Tlig	Porcentaje T
1	3.8	6.9	6	5	3.5	1.8	2.9	2.75	8.2	4.7	45.55	60.73333333
2	4.9	6.9	7.2	4	2.65	2.25	2.35	2.75	6.8	4.4	44.2	58.93333333
3	2.6	6.6	5.7	4.1	3.2	1.85	2.95	1.7	9	4.3	42	56
4	3.3	8.4	6.6	3.7	1.45	2.3	2.05	2.15	10.6	5.1	45.65	60.86666667
5	4.1	8.85	7.65	4.9	3.15	1.7	2.35	2.55	6.8	2.4	44.45	59.26666667
6	3.7	6.45	6	3.6	3.2	1.55	2.8	1.55	7.2	3.4	39.45	52.6
7	3.1	6.3	6.45	4.1	1.7	1.9	1.65	2.2	8	4.5	39.9	53.2
8	2.5	5.85	4.95	3.2	3.3	2.6	2.05	2	8.8	4.9	40.15	53.53333333
9	3.8	8.4	8.1	3.9	1.6	2	1.45	1.45	0	0	30.7	40.93333333
10	4.6	6.6	6.15	3.9	1.85	2.35	0.45	1.65	0	0.5	28.05	37.4
11	4.7	7.5	6.45	4.5	3.6	1.85	2.7	2.65	10.4	5.4	49.75	66.33333333
12	4.8	8.1	8.25	5.4	2.25	2.5	2.15	2.85	10.8	4.8	51.9	69.2

Luego se sumaron los resultados de las multiplicaciones de cada parámetro en cada uno de los LIG para obtener el porcentaje total (Tlig en la Tabla 7). Finalmente, con el resultado anterior y sabiendo que el máximo valor a obtener es 75 que corresponde al 100%, se realizo una regla de tres simple. Por ejemplo, para el primer LIG el Tlig fue 45.55 entonces:  $(45.55 * 100) / 75 = 60.733333$ . El resultado de cada uno de los porcentajes de cada LIG se muestra en la Tabla 7. Como resultado de lo anterior se obtuvieron 10 LIGs en los que coincidían la mayoría de los encuestados y que tienen un gran potencial para ser considerados como LIGs: 2 con un excelente porcentaje (LIGs 11 y 12), 5 con un porcentaje muy bueno (LIGs 1, 2, 3, 4 y 5) y 3 con un porcentaje bueno (LIGs 6, 7 y 8). Por otra parte, se obtuvieron 2 LIGs, que a juicio de los encuestados no cumplen con el criterio potencial de uso para ser considerados como LIGs (LIGs 9 y 10). Sin

embargo, estos presentan puntajes altos en los demás criterios, lo que los mantiene dentro de la selección (Tabla 7). Otro ítem tocado en la encuesta fue la variedad de categorías temáticas que resalta en cada sitio y las que más se repitieron para cada LIG fueron las siguientes:

LIG 1: Geomorfología y Estructural.

LIG 2: Paleontología y Mineralogía

LIG 3: Petrología Ígnea y Estructural.

LIG 4: Petrología Ígnea y Geomorfología.

LIG 5: Petrología Ígnea y Petrología Metamórfica.

LIG 6: Petrología Ígnea y Petrología Metamórfica.

LIG 7: Petrología Ígnea y Petrología Metamórfica.

LIG 8: Estructural y Petrología Metamórfica

LIG 11: Petrología Metamórfica y Mineralogía.

LIG 12: Petrología Metamórfica.

En la jerarquización de LIGs, estos se ordenaron de mayor a menor según el porcentaje obtenido y se expondrán las características por las cuales se llegó a este resultado:

1. LIG 12. Los resultados obtenidos en cada uno de los criterios para este punto fueron constantes y con un valor alto, por eso es el sitio que presenta las mejores condiciones a criterio de los encuestados.
2. LIG 11. Los valores de la mayoría de los parámetros para cada uno de los criterios fueron muy buenos, solo en el criterio potencial de uso en el parámetro de fragilidad se obtuvo un valor malo pero en este mismo criterio el parámetro accesibilidad resalto en su valor.
3. LIG 4. La mayoría de los parámetros obtuvieron un buen valor, aunque hubo excepciones con la accesibilidad, rareza y la variedad de categorías temáticas. Pero en general los tres criterios en conjunto alcanzaron un buen porcentaje.

4. LIG 1. Los valores para la mayoría de los parámetros fueron buenos, aunque con algunas excepciones que fueron compensadas con buenos valores de otros parámetros dentro del mismo criterio.
5. LIG 5. El criterio grado de amenaza en sus dos parámetros obtuvieron valores bajos aunque no muy malos. Los otros dos criterios si obtuvieron buenos valores.
6. LIG 2. Parámetros aleatoriamente, con valores bajos, pero en general el resumen de cada criterio es bueno.
7. LIG 3. Parámetros aleatoriamente que tuvieron valores bajos, pero en general el resumen de cada criterio es bueno.
8. LIG 8. Los resultados obtenidos reflejan que el valor obtenido en los distintos parámetros fue bueno aunque no con valores que sobresalieran y satisficieran lo valores esperados.
9. LIG 7. El valor obtenido en los distintos parámetros fue bueno aunque no con valores que sobresalieran y satisficieran lo valores esperados.
10. LIG 6. El valor obtenido en los distintos parámetros fue bueno aunque no con valores que sobresalieran y satisficieran lo valores esperados. A criterio de los encuestados no pueden ser un LIG.
11. LIG 9. El criterio grado de amenaza en sus dos parámetros, obtuvo valores negativos, lo que indica que tanto la calidad ambiental como el estado de conservación, no son óptimos para considerar este sitio como un LIG. Teniendo en cuenta los otros dos criterios, tampoco reflejan una alta aceptación en los encuestados. Aunque el criterio “Valor Intrínseco” obtuvo un valor bueno en conjunto de todos sus parámetros, tampoco alcanza al valor esperado. A pesar de la mala calificación a este lugar se sugiere dentro del itinerario como un lugar opcional por el público con espera de cualquier sugerencia para su mejora o si es el caso un no definitivo a su uso.
12. LIG 10. El criterio grado de amenaza obtuvo un valor muy malo y además a esto otro parámetro de un criterio diferente también obtuvo un valor malo, lo cual indica a juicio de los encuestados que este punto presenta muchas

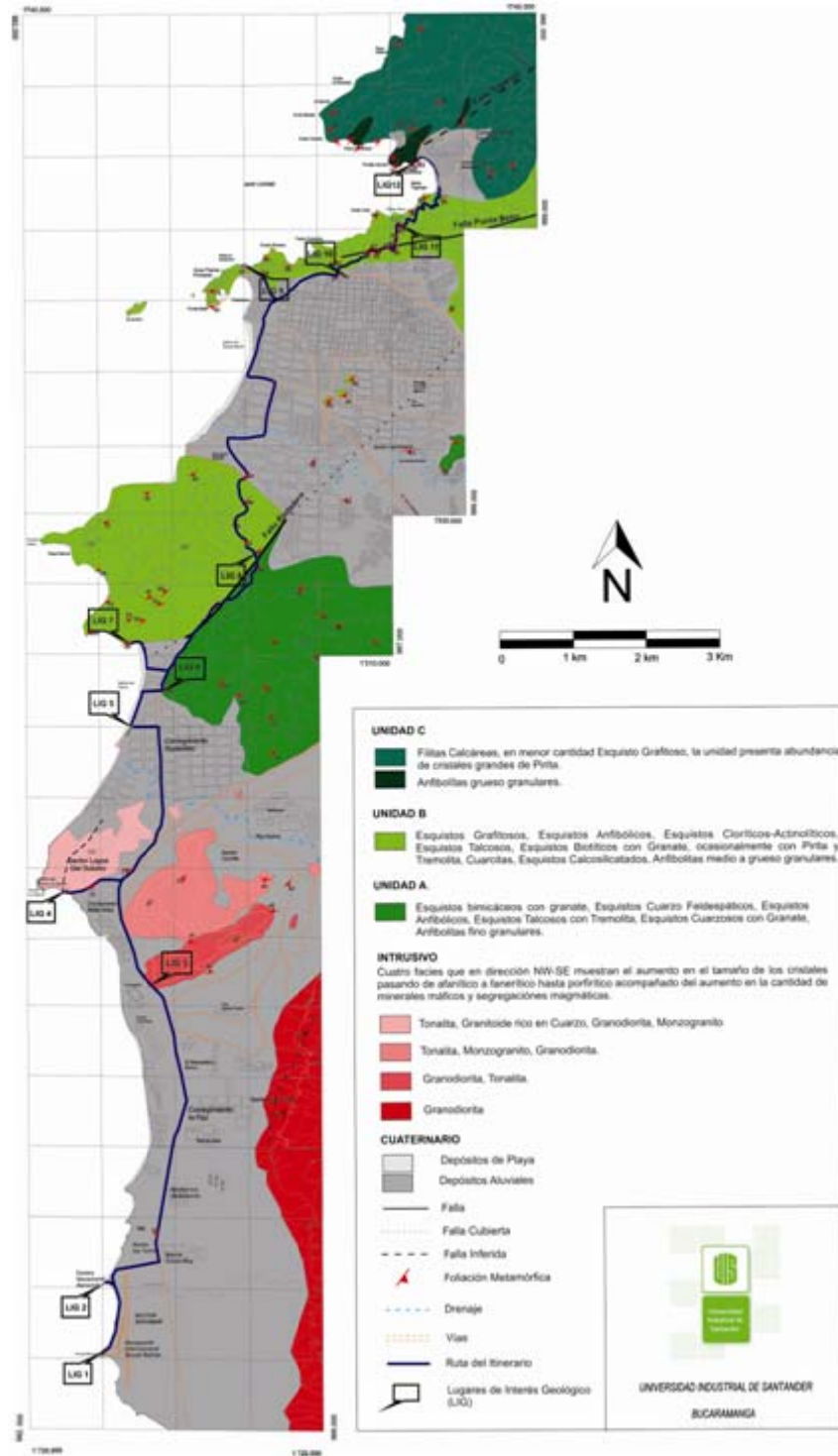
dificultades para ser un LIG. Claro está que este punto haciendo campañas ecológicas y sociales podría rescatarse para hacer un mejor uso de él.

## **5. ITINERARIO GEOLÓGICO DE LA FRANJA COSTERA ENTRE EL AEROPUERTO INTERNACIONAL SIMÓN BOLÍVAR Y LA BAHÍA DE TAGANGA, PROVINCIA DE SANTA MARTA**

El recorrido a lo largo de la franja costera comprendida entre el Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar” y la Bahía de Taganga nos permite realizar un viaje fascinante hacia el pasado geológico de nuestro planeta a través del desarrollo de paradas que representan LIGs, en los que la historia geológica queda escrita para siempre en las rocas que afloran allí. El desarrollo de diversas investigaciones en esta región ha contribuido al conocimiento no solo de su geología sino también de su evolución histórica. El itinerario geológico tiene como objetivo general no solo difundir la riqueza geológica de la franja costera comprendida entre el Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar” y la Bahía de Taganga, particularmente de su fantástica geomorfología costera, sino también visitar los LIGs de esta región que ofrecen la oportunidad de resolver problemas geológicos y mostrar su contexto geológico, atendiendo especialmente a sus rasgos estratigráficos, tectónicos y geomorfológicos. Los participantes pueden explorar la información disponible acerca de cada una de las paradas a realizar. Por lo tanto, se ha programado un itinerario con varias paradas, cuyo recorrido se ilustra en el mapa de ruta y se describe a continuación. Los LIGs han sido previamente valorados y escogidos para desarrollar el presente Itinerario Geológico, donde se podrán hacer recorridos cortos pero sustanciosos si de conocer, aprender y disfrutar se trata, pudiéndose hacer en vehículo propio de manera muy segura, con el fin de hacer el reconocimiento de cada LIG y en esa medida aportar si es necesario o debatir lo descrito en este texto. El itinerario geológico (Figura 33) que se propone consta de 12 paradas y está diseñado para realizarse en un día. Los LIGs de observación se han seleccionado cercanos a la carretera y accesibles a través de cortas caminatas. Los LIGs a visitar cuentan con espacio para el parque de un autobús, aunque a veces el espacio es un tanto limitado y debe tenerse destreza para el

parqueo. Es necesario tener mucho cuidado si hay que cruzar la calzada. Para la realización del itinerario geológico, se tomará la Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90), vía paralela a la costa sobre el Mar Caribe que une a las ciudades de Turbo (Antioquia) y Paraguachón (La Guajira). Sobre esta vía, aproximadamente 16 km después de atravesar el municipio de Ciénaga, se encontrará una desviación a la izquierda que conduce al Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar”, desde donde comenzara el recorrido, realizándose las paradas 1 y 2. A partir de la intersección entre esta desviación y la Ruta Nacional 90, se continuará hasta la parada 3, cerca a las instalaciones de Ecopetrol. Adelante de Ecopetrol y cruzando el puente elevado sobre la vía del ferrocarril se encontrara una desviación a la izquierda que conducirá al condominio Sierra Laguna (parada 4), desde donde se realizará una caminata a Punta La Gloria. A 6,5 km de la desviación al terminal aéreo se encontrará la Y, a partir de la cual, la desviación a la derecha (Ruta Nacional 90) conduce a la ciudad de Santa Marta y la desviación a la izquierda conduce a El Rodadero, un destino turístico bastante popular entre los turistas colombianos y extranjeros. En el recorrido se tomara la vía (carrera 17) que conduce a El Rodadero (paradas 5-7), atravesando el Corregimiento de Gaira, se ascenderá a el Alto de Ziruma (parada 8) a partir del cual se descenderá hasta el Batallón José María Córdova, ingresándose a Santa Marta por la carrera 4 hasta alcanzar la calle 22, intersección a partir de la cual se ingresara a través de una caminata a la Bahía de Santa Marta. Al final de esta bahía se encontrará la Sociedad Portuaria desde donde podrá accederse al Mirador de Punta Betín (parada 9). El recorrido continuara a lo largo de la calle 2A hasta alcanzar la carrera 11 en el barrio Pescaíto (parada 10) desde donde se toma la vía a Taganga, la cual atraviesa el Alto de Taganga y el Mirador de Taganga (parada 11). El recorrido terminara en la parada 12, a partir de la cual se realizara una caminata por una zona acantilada en dirección a Playa Grande.

**Figura 33. Mapa de localización del itinerario geológico de la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la bahía de Taganga, Provincia de Santa Marta. (Anexo 3)**



## **Estación 1. Plataforma de abrasión elevada frente a la zona de parqueo del Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar”**

### **Lugar:**

Sobre las playas del aeropuerto internacional Simón Bolívar. Iniciando el itinerario en la parte sur del área de interés.

### **Acceso:**

Ingresando a Santa Marta por la vía Nacional después de dejar Ciénaga encontramos dos vías de las cuales una a la derecha nos lleva a la ciudad de Santa Marta y otra a la izquierda nos lleva hacia las playas del Rodadero. Tomando la vía izquierda en dirección al Rodadero se hace un recorrido de 5 km hasta encontrar un cruce a la izquierda el cual nos lleva al Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar” y a sus playas, donde inicia el itinerario.

**Coordenadas: X=1721255; y=982956; Z=9m.**

### **Material y Edad:**

Cuerpo ígneo intrusivo félsico de tipo Granodiorita correlacionado con el Batolito de Santa Marta, del Eoceno según Tschanz et al. (1969); Herrera et al. (2008).

### **Características:**

Ubicados en la zona intermareal sobre una plataforma de abrasión rasgo geomorfológico asociado a un acantilado (Martínez, 1992). Por el retroceso de un acantilado preexistente, han quedado relictos de un afloramiento rocoso que fue debastado por la fuerte y continua acción del oleaje, que golpea directamente las rocas, dicha acción erosiva luego de un largo tiempo finalmente genera lo que actualmente se tiene en el lugar, denominado también rasa costera o terraza de abrasión. Esta geoforma de origen marino mide entre 3 y 8 metros, medida que se relaciona con la dureza de la roca y las olas a las que ha estado expuesta.

La roca se identificó como granodiorita con presencia de enclaves máficos los cuales se formaron por desmezcla magmática, debido a la interacción entre dos magmas uno de composición ácida y otro de composición más básica. La roca en general tiene alto contenido de minerales como cuarzo y plagioclasa los cuales le dan el color felsico característico al afloramiento, los minerales máficos que la conforman son principalmente hornblenda y biotita, aunque también se encuentra espinela y epidota en menor cantidad, se puede apreciar una textura porfírica con una muy leve orientación principalmente en los minerales máficos debido a la baja resistividad a los esfuerzos en comparación con otros minerales como el cuarzo; los esfuerzos distensivos que ha sufrido la roca en este lugar han dejado evidencias como microfallas normales las cuales han desplazado hasta 10 cm las venas de cuarzo y plagioclasa.

Desde este LIG se observan dos de los ambientes costeros más característicos, playas y dunas.

Las playas observadas en el aeropuerto son de gran longitud y baja pendiente, alimentadas por arenas finas principalmente. Como resultado de la acumulación de dichas arenas sueltas y el transporte eólico, se ha formado una zona que bordea la línea máxima de marea extendiéndose hacia el interior, denominada sistema dunar (Castaño, 2007). Los cordones de dunas encontrados en este LIG presentan crestas onduladas y como principal característica están en proceso de cubrimiento vegetal, sirviendo como sector recreativo, hábitat de variadas especies y reserva de arena para la costa, además son considerados como la mejor protección contra fuertes tormentas, motivos por los que se deben proteger (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Servicio Nacional de Estudios Territoriales y Servicio Oceanográfico Nacional/Unidad de Geología Marina). (Figura 34).

A lo lejos se destacan llanuras de playa que siguen a los cordones de dunas, presentan un mayor cubrimiento de vegetación, abanicos aluviales, colinas bajas y redondeadas de pendientes suaves a moderadamente inclinadas generalmente sin suelo (Idarraga et al., 2011), conformadas por rocas ígneas pertenecientes al Batolito de Santa Marta.

Figura 34. A. Plataforma de abrasión de aprox. 250 m sobre las playas del aeropuerto internacional Simón Bolívar. La litología corresponde al denominado en este trabajo como Intrusivo correlacionado con el Batolito de Santa Marta (cuerpo ígneo intrusivo félsico, Granodiorita), presenta enclaves máficos. B. Roca ígnea granodiorítica con diques pegmatíticos, secuencia afectada por microfallas normales de poco desplazamiento C. Enclave máfico de forma subredondeada de unos 25 cm, generado por segregación de los minerales máficos D. Playa amplia caracterizada por tener una pendiente baja de 3 a 5° de inclinación, al margen derecho se observa una llanura de playa mostrando antiguos cordones de dunas que posteriormente fueron cubiertos por vegetación.



## **Estación 2. Arrecife coralino sobre plataforma de abrasión en Punta La Loma, Aeropuerto Internacional “Simón Bolívar”**

**Lugar:** Saliente geográfica sobre la plataforma de abrasión de la costa. Donde se ubica el Centro Vacacional Aerocivil.

### **Acceso:**

Caminando a 1000 m del aeropuerto internacional Simón Bolívar por la línea de costa en dirección norte hacia el cerro la Gloria.

**Coordenadas:** X=1721649; Y=983070; Z=7m.

**Material:** Carbonato cálcico, coral pétreo orden Scleractinia tipo: *colpophyllia natans*, Coral pétreo tipo cerebro: *colpophyllia natans*.

### **Características:**

Aquí se observa una saliente geográfica sobre una barrera de arrecifes coralinos llamada también plataforma de abrasión, conformada por carbonato cálcico, de aproximadamente 25 metros de ancho por 40 metros de largo y proyectándose hacia aguas más profundas. En este sector se aprecian corales pétreos (duros) llamados también verdaderos o escleractinios orden Scleractinia a este tipo de corales corresponde el coral de cerebro *colpophyllia natans*. Estos corales se dieron entre 6 y 12 metros de profundidad (Figura 35).

Von Erffa & Geister (1976) hacen referencia a la ocurrencia de un huracán en el NW del Mar Caribe que produjo un fuerte oleaje causante de la erosión de esta saliente. Esto trajo como consecuencia la emergencia del sustrato rocoso de esta punta, el cual está incrustado por corales arrecifales de tipo Coral pétreo orden Scleractinia tipo: *Colpophyllia natans* y Coral pétreo tipo cerebro: *colpophyllia natans*, cubierto por una arena cementada.

Desde este LIG se alcanzan a distinguir diferentes geoformas, entre ellas un abanico aluvial, el cual hace parte de la unidad descrita en el LIG anterior; colinas de pendientes suaves a moderada, con desarrollo de crestas redondeadas típicas de rocas ígneas intrusivas correlacionables con el Batolito de Santa Marta denominado por Tschanz et al. (1969), que sobresalen sobre dicho abanico aluvial, junto con los acantilados de pendientes abruptas casi verticalizados y baja altura que se generan por el golpe continuo de las olas sobre estas rocas; playas angostas en algunos sectores donde por factores antrópicos no permiten el desarrollo de su amplitud natural.

**Figura 35. A. Saliente Punta Micos, conformada por carbonato calcico. (plataforma de abrasión coralina) B. Coral pétreo orden Scleractinia tipo: Colpophyllia natans C. Coral pétreo tipo cerebro: colpophyllia natans. D. Playa angosta cuyo desarrollo está siendo afectado por factores antrópicos, aumento del oleaje que como se observa está generando erosión.**



### Estación 3. Pozos Colorados

#### Lugar:

Al margen derecho de la vía que va del Aeropuerto internacional simón Bolívar al corregimiento el Rodadero más conocida como la vía Ciénaga – Santa Marta.

**Acceso:**

Dentro del restaurante Puerto Esperanza, 200 m antes del ingreso principal a las instalaciones de Ecopetrol, costado derecho de pozos colorados.

**Coordenadas: X=1726297; Y=983690; Z=14m.**

**Material y Edad:**

Cuerpo ígneo intrusivo félsico de tipo Granodiorita correlacionado con el Batolito de Santa Marta, del Eoceno según Tschanz et al. (1969); Herrera et al. (2008).

**Características:**

Afloramiento de roca ígnea félsica de composición granítica con presencia de enclaves máficos, los cuales siguen el lineamiento de la roca. En el afloramiento se diferencian 3 familias de diaclasas con las siguientes direcciones: 110/70; 252/89; 8/64. El afloramiento se encuentra dentro de un domo ígneo intrusivo cuyas laderas presentan baja pendiente y forma redondeada, producto de la meteorización esferoidal la cuál se produce cuando los fragmentos angulares de roca son atacados por agua que fluye a través de diaclasas, los fragmentos tienden a tomar una forma esférica. Litológicamente el cuerpo corresponde a una granodiorita color gris claro el cual presenta enclaves máficos redondeados y subredondeados de diferentes tamaños y formas lo que nos indica posibles etapas tardías de cristalización. “Sin embargo no puede descartarse que existan varios pulsos magmáticos o bien mezcla de magmas unidades que aparecen hoy formando el batolito como una sola unidad” (Herrera et al., 2008). El cuerpo granítico presenta una textura fanerítica con tamaño de cristales de 2 a 3 mm (grosso). La relación entre cara de los cristales se observan diferentes en todo el cuerpo (alotriomórfica). Mineralógicamente el cuerpo granítico se compone de cuarzo plagioclasa feldespato potásico hornblenda biotita granate en menor proporción. Presenta enclaves máficos de diferentes tamaños lo que nos indica posibles etapas tardías de cristalización, morfológicamente son elipsoidales a

subredondeados y ocasionalmente irregulares con tamaños que van desde 10cm a metros. El suelo adyacente corresponde a un suelo de tipo gravoso 2-3 (mm) procedente del cuerpo ígneo granítico (Figura 36). Desde este LIG es posible apreciar la ocurrencia de las siguientes geoformas, definidas por Idárraga et al. (2011): montañas con pendientes fuertemente inclinadas, abanicos aluviales, llanura costera y colinas altas con pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, Las crestas de las montañas son sinuosas y levemente redondeadas típicas de rocas ígneas; comúnmente se observan grandes escarpes. Esta unidad domina la parte suroriental de la zona de estudio a manera de un cinturón rocas ígneas intrusivas de composición granodiorítica a diorítica del Batolito de Santa Marta, y prolongándose en dirección NE. Se caracteriza por presentar un metamorfismo incipiente evidencia de que se emplazo cuando la etapa de metamorfismo regional todavía no había finalizado.

Figura 36. A. Afloramiento ubicado dentro del restaurante Puerto Esperanza, al margen derecho de la vía Ciénaga-Santa Marta, en dirección Norte. B. Afloramiento, de roca ígnea intrusivo félsico de tipo granodiorita afectado por erosión esferoïdal o bolar. C. Enclave máfico de 12 cm. característico de este intrusivo. D. Llanura costera de inundación, con abundante vegetación. Ubicada al margen contrario de la vía.



#### Estación 4. Lagos del Dulcino

Lugar:

Entre el condominio Sierra Laguna y Cerro La Gloria.

**Acceso:**

Siguiendo la vía hacia el Corregimiento del Rodadero, sobre el cerro la Gloria, se hace el ingreso a las playas y los acantilados aledaños al Condominio Sierra Laguna.

**Coordenadas: X= 1727586; Y= 982507; Z= 15 m.**

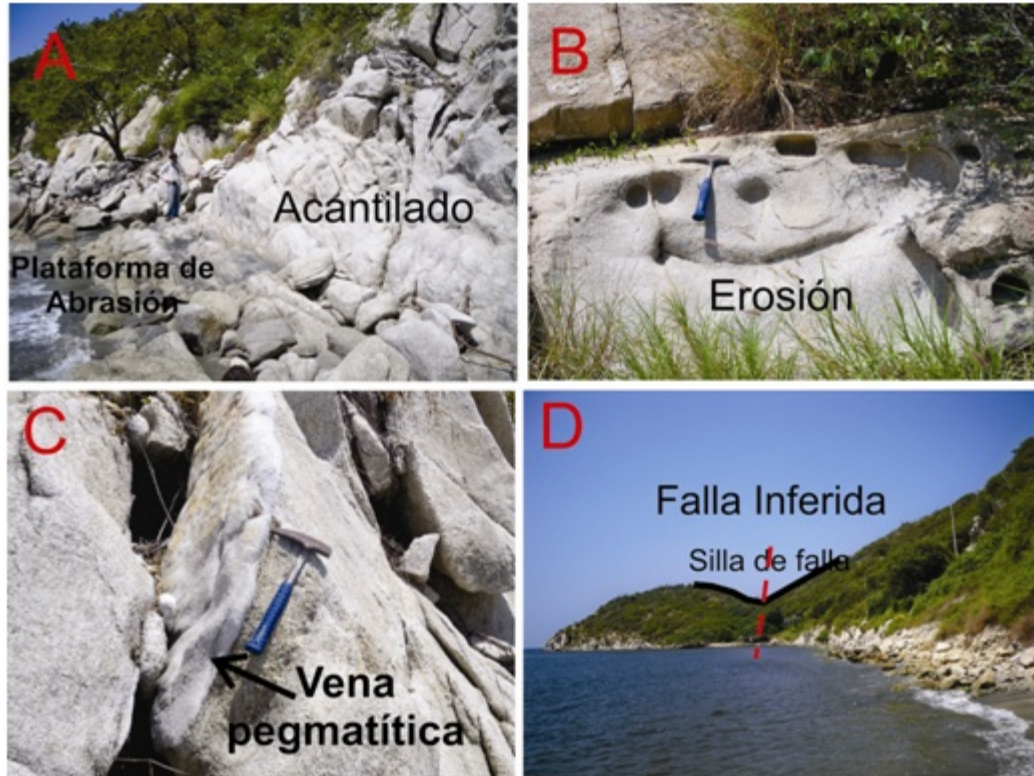
**Material y Edad:**

Cuerpo ígneo intrusivo félsico de tipo Granodiorita correlacionado con el Batolito de Santa Marta, del Eoceno según Tschanz et al. (1969); Herrera et al. (2008).

**Características:**

Acantilado con altas pendientes ubicado en el cerro la gloria, se puede ver el trazo de una falla inferida, es la única parte donde escasea la vegetación y esto se debe a la erosión del mar. A un costado del acantilado se observa una playa cubierta por rocas a la que se le denomina playa rocosa, gracias a los procesos de meteorización y erosión se observa formas redondeadas, diaclasadas, fracturadas, grietas por efectos del agua y el viento, factores que además inician a formar una plataforma de abrasión. El granito encontrado allí es de cristales gruesos de Tonalita con enclaves de tamaños finos. Se observan venas pegmatíticas de espesores que oscilan entre 2 y 10 cm (Figura 37).

**Figura 37. A. Sobre el Cerro la Gloria, acantilado de roca ígnea intrusiva félsica de tipo Tonalita. B. Abundante diaclasamiento por la reología de la roca, erosión bolar por el golpe de las olas y erosión eólica, C. Vena pegmatítica de 10 cm de espesor. D. Falla Cerro La Gloria, inferida por el rompimiento de la roca ígnea en esa dirección además de la geomorfología que indica una silla de falla.**



### **Estación 5. Contacto Ígneo-Metamórfico Rodadero Sur**

**Lugar:**

Al sur de las playas del corregimiento El Rodadero

**Acceso:**

Desde la vía nacional que conduce del aeropuerto internacional Simón Bolívar al municipio de Taganga a la altura del corregimiento del Rodadero, desviando por la

calle 12 hasta la playa, caminando durante 10 minutos y girando por la izquierda sobre la línea de costa, se encuentra un afloramiento de roca metamórfica esquistos bimicáceos con granate de la unidad A, la cual está intruida por un Intrusivo félsico del Batolito de Santa Marta.

**Coordenadas: X=1730157; Y= 983424; Z=9m.**

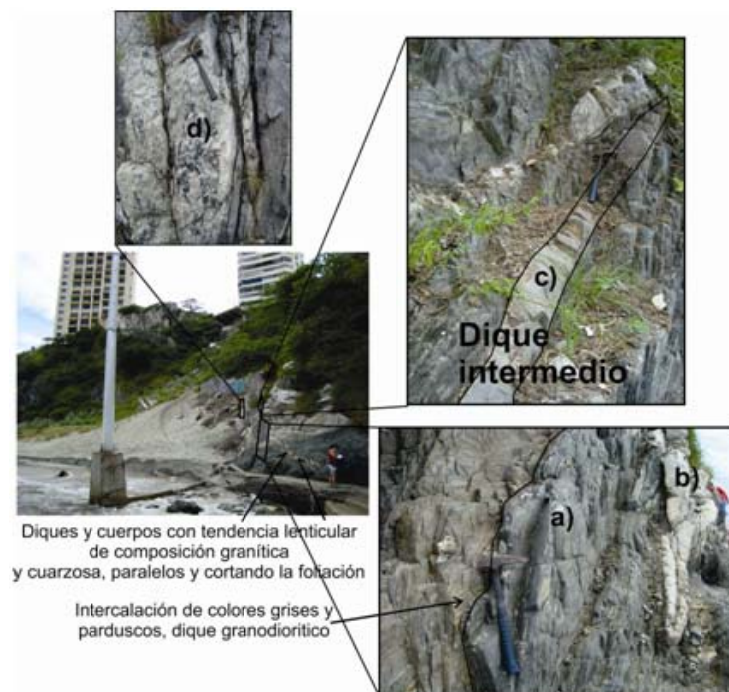
**Material y Edad:**

Esquisto Bimicáceos con Granate de la Unidad A, correlacionada con la Formaciones Rodadero y Cinto de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010).

**Características:**

Se presentan esquistos bimicáceos con granate de la formación A, como roca caja los cuales presentan una alternancia de tonos verdes y parduscos con numerosos cuerpos lenticulares de composición granodiorítico emplazados concordantemente con respecto a la foliación metamórfica, como también cuerpos ígneos de igual composición pero que cortan la foliación de la roca a bajo ángulo. En la parte alta del afloramiento predomina el intrusivo cuyos cristales planares y elongados presentan una orientación preferencial, evidenciando así un grado bajo de metamorfismo, lo que a su vez puede indicar que el cuerpo ígneo intruyó los esquistos durante el metamorfismo o en una etapa tardía del mismo. Por otro lado se observo que el intrusivo presenta unas zonas pegmatíticas donde la foliación incipiente es ausente, también se encontraron cuerpos tabulares a manera de diques de composición intermedia levemente orientados de 30 cm de espesor, que intruyen concordantemente la foliación metamórfica de los esquistos e inclusive los cuerpos granodiorítico. Adicionalmente se encuentran fragmentos de esquistos a manera de xenolitos dentro del intrusivo granodiorítico. Las figuras 38-39 ilustras diferentes aspectos de importancia con relación a este LIG.

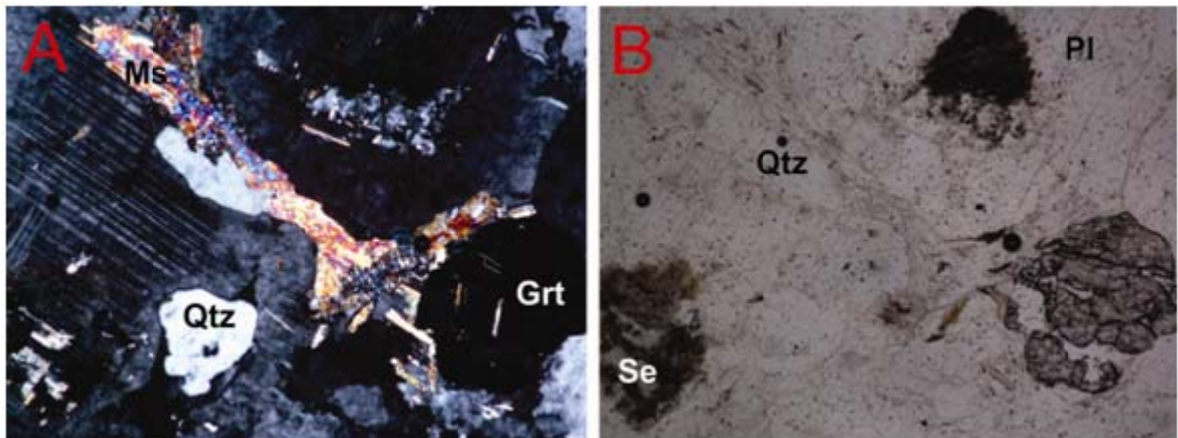
**Figura 38. Afloramiento de esquistos bimicáceos con granate perteneciente a la unidad A en contacto con intrusivo con granodiorita, ubicado sobre la Bahía de Gaira, al sureste de las playas del Rodadero, donde se observan diques de pegmatita y de composición intermedia, cuerpos lenticulares de granodiorita, paralelos y cortando la foliación con ángulos bajos de hasta 35°. Detalle del dique de composición intermedia que corta a bajo ángulo la foliación de la roca. Detalle de la intercalación de colores en la roca debido al contenido mineralógico y a su reacción ante la meteorización todo, de modo que las partes más rojizas o pardas tendrán contenidos más altos de minerales oxidados. Se pueden inferir cuatro procesos a) Evento metamórfico en curso, b) Evento intrusivo de un magma ácido (batolito), el cual predomina en el área c) Evento hidrotermal que dio paso a la formación de rocas filonianas (Diques y venas con orientación). d) evento hidrotermal el cual deja venas y diques de cuarzo lechoso o ahumado sin orientación. No se pueden descartar varios pulsos magmáticos o bien mezcla de magmas, unidades que aparecen hoy formando el Batolito como una sola entidad (Herrera et al. 2008).**



**Figura 39.** Ubicados al lado opuesto del derrumbe en dirección al casco urbano del Rodadero, en el área se observan venas y lentes de pegmatita, mostrando la manera y ruta que siguió el intrusivo prefiriendo los planos de foliación de la roca.

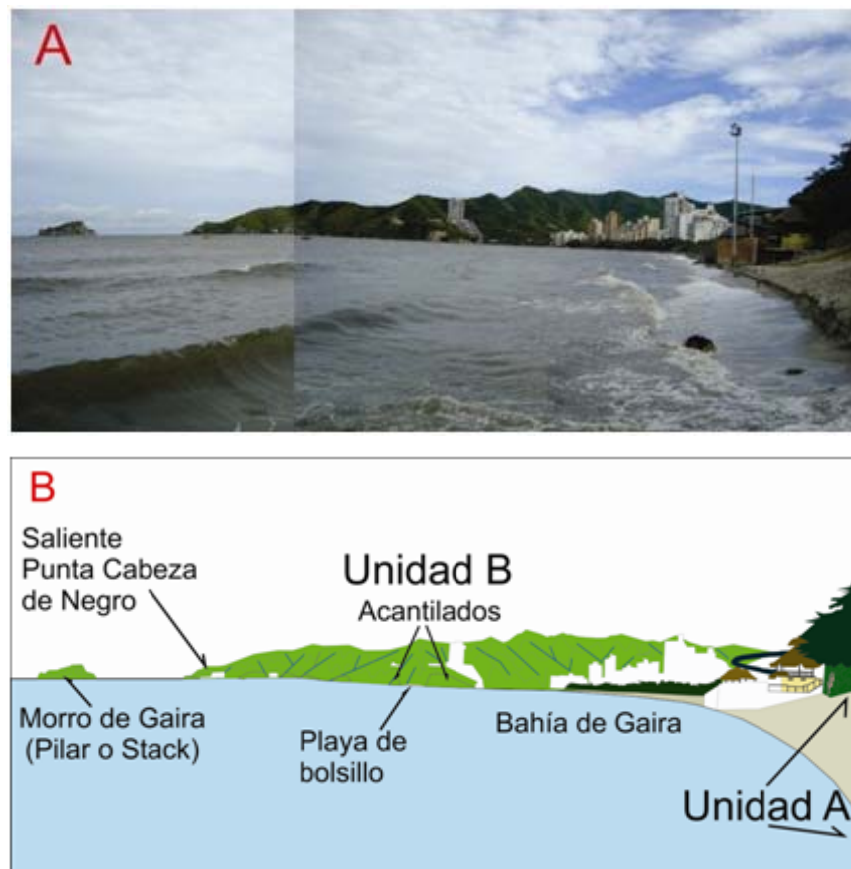


**Figura 40.** Muestra PSM 152, Esquisto bimicáceo con granate, presenta textura lepidogranoblástica principalmente, mirmequitica, con una foliación un poco definida por las micas, mostrando una leve orientación de los cristales de mica preferencialmente, con el tamaño de los cristales de medio a grueso, dispuestos desordenadamente por la muestra (Anexo 2).



Desde este afloramiento en dirección noreste se observa la panorámica de la saliente de punta Cabeza de Negro, el Stack o pilar de Gaira, al fondo las colinas aserradas características de roca metamórfica perteneciente a la Unidad B, compuestas por esquistos grafitosos, cloríticos-actinolíticos, anfibólicos, talcosos, biotíticos con granate y cuarcitas, que se distribuyen a manera de franjas lenticulares con dirección NE. Se observan geoformas erosivas como acantilados cuyo desarrollo ha sido favorecido por la foliación y el fuerte, directo e incesante golpe de las olas; geoformas de deposición como playas de poca longitud o de bolsillo limitadas por acantilados (Castaño 2007). (Figura 41).

**Figura 41. A. Panorámica tomada desde el afloramiento donde se observa la siguiente unidad metamórfica B, que se encuentra hacia el noroeste de la unidad A donde se sitúa este LIG.B. Dibujo descriptivo.**



## **Estación 6. Contacto Ígneo-Metamórfico, Restaurante Pez Caribe**

### **Lugar:**

Corregimiento de Rodadero

### **Acceso:**

Ubicados en la Carrera 4 con calle 10, al lado del Restaurante Pez Caribe, sobre el costado izquierdo de la vía que conduce a una zona residencial.

**Coordenadas: X=1730638; Y=983888; Z=15m.**

### **Material y Edad:**

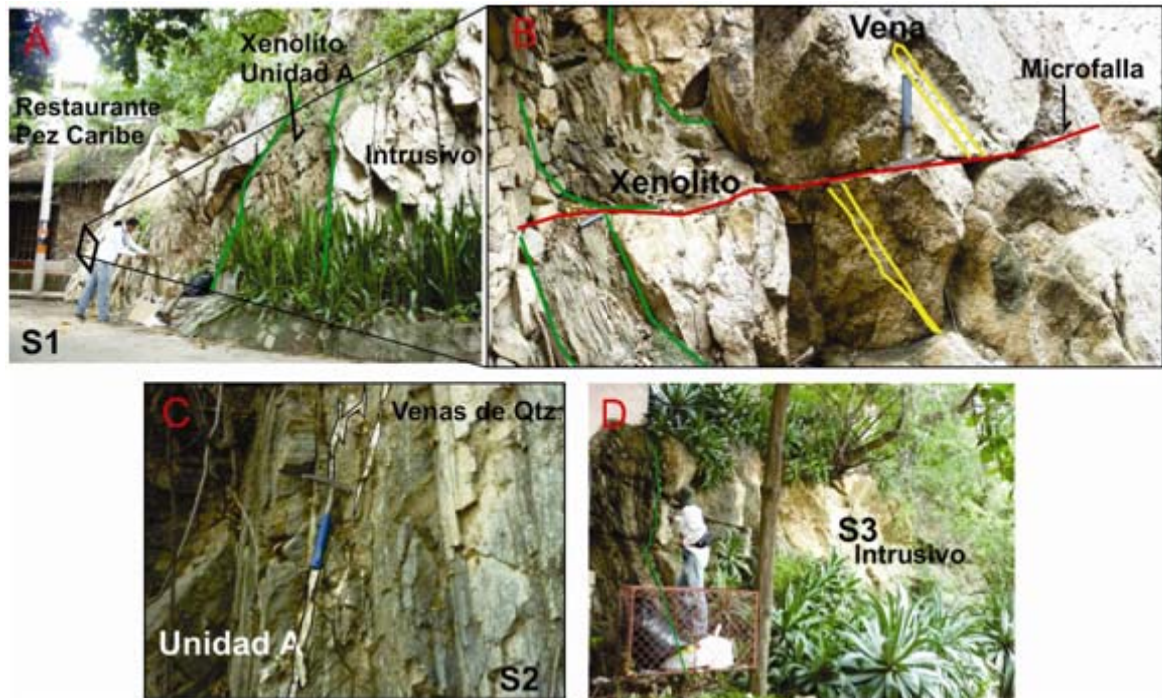
Esquisto anfibólico de la Unidad A en contacto intrusivo granodiorita del Batolito de Santa Marta del Eoceno (Tschanz et al., 1969), correlacionada con las Formaciones Rodadero y Cinto de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010)

### **Características:**

Afloramiento de 140 m de ancho y hasta 6 de alto, presenta intercalación entre roca metamórfica e ígnea, se divide en tres segmentos de izquierda a derecha según la litología dominante, en el primer segmento se observa predominio de roca ígnea intrusiva félsica denominada intrusivo y correlacionado con el Batolito de Santa Marta, hasta de 60 metros de ancho, con xenolitos de esquisto anfibólico acuñándose hacia la parte superior del afloramiento, presenta venas de pegmatita entre 3 y 10 cm de espesor que cortan el cuerpo ígneo de forma paralela a la foliación del cuerpo metamórfico., las cuales presentan desplazamientos, al parecer por una microfalla; el segundo segmento está conformado por roca metamórfica esquisto anfibólico de 40 m de ancho, Unidad A, los cuales presentan venas de cuarzo paralelas a la foliación de hasta 4 cm de grosor y el tercer

segmento, de nuevo predomina el cuerpo ígneo intrusivo durante los siguientes 60 metros, en este segmento se pueden identificar lentes de cuarzo desde 1 hasta 3 cm de espesor cerca a contacto con el anterior segmento (Figura 42).

**Figura 42. Afloramiento ubicado al margen derecho del restaurante Pez Caribe, en el corregimiento del Rodadero, dividido en segmentos (S) se identifica una zona de contacto entre el intrusivo y la unidad A, que en este lugar está conformada por esquisto anfibólico, A. 60 metros donde predomina el intrusivo con algunos xenolitos de la unidad A, B. Vena de pegmatita, desplazada 40 cm evidenciando una microfalla con orientación 220/11. C. Abarca 40 m con foliación de N70E/85SE, presenta venas de 3 cm de espesor compuestas por cuarzo, distribuidas paralelamente a la foliación. D. 60 m en los que inicia de nuevo el predominio del intrusivo, muestra lentes de cuarzo de 1 a 3 cm de espesor.**



## **Estación 7. Acantilados y plataforma de abrasión, El Rodadero norte**

### **Lugar:**

Acantilados al norte de las playas del Rodadero.

### **Acceso:**

La estación se realiza después de pasar las playas del Rodadero por los acantilados en dirección a Playa blanca, en la primera Saliente que forma una Playa de bolsillo bajo la Discoteca BuruKuca.

Caminando por la línea de costa hasta llegar a los acantilados que limitan la playa por el norte, desde donde se emprende una caminata sobre dichos acantilados durante 10 minutos, hasta encontrar un acantilado que sirve de tela para el arte urbano y que hace parte la primera saliente que limita una playa de bolsillo y siguiendo hasta la otra saliente después de la playa, con el fin de entender el concepto y las condiciones geológicas que permiten dicha geomorfología costera y desde donde se puede apreciar la actividad turística y pesquera.

**Coordenadas: X= 1731141; Y= 983273; Z= 3 m.**

### **Material y Edad**

Esquisto actinolítico con epidota de la Unidad B, correlacionada con la Formación Punta Betín de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010).

### **Características**

Afloramiento que hace parte de una saliente geográfica la cual, ha dado forma a una playa de bolsillo; se observa una litología esquistosa de color verde claro variando a amarillento y brillo sedoso, de aproximadamente 15 m de alto y hasta

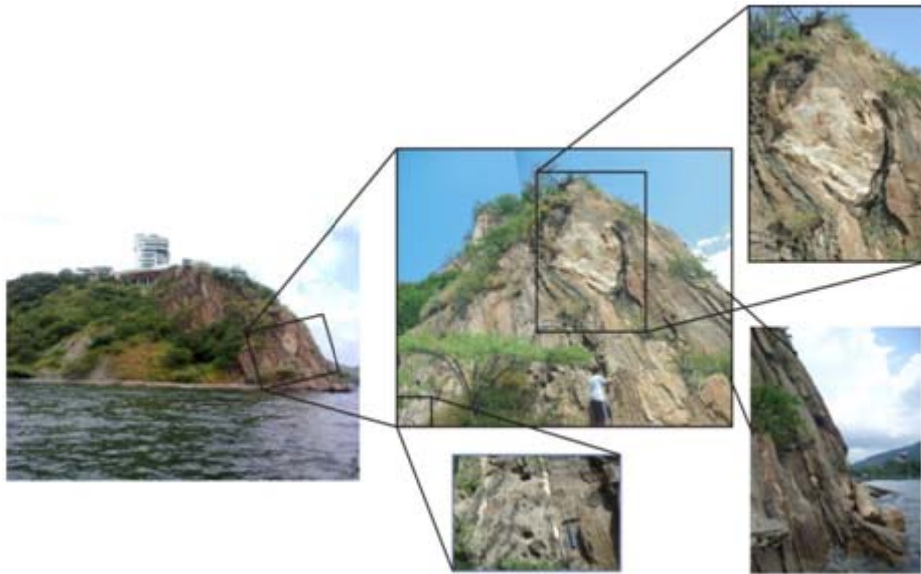
100 m de ancho, exhibe diaclasamiento perpendicular a su foliación la cual va en dirección N44°E/65°SE (Figura 43).

**Figura 43. Costado lateral del acantilado que limita la primera playa de bolsillo al norte de la Bahía de Gaira en dirección a Playa Blanca, diaclasamiento perpendicular a la foliación de la roca.**



Siguiendo por el acantilado 3 m adelante, se encuentra este como una saliente geográfica y en la punta, se identifica la misma roca metamórfica esquisto de color verde claro a amarillento y brillo sedoso; en este punto se estaría en un plano perpendicular a la foliación de la roca. Este afloramiento de 10m de alto por 25m fue afectado por diferentes eventos de carácter hidrotermal mostrando como evidencia en la parte superior una gigantesca vena de cuarzo de geometría lenticular, concordante con la foliación de la roca metamórfica, la cual mide a lo alto 4m y a lo ancho 3m; frente al afloramiento se detalla en la parte izquierda venas de cuarzo con espesores que van desde los 5 mm hasta los 10 cm, paralelas a la foliación (Figura 44).

**Figura. 44. Detalles del afloramiento, se resalta una gigantesca vena de cuarzo, venas y lentes de cuarzo paralelas a la foliación y un dique de gran tamaño cortando la foliación a bajo ángulo, en la parte inferior y al costado derecho se observan venas y diques de cuarzo, en la Figura 45 se detallará mejor el costado derecho.**



Para describir mejor la Figura 44 se hace un zoom donde se observa el dique para distinguir un lente de cuarzo de 10 cm de ancho por 20 m de alto de igual manera concordantes con la foliación de la roca metamórfica, una vena que corta la foliación con un ángulo de  $25^\circ$  y un dique paralelo a dicha vena de 50 cm de espesor (Figura 45).

**Figura. 45. Detalle del costado derecho del afloramiento, a la izquierda un recuadro azul mostrando un lente de cuarzo, y al costado derecho un recuadro mostrando una vena cortando la foliación y un dique de cuarzo.**



El afloramiento en su base presenta un Stump o promontorio y desde el cual se puede observar el límite final de la siguiente playa de bolsillo (Figura 46).

**Figura 46. A. Stump situado en la base de la saliente, formado por erosión diferencial provocada por el golpe directo de las olas sobre el acantilado B. playa de bolsillo rocosa, la cual es alimentada por los fragmentos grandes de roca que son arrancados por erosión de los acantilados que la limitan.**



Pasando la saliente encontramos una playa de bolsillo, es decir una playa de pocos metros de longitud, limitada por dos acantilados uno de los cuales ya se analizó anteriormente, o alimentada por bloques grandes del mismo tipo de roca que conforman los afloramientos que la limitan, además de arenas de tamaños gruesos, la playa es luego caminando por la misma cerca de 80 m hasta llegar a la siguiente saliente final, desde donde se aprecia en detalle que la vegetación está muy cerca a la línea de costa, por lo que se deduce que el lugar en la actualidad, no está siendo afectado por olas fuertes y que a su vez tampoco está siendo utilizada de manera muy intensa por el hombre, solo se registra la actividad pesquera que en su mayoría se realiza con anzuelos, redes y en pocos casos con arpones (Figura 47).

**Figura 47. A. Playa de bolsillo, caracterizada por ser de poca longitud y estar limitada por dos acantilados, B. Actividad pesquera que se realiza en toda el área.**



Al fondo se distingue una panorámica desde las playas del Rodadero captando en su actividad turística, hasta el Cerro La Gloria (Figura 48). Pasando la saliente encontramos una playa de bolsillo, es decir una playa de poca longitud limitada por dos acantilados uno de los cuales ya se analizó anteriormente, luego caminando por la misma cerca de 80 m hasta llegar a la siguiente saliente o límite final, se observa la actividad pesquera del lugar. Al fondo se distingue una

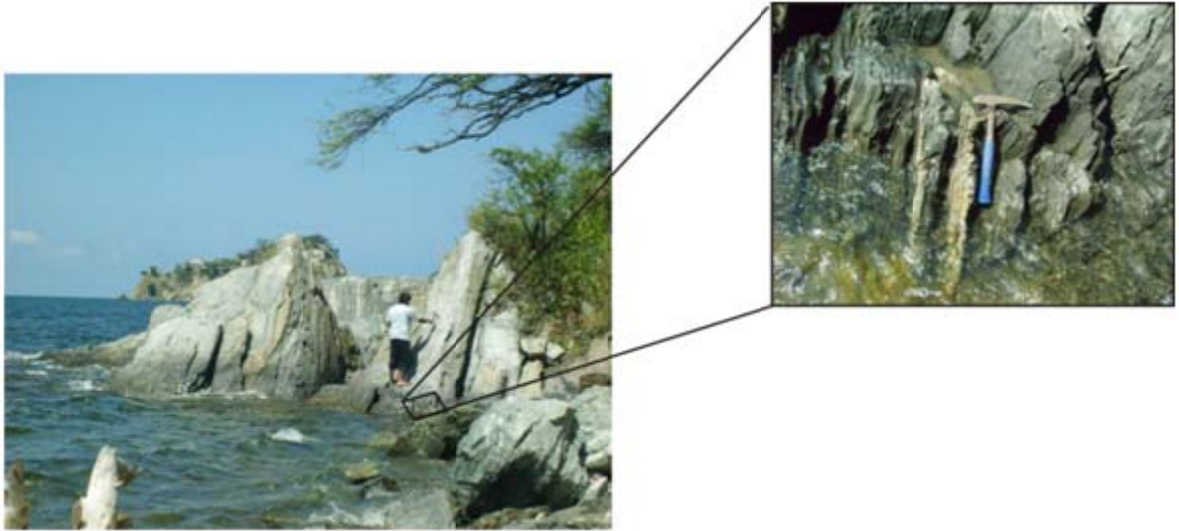
panorámica que capta desde las playas del Rodadero y su actividad turística, hasta el Cerro la Gloria, permitiendo diferenciar entre las geoformas que generan las rocas ígneas siendo estas de pendientes bajas a intermedias y crestas redondeadas, por el contrario las rocas metamórfica, forman colinas aserradas, con pendientes bruscas.

**Figura 48. A. Panorámica donde se observan las dos unidades metamórficas A y B más cercanas al batolito de Santa Marta (Tschanz et al., 1969). B. Dibujo descriptivo, detallando las colinas aserradas con pendientes abruptas compuestas por rocas metamórficas contrastando con los domos que forman el Cerro La Gloria de pendientes bajas a moderadas compuestas por rocas ígneas.**

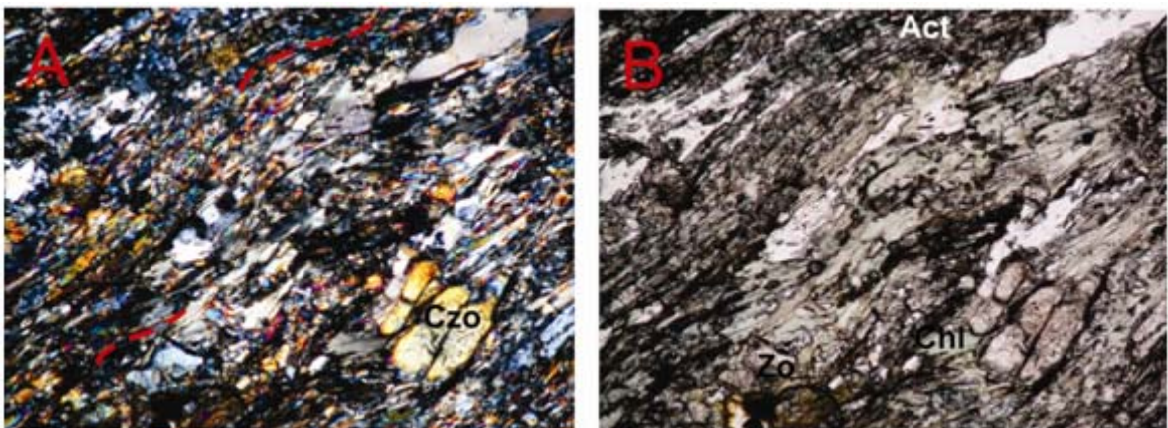


Este afloramiento de 2m de alto por 6m de ancho, presenta roca metamórfica esquistos actinolítico con epidota, con una foliación N50°E/60°SE, se observan venas lenticulares de espesores de 3mm hasta 1 cm principalmente, las cuales en su mayoría cortan la foliación con ángulos que varían entre 20 y 30 grados, también se identifican venas de 4 cm de espesor, completamente paralelas a la foliación (figuras 49-50).

**Figura 49. Ubicados al otro lado de la playa de bolsillo se observa un acantilado de aproximadamente 2 m de alto conformado por roca metamórfica Esquisto actinolítico con epidota, muestra venas de cuarzo paralelas a la foliación y venillas cortándola a bajo ángulo.**



**Figura 50. Muestra PSMJ 131. Esquisto Actinolítico con Epidota, presenta textura nematoblástica, mirmequitica, estructura masiva, con una foliación bien establecida, se observan venas de cuarzo con carbonato paralelas a la foliación de tamaño más grande que las que van cortando dicha foliación. La roca muestra deformación en forma de “s” por esfuerzos al parecer compresivos (Anexo 2).**



## **Estación 8. Panorámica de la Bahía de Santa Marta**

### **Lugar**

Al margen izquierdo de la vía que va del Rodadero a Santa Marta.

### **Acceso:**

Bajando del alto del Ziruma, 80 m después de la estación 17 y a 1,5 Km del batallón, se detalla un afloramiento. Una vez terminada la visita al afloramiento, cruzando la calle al margen derecho de la Vía se observa una panorámica de la ciudad de Santa Marta y el Batallón.

**Coordenadas: X=1732336; Y=985083; Z=89m.**

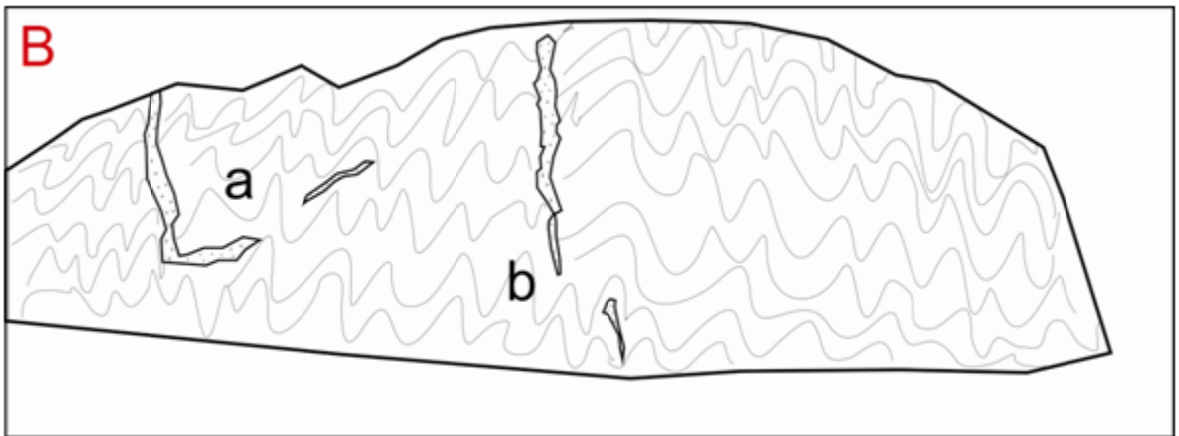
### **Material y Edad:**

Esquisto de anfíbol perteneciente a la Unidad B. correlacionada con la Formación Punta Betín de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010)

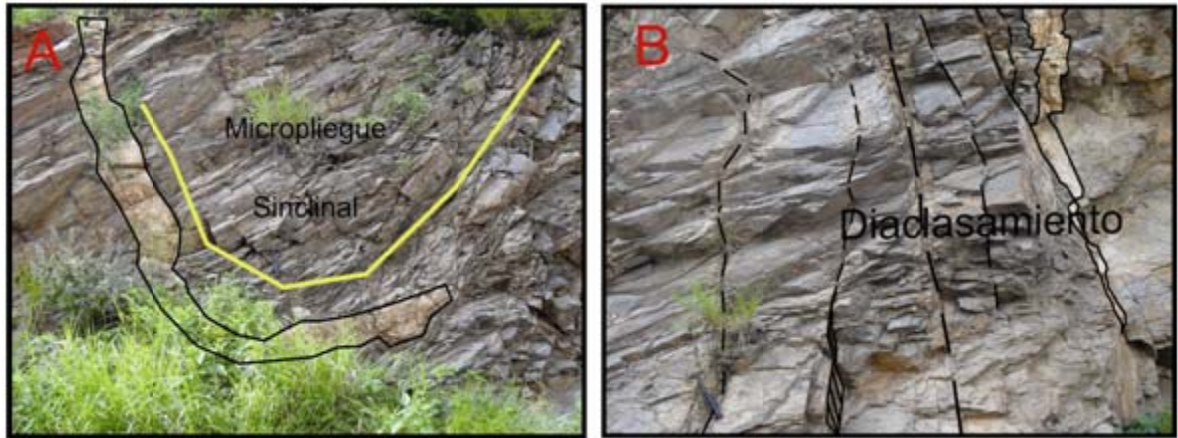
### **Características**

Secuencia de roca metamórfica Esquisto de anfíbol posiblemente actinolítico-tremolítico con niveles más competentes ricos en cuarzo con foliación N46E/55SE, presenta fracturas que cortan su foliación en altos ángulos, de las cuales algunas están rellenas por venas de hasta 30 cm de espesor, por otro lado se ven otro tipo de venas lenticulares de 10 cm de espesor las cuales por el contrario van paralelas a la foliación. En cada una de las imágenes se observan venas de cuarzo, las cuales han sido deformadas y fracturadas por los esfuerzos, ya que se encuentra sobre el trazo de la Falla Rodadero (figuras 51-52).

Figura 51. A. Panorámica del afloramiento, B. Dibujo esquemático a. vena de cuarzo plegada en forma de sinclinal, cuyo flanco izquierdo está cortando la roca a 90°, y derecho va conforme a la misma. b. venas perpendiculares a la foliación.



**Figura 52. A. Afloramiento Esquisto de anfíboles posiblemente Actinolítico-Tremolítico, perteneciente a la unidad B, ubicado sobre el Cerro Ziruma, donde se observan venas de cuarzo siguiendo el patron de diaclasamiento de la roca el cual va en dirección perpendicular a la foliación, vena plegada de casi 10cm de espesor donde se detalla un sinclinal B. Diaclasamiento cortando el plano de foliación.**



Habiendo terminado la visita al afloramiento y pasando al otro lado de la vía se puede observar la bahía de Santa Marta, el Stack o pilar de Santa Marta y el Cerro de Punta Betín conformados por colinas aserradas de pendientes fuertes geomorfología típica de la rocas metamórficas presentes en el LIG. (Figura 53).

**Figura 53. A. Panorámica donde se observa el mar Caribe, la saliente de Punta Betín, el stack o pilar de Santa Marta y en general la ciudad, sentada sobre las faldas de colinas aserradas conformadas por rocas metamórficas de la Unidad B, la cual está afectada por las fallas de Punta Betín y Rodadero. Al fondo se observa la Unidad C también mostrando las colinas típicas de rocas metamórficas. B. Dibujo descriptivo.**



### **Estación 9. Panorámica desde el Cerro Punta Betín**

#### **Lugar**

Sobre el Cerro Punta Betín.

#### **Acceso:**

Saliendo de las instalaciones de INVEMAR las cuales están ubicadas dentro de la Sociedad Portuaria de Santa Marta. Tomamos la vía que sube al cerro Punta Betín.

**Coordenadas: X=1736483; Y=984916; Z=25m.**

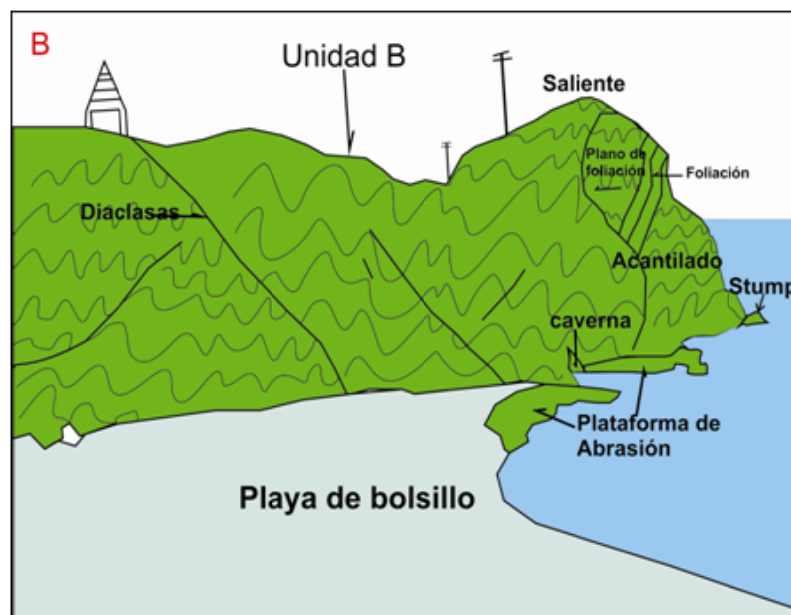
**Material y Edad:**

Esquisto Clorítico-Actinolítico perteneciente a la unidad B. correlacionada con la Formación Punta Betín de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010)

**Características:**

En la base del afloramiento y en el remanente, se observa una plataforma de abrasión, hacia la punta de la saliente en su base se ve el inicio de la formación de una cárcava. El afloramiento presenta varias fracturas por las cuales se infiltraron fluidos que dieron paso a la formación principalmente de 2 familias de venas de las cuales una va paralela a la foliación de la roca y la otra la corta con un ángulo de 35. Se pueden medir 2 direcciones de foliación una más hacia a saliente N85°W/70°SW y la otra en la remanente o playa N68°W/85°NE (figuras 54-55).

**Figura 54 Ubicados en La Saliente de Punta Betín la cual limita una playa de poca longitud o de bolsillo A. Al margen izquierdo de frente al mar en dirección Este, un afloramiento de roca metamórfica Esquisto clorítico-actinolítico de la unidad B. donde se alcanzan a detallar geoformas erosivas ocasionadas por la acción del directo e incesante golpe de las olas: una plataforma de abrasión, una caverna, y un stump. B. Dibujo descriptivo del afloramiento.**



**Figura 55. Detalles del afloramiento A. plataforma de abrasión B. Inicio de formación de una caverna por procesos erosivos como resultado de la acción de las olas que socaban la base del acantilado y finalmente podrían terminar separando un fragmento del afloramiento para formar un stack o pilar como los de Santa Marta y Gaira.**



Desde este afloramiento en dirección noreste se alcanzan a ver una serie de acantilados que debido a la erosión que sufren a causa de las fuertes olas, generan la formación de playas de bolsillo rocosas, conformadas por la Unidad B y al fondo las montañas conformadas por la formación que suprayace a la Unidad B (Figura 56).

**Figura 56 A. Panorámica de acantilados afectados por la erosión de las olas moldeando geformas como stump, al margen derecho a lo lejos parte de la bahía de Taganga y se hace la diferenciación de las dos Unidades B y C. Se presenta contaminación por aguas negras y desechos orgánicos en este  
LIG, por lo que se recomienda recuperarlo. B. Dibujo descriptivo**



### **Estación 10. Pliegue Antiforme tumbado**

#### **Lugar**

Barrio Nacho Vives

#### **Acceso:**

Ubicados Al margen izquierdo de la vía alterna que conduce al Puerto de Santa Marta, llamada Vía del Ferrocarril, ubicados frente al túnel construido para carros y

que conduce a las playas de Santa Marta, en la Carrera 11 con Alterna exactamente.

**Coordenadas: X=1736342; Y=986031; Z=18m.**

**Material y Edad:**

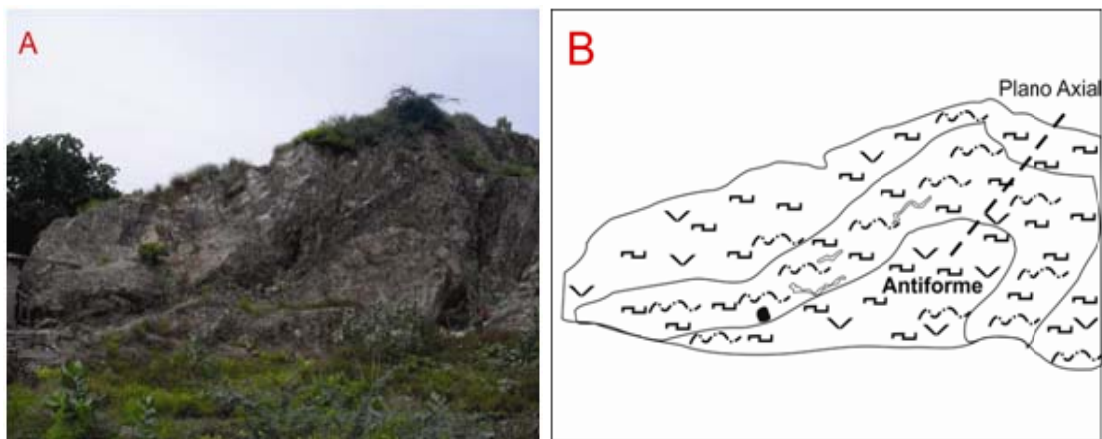
Esquisto Grafitoso y Esquisto Talcoso. Pertencientes a la Unidad B, correlacionada con la Formación Punta Betín de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010)

**Características:**

Se observan clastos de carbonato magnesita, también muestra numerosas venillas entrecortándose, la roca es ligeramente calcárea. El afloramiento presenta diaclasamiento muy pronunciado cortándolo casi en rombos, se observan alternancias entre niveles de esquistos de color gris oscuro y verde claro, guardando la apariencia de capas estratificadas. Muestra una estructura de pliegue anticlinal asimétrico, presenta venas de cuarzo lechoso con formas lenticulares que llegan a medir hasta 20 cm de ancho en su flanco izquierdo, también se encuentran lentes redondeados de material silíceo negro y lechoso al parecer por el contacto con el grafito, este cuarzo ahumado se caracteriza por presentarse en bolsas ovaladas, las cuales se manifiestan en diferentes tamaños, una de pequeña que sigue la foliación de la roca metamórfica midiendo 7cm a lo largo y 5cm a lo ancho, otra de gran tamaño que corta la foliación de 35cm a lo largo y 30 de ancho. Al margen derecho del afloramiento, flanco derecho del pliegue se observan 2 niveles de esquisto talcoso a manera de una vena plegada al parecer por la manera en la cual se formó, se podría pensar que el paso de un fluido que generó metamorfismo retrógrado en esquistos con tremolita, dando como resultado esta estructura compuesta por esquisto talcoso y que luego fue plegado dando el aspecto que hoy exhibe, en el flanco izquierdo del antiforame se

observan niveles de esquisto grafitoso, característico de la Unidad B. Todo el afloramiento presenta bastante replegamiento mostrando estructura milonítica, lo que sugiere que estuvo sujeto a los esfuerzos compresivos que dieron paso al desarrollo de la falla inversa de Punta Betín, cuyo trazo según el análisis del control estructural pasa cerca, siendo una estribación de la falla Jordán. Este LIG presenta contaminación por basuras y desechos orgánicos, por lo que se sugiere rescatar el lugar con campañas ambientales debido a su gran riqueza geológica (figuras 57 y 58). La foliación de las rocas es en dirección  $N75^{\circ}W/54^{\circ}SW$ , con un diaclasamiento muy pronunciado cortándolo casi en rombos, una familia de diaclasas que se pudo tomar  $N25^{\circ}E/81^{\circ}NW$ . Se presenta en el eje del pliegue estructuras cataclasitas y rocas muy bandeadas intercaladas de colores blancos.

**Figura 57. A. Afloramiento de Esquisto grafitoso principalmente concentrado hacia la franja central del antiforme tumbado y niveles de Esquisto Talcoso. B. Dibujo esquemático donde se especifica el protolito volcano-sedimentario que tienen las rocas (Bustamante et al 2009; Cardona et al 2010), además de las estructuras que muestra, como rocas filonianas (venas y diques de cuarzo), formadas por fluidos secundarios que posiblemente ascendieron por las zonas de debilidad de la roca, que posteriormente fueron deformadas hasta tomar la apariencia diaclasada y plegada que hoy tienen.**



**Figura 58. A. Se distinguen una serie de estructuras boudinadas compuestas por cuarzo lechoso y ahumado generadas por el efecto de fluidos posiblemente a raíz de un proceso de metamorfismo, en el caso del esquistos ahumado se atribuye su color a la contaminación con grafito, sumado a los esfuerzos compresivos que han sufrido durante su formación B. Niveles de esquistos talcosos, producidos al parecer por alteración de la tremolita después de ser expuesta a otras temperaturas que por su forma debieron ser generadas por un fluido que circulo dando la apariencia de vena.**



### **Estación 11. Mirador de Taganga.**

#### **Lugar**

Mirador de Taganga

#### **Acceso:**

Por la vía que va de Santa Marta a Taganga a la altura del Mirador, una vez detallada la panorámica desde el mirador al margen izquierdo de la vía, de Taganga y las playas que siguen en dirección a playa Grande, cruzando al margen derecho de la vía se detalla un afloramiento de roca metamórfica esquistos.

**Coordenadas: X=1737054; Y=987059; Z=76m.**

**Material y Edad:**

Esquisto Grafítico perteneciente a la unidad B, correlacionada con la Formación Punta Betín de Doolan (1970) e incluida en los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010)

**Características:**

Mirador de Taganga. Por la vía que va de Santa Marta a Taganga a la altura del Mirador donde se observan las montañas aserradas y depósitos aluviales sobre los cuales se ubica el corregimiento Taganga, se alcanzan a divisar geoformas de depositación, playas de bolsillo, playas La Vaca y La Baoa de poca longitud y muy angostas (Figura 59), las cuales se alimentan de arenas de tamaño medio a grueso, mientras que para el caso de Playa Grande si se cuenta con una playa más ancha y con sedimentos tamaño arenas de grano fino de colores claros detallando un poco más la geomorfología del área se puede apreciar el trazo de la Falla de Taganga la cual es una falla inferida (Figura 60).

**Figura 59. Panorámica de Taganga, desde donde se pueden identificar los distintos aspectos geomorfológicos como colinas aserradas típicas de las rocas metamórficas, acantilados, playas de bolsillo, stumps, geformas de falla como facetas triangulares y una cárcava disectando una de ellas ya estabilizada, todas sobre la unidad C, además se aprecia la actividad turística en torno a ello.**



**Figura 60. Relieve mostrando facetas triangulares generadas por la Falla de Taganga, a la izquierda también se observa una cárcava erosionando una faceta triangular estabilizada por vegetación, además de otras geoformas asociadas a erosión como acantilados y a depositación como la misma la playa de la Bahía de Taganga y otras de menor tamaño que se alcanzan a divisar como entrantes en la geografía del lugar.**



Una vez detallada la panorámica desde el mirador, al margen derecho de la vía, que siguen en dirección a playa Grande, se detalla un afloramiento de roca metamórfica esquisto grafitoso con abundante presencia de carbonatos a manera de venas de mm de espesor, pertenecientes a la Unidad B, estas rocas presentan replegamiento dando y en algunos casos muestra una estructura milonítica que permite asegurar el trazo de una falla que para este caso sería la llamada Punta Betín (Figura 61).

**Figura 61. Afloramiento de esquistos con grafito, y con niveles carbonosos a manera de costras, presenta fuerte replegamiento, estructura milonítica, lo que sugiere el trazo de una falla, también muestra venas de cuarzo y en especial algunas que siguen fracturas las cuales están rellenas también por carbonatos.**



Se observan venas de cuarzo de 10 cm de espesor concordantes con la dirección de foliación la cual es N62E/64SE, sin embargo también se presentan perpendiculares con espesores de 5 cm.

Se destaca la presencia de una vena con contenido de siderita, limolita y magnesita. Siguiendo la dirección de la familia de diaclasas más predominante N74°W/35°SW; otra familia es N62°E/64°SE.

## **Estación 12. Bahía de Taganga**

### **Lugar**

Corregimiento de Taganga

**Acceso:**

Acantilado a 10 minutos de las playas de Taganga en dirección a playa Grande. Ingresando a Taganga por la calle principal y luego desviando por la calle 11 hasta el acantilado que limita la playa en dirección a playa grande, caminando por el borde e este durante 10 minutos.

**Coordenadas: X=1737988; Y=987348; Z=3m.**

**Material y Edad:**

Filitas Calcáreas y Anfibolitas grueso granulares pertenecientes a la Unidad C, la cual se correlaciona con la Formación Concha descrita por Doolan (1979) o Filitas de Taganga por Tschanz (1969), del Cretácico Superior-Paleógeno Según Bustamante et al. (2009); Cardona et al. (2010)

**Características:**

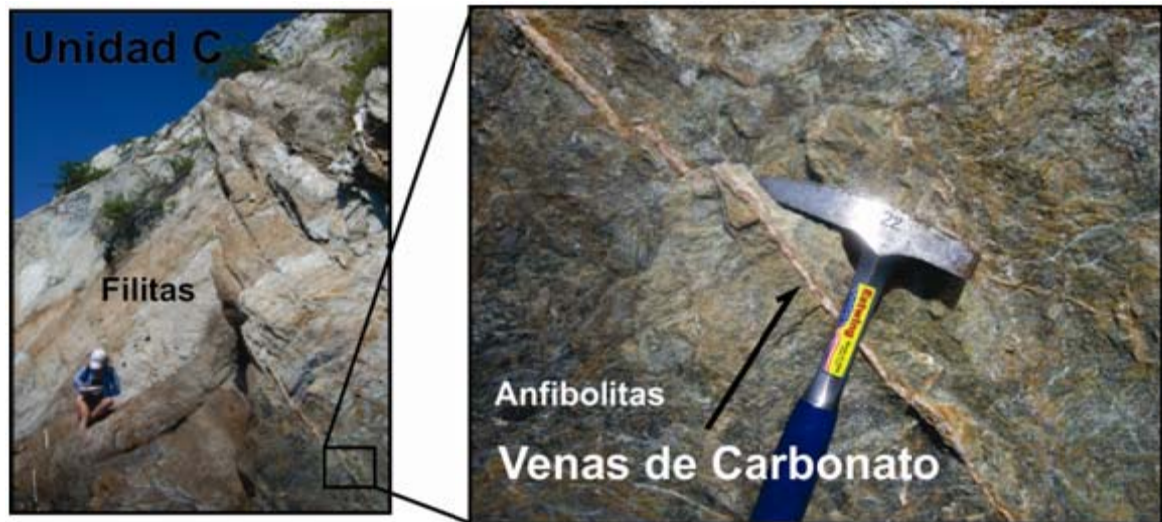
Este Lugar de Interés Geológico LIG está conformado por rocas metamórficas de dos tipos, filitas y anfibolitas, presentan gran cantidad de venas de cuarzo y carbonatos, con espesores milimétricos para las venas de carbonato y entre 0,5; 1; 5 y 10cm para las de cuarzo, además de presentarse en forma de boudines, dichas venas siguen un mismo patrón de diaclasamiento, además se identificó la presencia de un dique de composición intermedia levemente orientado cortando las anfibolitas de grano grueso (figuras 63-64). Teniendo en cuenta las dataciones de Tschanz et al. (1960); MacDonald et al. (1971). Obtenidas en actinolitas de las Filitas de Taganga, las cuales dan edades de 128 $\pm$ 25 M.a., 110,5  $\pm$  8.8 M.a. y 102 $\pm$ 30 M.a., las cuales no concuerdan con el modelo evolutivo que sugiere que esta formación es más joven que la Formación Rodadero a la que los mismos autores datan de 79.7 $\pm$ 15,8 M.a.; 62,8 $\pm$ 6,3 M.a.; 54,1 $\pm$ 3,2 M.a. K/Ar en Hornblenda, por lo que Cardona et al. (2010). Sugiere son vestigios remanentes del Albiano incorporados en esta pila metamórfica, que se podrían interpretar como los remanentes de un antiguo basamento de arco que probablemente fue

metamorfoseado y posteriormente cubierto por rocas volcano-sedimentarias asociadas dentro del sistema back-arc más joven que dio origen a las filitas de la unidad C y a los esquistos de las unidades A y B. Por otro lado se observa un dique de composición intermedia, el cual está cortando la anfibolita y al parecer no corta a las filitas, de modo que sería también un evento anterior a la formación de la unidad C (Figura 64). Desde este LIG se pueden apreciar las colinas aserradas típicas de las rocas metamórficas, esquistos grafitosos, cloríticos actinolíticos de la unidad B, además del contacto establecido entre las unidades B y C compuestos respectivamente por esquistos y filitas, rodeados de gran cantidad de acantilados los cuales limitan playas de poca longitud denominadas de bolsillo, además una plataforma de abrasión sumergida hacia el margen izquierdo (Figura 62). En este LIG se puede disfrutar del contacto con una variedad de especies animales como erizos y peces de diferentes colores, debido a la transparencia del agua, motivando a la práctica conjunta del turismo que se lleva a cabo en las playas de Taganga y el estudio de la geología que las conforma.

Figura 62. A. Panorámica donde se observa el Mirador de Taganga el cual está localizado sobre esquistos grafitosos de la unidad B, y al fondo a la derecha el Stack de Santa Marta de la misma unidad, también se pueden apreciar acantilados limitando playas de bolsillo y una plataforma de abrasión sumergida, todas ellas geoformas modeladas por la acción erosiva de las olas. B. Dibujo explicativo donde se aprecia el contacto entre las dos unidades B y C.



Figura 63. Secuencia de filitas pertenecientes a las unidad C, en contacto con anfibolita, los dos tipos de roca se encuentran cortados por venas de carbonato, las cuales van con la dirección de la foliación de las filitas o cortándola con ángulos de  $35^\circ$



Las rocas metamórficas de la Unidad C, filitas calcáreas, algunos esquistos grafitosos y anfibolitas grueso granulares, han sido afectadas por una falla al parecer de tipo inversa, denominada Falla de Taganga, estribación de la Falla Jordán que domina a mayor escala la zona, se identificó mediante geoformas tectónicas observadas desde la parada anterior, las cuales demarcan su trazo en dirección NE. INGEOMINAS (2001) la Falla de Taganga, Se caracteriza por producir un fenómeno de carbonatación bastante extendido en las filitas, al igual que milonitización y cataclasis en ellas. El carbonato se presenta a manera de venillas entre cruzadas tomando la forma de rejillas también llamadas stockworks (Figura 12).

**Figura 64. Niveles de anfibolita grueso granular, afectados por un dique de composición intermedia el cual presenta una leve orientación por lo que se considera su formación ocurrió en la etapa final del metamorfismo que dio paso a la anfibolita.**



La belleza paisajística que representa a la Bahía de Taganga junto con su playa y las demás playas que la rodean, conforman un lugar ideal para el Turismo y de la mano la educación, permitiendo la práctica de actividades como buceo, que permiten además observar las diferentes especies lo cual permite admirar la fascinante variedad de corales y, por supuesto, de peces de diferentes colores, entre otras especies marinas.

## 6. CONCLUSIONES

- Se identificaron 3 unidades metamórficas de las cuales la primera se denomina A compuesta principalmente por esquistos bimicaceos con granate, cuarzo feldespáticos, cuarzosos con granate, anfibólicos, talcosos con tremolita y anfibolitas de grano fino; la segunda B compuesta de esquistos grafitosos, anfibólicos, cloríticos-actinolíticos, talcosos con tremolita, calcosilicatados, biotíticos con granate, ocasionalmente con pirita, cuarcitas y anfibolitas de grano medio a grueso y la tercera C compuesta de filitas calcáreas, anfibolitas de grano grueso, en menor cantidad esquistos grafitosos, la unidad presenta abundancia de cristales de pirita. A y B se correlacionan con los Esquistos de Gaira de Tschanz et al. (1969), con las formaciones Rodadero y Cinto según Doolan (1970) para la unidad A, con la formación Punta Betín Para la unidad B y por último la unidad C se correlaciona con la formación Concha de Doolan (1970) o Filitas de Taganga de Tschanz et al. (1969)
- Debido a la posición y tiempo de generación, las unidades A, B y C posiblemente fueron formadas en un ambiente colisional, probablemente asociado con la colisión del arco del Caribe y la margen continental Suramericana en el Maastrichtiano-Paleógeno (Bustamante et al., 2009)
- Hacia el sureste y extendiéndose como un cinturón, de la zona de estudio se identificó intruyendo las unidades A y B, una roca ígnea plutónica de composición ácida a intermedia, compuesta por tonalita, granitoide rico en cuarzo, granodiorita y monzogranito, asociado a diques pegmatítico y aplíticos.
- INGEOMINAS (Colmenares et al., 2007), las rocas pertenecientes al Batolito de Santa Marta ubicadas hacia el contacto con los Esquistos de Gaira

(Tschanz et al., 1969), se definen como de facies de borde o de rocas híbridas (Esmb-b) correspondientes a tonalitas de texturas holocristalinas, hipidiomórfica, de grano medio, contaminadas por inclusiones de rocas metamórficas y de rocas metamórficas granitizadas metasomáticamente.

- Se observó dentro del cuerpo ígneo una variación composicional gradual la cual se manifiesta con el aumento en el contenido de minerales ferromagnesianos anfíboles y biotitas, sumado al aumento en el tamaño de los cristales presentando texturas desde afaníticas hasta porfiríticas en dirección NW-SE, evidenciando el aumento y prolongación de la temperatura de cristalización en esa dirección.
- Las unidades A, B y C, que han sufrido transformaciones como consecuencia de un metamorfismo regional de grado bajo a medio, presentan leve aumento en el grado de metamorfismo en dirección al intrusivo pasando de facies esquistos verdes a epidota-anfibolita y finalmente a anfibolita en algunas rocas, catalogándose de serie Barroviense.
- Mediante el análisis de secciones delgadas se pudo observar la variación de Hornblenda a Actinolita y de Tremolita a Talco principalmente en la unidad A, posiblemente producto de un evento metamórfico retrógrado de poca intensidad debido a que los cristales de hornblenda solo cambiaron en sus bordes a actinolita, sin embargo Bustamante et al., (2009), se refiere a estos cristales como hornblenda con textura nematoblástica, comúnmente zonada con núcleo café a rojo, y borde verde.
- Los contactos entre las unidades metamórficas se trazaron, para el caso de A y B, tectónicamente siguiendo el trazo de la Falla Rodadero el cual, se identificó geomorfológicamente, esta falla atraviesa la zona en dirección NE y se considera una estribación de la falla inversa Jordán. Para el caso de B y C, el

contacto no es evidente, sin embargo se tomo según el tipo de roca metamórfica predominante en la zona, diferenciando el predominio de esquistos en la unidad B del predominio de filitas en la unidad C.

- La valoración y evaluación de los LIGs por medio de encuestas a estudiantes y profesionales en geología, permitió la elaboración de un itinerario geológico compuesto por 12 estaciones, las cuales se caracterizan por su geodiversidad y aporte a la sociedad.
- Los procedimientos de evaluación permitieron jerarquizar y clasificar de manera confiable los indicadores favorables o desfavorables en cada LIG, con el fin de sugerir en dos oportunidades la mejora ambiental como necesaria y con ello gestionar un trato adecuado para tan importante riqueza geológica.

## 7. RECOMENDACIONES

- Para una comprobación de la fiabilidad de los procedimientos utilizados en la evaluación de los LIG, se sugeriría que se implementaran nuevos métodos de procesamiento en la misma área por su ubicación geográfica y riqueza geológica o en otra zona con características similares, profundizando en otros métodos estadísticos.
- Realizar este tipo de itinerarios en otras zonas del país donde se pueda mostrar la geodiversidad con la que cuentan, para finalmente incentivar a la investigación geológica y al trato adecuado que se les debe dar.
- Gestionar el uso adecuado de lugares de interés geológico en todo el país, llevando a cabo campañas ambientales en lugares concurridos y frágiles como las franjas costeras, con el fin de concientizar a la comunidad sobre la responsabilidad que tiene frente a la contaminación del planeta, mostrándoles la disposición adecuada de los residuos.

## BIBLIOGRAFIA

ALFARO P., ANDREU J.M., GONZÁLEZ J., GONZÁLEZ M., LÓPEZ F.J., LÓPEZ J.A. (1999a) – Itinerario geológico de la Cordillera Bética – Alicante.

ALFARO P., ANDREU J.M., DELGADO J., ESTÉVEZ A., GARCÍA E., LÓPEZ ARCOS M., RODRÍGUEZ M., SORIA J.M., YÉBENES A. (1999b) – Itinerarios geológicos por el litoral de la provincia de Alicante – Gráficas Díaz (Ed.), Alicante.

ALFARO P., ANDREU J.M., ESTÉVEZ A., LÓPEZ ARCO M., SORIA J.M., YÉBENES A., CASTRO J.M., GONZÁLEZ FERNÁNDEZ J., GONZÁLEZ HERRERO M., LÓPEZ GÓMEZ F.J., LÓPEZ MARTÍN J.A. (1999c) – Itinerario geológico litoral entre Benidorm y Calpe (provincia de Alicante) – Universidad de Alicante.

ALFARO P., ANDREU J.M., ESTÉVEZ A., PINA J.A., YÉBENES A. (Eds., 2004a) – Itinerarios geológicos por la Provincia de Alicante para su utilización en bachillerato – Universidad de Alicante.

ALFARO P., ANDREU J.M., ESTÉVEZ A., LÓPEZ ARCOS M., MARTÍN I., MARTÍN-MARTÍN M., TENT.MANCLÚS J.E. (2004b) – Patrimonio geológico urbano de Alicante – En: Guillén Mondéjar F. y del Ramo A. (Eds.), El patrimonio geológico: cultura, turismo y medio ambiente. Actas V Reunión Nacional de la Comisión de patrimonio Geológico, S.G.E., pp. 59-66.

BASTOGI M., BENTIVENGA M., BRANCUCCI G., CANESSA A., CAPUTO R., DE LOTTO A., DI GREGORIO F., FIORE A., GEREMIA F., LENA G., LORÈ A., LUNARDI F., MASSOLI-NOVELLI R., MEDAGLIA S., PALIAGA G., PIEDILATO S.,

PROSSER G., SIMONE O. (2003) – Geomorphological sites aimed at becoming geological itineraries in: Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Tuscany; Marche, Abruzzo, Puglia, Basilicata, Calabria, Sardinia, Sicily – En: Panizza V. (Ed.), Geomorphological sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari (Italy), pp.39-40.

BRUSCHI, V. (2007). Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis doctoral. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Universidad de Cantabria, Santander.

BUSTAMANTE, C., CARDONA, A., SALDARRIAGA, M., GARCÍA-CASCO, A., VALENCIA, V. & WEBER, M. (2009). Metamorfismo de los esquistos verdes y anfibolitas pertenecientes a los Esquistos de Santa Marta, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia): ¿Registro de la colisión entre el arco Caribe y la margen Suramericana? Boletín de Ciencias de la Tierra 25, 7-26.

CABALLERO, V. 2007. Guía de Laboratorio de Geomorfología. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander.

CARCAVILLA, L., DURÁN, J.J., Y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. 2008. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. Geo-Temas, 10, 1299-1303. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria.

CARDONA-MOLINA, A., CORDANI, U.G. AND MACDONALD, W.D., 2006. Tectonic correlations of pre - Mesozoic crust from the northern termination of the Colombian Andes, Caribbean region. Journal of South American Earth Sciences, 21, pp. 337 - 354.

CARDONA, A. VALENCIA, V. BUSTAMANTE, C. GARCÍA-CASCO, A. OJEDA, G. RUIZ, J. SALDARRIAGA, M. WEBER. M. (2010). Tectonomagmatic setting and provenance of the Santa Marta Schists, northern Colombia: Insights on the growth and approach of Cretaceous Caribbean oceanic terranes to the South American continent. *Journal of South American Earth Sciences* 29(4), 784-804

CASTELLANOS, A., RÍOS C. (2008). Itinerario Geológico del basamento cristalino en la región suroccidental del macizo de Santander. Editorial java. ISBN 978-958-98060-9-8. 93 pág.

CASTAÑO, C. 2002. Libros de la Colección Ecológica del Banco de Occidente, Golfos y Bahías de Colombia.

CEDIEL, F., R. P. SHAW, AND C. CÁCERES, 2003, Tectonic assembly of the Northern Andean Block, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*, p. 815– 848.

COBIELLA REGUERA J.L. y CRUZ GÁMEZ E.M. (1999) – Geocuba. Espacios Naturales y geología cubana – Monografías de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Serie Itinerarios 1. David Brusi, AEPECT (Ed.), Girona.

COLEGIAL, J.D. PISCIOTTI, G. URIBE, E. (2002). Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación en la geomorfología glacial de Santander municipio de vetas. *Boletín de Geología* Vol. 3, No.39. Enero – Junio de 2002.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (2002): Propuesta de Estrategia Andaluza para la Conservación de la Geodiversidad. Junta de Andalucía, Universidad de Granada.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (2007): “La geodiversidad andaluza ante el reto del uso sostenible”,

CORDANI, U.G., CARDONA, A., JIMÉNEZ, D.M., LIU, D. AND NUTRAN, A.P., 2005. Geochronology of proterozoic basement inliers in the Colombian Andes: tectonic history of remnants of a fragmented Grenville belt. En: Vaughan, A.P.M., Leat, P.T., Pankhurst, R.J. (eds), 2005. Terrane Processes at the Margins of Gondwana. Geological Society of London, Special Publications, 246, pp. 329 - 346

DOMINGO M., BORDONAU J., AMBRÓS S., MOLINA D., POCOVÍ A., LACASA A., MARTÍNEZ A., MATA R., ESPUNY J., RISPA J.M. VEHÍ M. (2000) – Geopirineos. Espacios Naturales y geología pirenaica. Sector central y centrooriental – Monografías de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Serie Itinerarios 2. David Brusi, AEPECT (Ed.), Girona.

DUQUE-CARO, H. 1979. Major structural elements and Evolution of northwestern Colombia. In: Geological and Geophysical Investigation of Continental Margins. American Association of Petroleum Geologists Memoir 29: 329-351.

DUQUE CARO, H. 1980. Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana En: Boletín geológico del INGEOMINAS Vol. 23 N° 3, Santa Fe de Bogotá, Colombia. 80 P.

FERNÁNDEZ, J.M. Y GUIRADO, J. (2001): “Geodiversidad y patrimonio geológico en Andalucía”, en Medio Ambiente 37, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla, págs. 24-33.

GARCÍA-RAMOS J.C., PINUELA L., LIRES J., FERNÁNDEZ L.A. (2004a) – Patrimonio geológico del Jurásico asturiano. Itinerarios por los yacimientos de icnitas de dinosaurios – En: Guillén Mondéjar F. y del Ramo A. (Eds.), El

patrimonio geológico: cultura, turismo y medio ambiente. Actas V Reunión Nacional de la Comisión de patrimonio Geológico, S.G.E., pp. 85-92.

GARCÍA-RAMOS J.C., PINUELA L., LIRES J. (2004b) - Guía del Jurásico de Asturias – Zinco Comunicación (Ed.), Gijón.

GEREMIA F. y MASSOLI-NOVELLI R.. (2003) – The circumnavigation of the Island of Lipari to discover the coastal geomorphosites of volcanic origin (Aeolian Islands, Italy) - En: Panizza V. (Ed.), Geomorphologic sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari (Italy), pp.67-68.

GEREMIA F., MUSCOLINO E., RANDAZZO G. (2003) – Geotourism as opportunity to develop a new “niche marketing” in Taormina area (Messina, Italy) - En: Panizza V. (Ed.), Geomorphologic sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari (Italy), pp.65-66.

GRAY, M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. Proceedings of the Geologists' Association 119, 287–298

GREGORI L. y MELELLI L (2003) – The geomorphosites in Umbria region: a final inventory. Geological and Geomorphological characteristics and relations with tourist request- En: Panizza V. (Ed.), Geomorphologic sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari (Italy), p. 69.

GORDON, J.E., DVOŘÁK, I.J., JONASSON, C., JOSEFSSON, M., KOCIÁNOVÁ, M., & THOMPSON, D.B.A. (2002). Geo-ecology and management of sensitive montane landscapes. Geografiska Annaler, 84, 193-203.

HERRERA, P., ESCOBAR, M., CARMONA, O., PIMENTEL, M. 2008. Consideraciones Petrográficas, Geoquímicas y Geocronológicas de la parte occidental del Batolito de Santa Marta.

IDARRAGA, J., POSADA, B., GUZMÁN, G., 2011. Geomorfología de la zona costera adyacente al piedemonte occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta entre los sectores de Pozos Colorados y el río Córdoba, Caribe Colombiano.: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras- INVEMAR. ISSN 0122-9761.

MACDONALD, W., DOOLAN, B. AND CORDANI, U., 1971. Cretaceous-Early Tertiary metamorphic age values from the South Caribbean. Geological Society of America Bulletin. 82. pp. 1381-1388.

MARCOS, A., FERNANDEZ, E., CALO, J., HUESPE, R., 2009. Relevamientos semicuantitativo para el estudio de la morfología de playa. Geoacta v. 34 n. 2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires Jul./Dic. Versión On-line ISSN 1852-7744.

MARTÍNEZ, J. 1992. Geomorfología de la Costa del Pacífico Colombiano y Aspectos Relativos a su estabilidad.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES, SERVICIO OCEANOGRÁFICO NACIONAL/UNIDAD DE GEOLOGÍA MARINA, Introducción a la Geología Costera.

MOLINA, A. OMAR, J. ALEJANDRO, JAZMIN. 2011. El Modelado Litoral. <http://www.slideshare.net/jjavimorales/modelado-litoral-equipo-jaja>

Referencias de Internet

ORDOÑEZ-CARMONA, O., PIMENTEL, M.M. AND DE MORAES, R., 2002. Granulitas de Los Mangos: un fragmento Grenvilliano en la parte SE de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 26, pp. 169-179.

ORRÚ P., PANIZZA V., ULZEGA A. (2003) – Geodiversity and sustainable tourism: protection and improvement of the submarine geomorphosites en the Marine Protected Area of capo Carbonara (Sardinia, Italy) - En: Panizza V. (Ed.), *Geomorphologicl sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari (Italy)*, pp. 80-81.

PALACIO-SUAREZ J. (1999) – Patrimonio geológico. Aspectos metodológicos – Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible (Soria). Ministerio de Medio Ambiente; SERIE MONOGRAFÍAS; pp. 11-21.

RESTREPO-PACE, P.A., RUIZ, J., GEHRELS, G. AND COSCA, M., 1997. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville - age rocks of the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic - Early Paleozoic paleocontinental reconstruction of the Americas. *Earth and Planetary Science Letters*, 150, pp. 427 - 441.

RUBAN, D.A. (2011). How diverse should be geodiversity? Reply to Knight “Evaluating geological heritage” (Proc. Geol. Assoc. (2011)). *Proceedings of the Geologists’ Association* 122(3), 511–513.

SAVELLI D., NESCI O., DILIGENTI A., STELLA B. (2003) – Geomorphologic itineraries in the geomorphosite of Monti del Furlo (Northern Marche Apennines) - En: Panizza V. (Ed.), *Geomorphologic sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari (Italy)*, pp.87-88.

SERRANO, E., & RUIZ-FLAÑO, P. (2007a). Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 45, 79-98.

SERRANO, E., & RUIZ-FLAÑO, P. (2007B). Geodiversity. A theoretical and applied concept. Geographica Helvetica 3, 140-147.

TSCHANZ, C. M.; MARVIN, R. F.; CRUZ B. (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) - Informe 1829. INGEOMINAS, Bogotá.

TSCHANZ, C. M.; MARVIN, R. F.; CRUZ B., J.; MEHNERT, H. H. and CEBULA, G. T. (1974). Geologic Evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, Northeastern Colombia. Geological Society of America Bulletin. 85: 273- 284.

VARGAS, V. 2006. Estudio Geomorfológico para la determinación de la variación de la línea de costa en la región costera comprendida entre Punta Brava y Punta Betín, Provincia Geotectónica de Santa Marta. UIS. INVEMAR.

VILLALOBOS MEGÍA, M. (2001): "Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz", en Medio Ambiente 37, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla, págs. 36-39.

VILLALOBOS, M., BRAGA, J.C., GUIRADO, J. & PÉREZ, A.B. (2004). EL INVENTARIO ANDALUZ DE GEORECURSOS CULTURALES: CRITERIOS DE VALORIZACIÓN. DE RE METALLICA 3, 9-21.

VON ERFFA, A.F. & GEISTER, J. (1976). Über ein holozänes Korallen- und Mangrovenvorkommen nahe Santa Marta, Kolumbien. Mitt. Inst. Colombo-Alemán. Invest. Cient. 89,165-186. BOLETIN DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS. Resúmenes..

VOTH, A. (2007): “Cambios en las políticas de espacios naturales protegidos y desarrollo sostenible”, en Actas XX Congreso de Geógrafos Españoles, comunicaciones. Sevilla.

WIMBLEDON, W.A., GERASIMENKO, N.P., KARIS, L.O., SUOMINEN, V., JOHANSSON, C.E. & FREDEN, C. (2000). Proyecto GEOSITES, una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La Ciencia respalda por la conservación. En Baretino, D., Wimbledon, W.A. P. & Gallego, E. (Eds.), Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, 73-100.

WRIGHT, L.D., 1995. Morphodynamics of Inner Continental Shelves, 1st. edition, CRC Press, Inc., Boca Raton, 241 p.

[http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_nino/pdf/spa/doc9254/doc9254-contenido.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_nino/pdf/spa/doc9254/doc9254-contenido.pdf)

<http://www.elbu.es/index.php/sobre-la-espeleologia/geologia.html>

[www.igme.gov.co](http://www.igme.gov.co)

<http://www.britishgeologicalsurvey.com/>

[http://www.ingeminas.gov.co/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=5124&Itemid=1](http://www.ingeminas.gov.co/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=5124&Itemid=1)

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/10858/11335>

<http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P552.4B982/marcoTeorico.pdf>

[www.parquesnacionales.gov.co](http://www.parquesnacionales.gov.co)

<http://dyna.unalmed.edu.co/ediciones/155/articulos/a22v75n155/a22v75n155.pdf>.

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/>.

<http://www.imeditores.com/banocc/golfos/cap1.htm>.

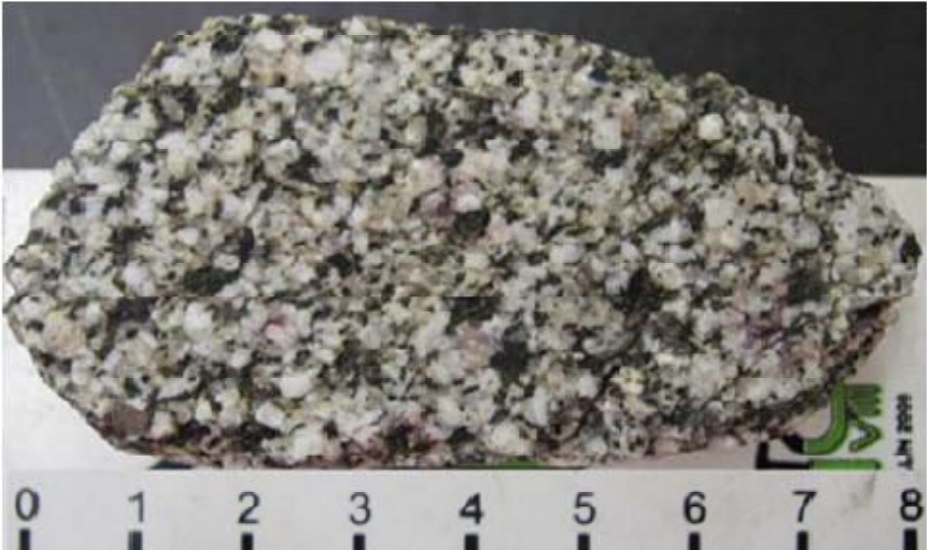
[http://mapas.snet.gob.sv/oceanografia/geoCostera0909/2\\_CostasArenosas.pdf](http://mapas.snet.gob.sv/oceanografia/geoCostera0909/2_CostasArenosas.pdf)


<http://www.imeditores.com/banocc/golfos/cap1.htm>

# **ANEXOS**


## ANEXO 1. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE MUESTRAS DE MANO


<b>MUESTRA : PSM 109</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1'726.229</b>	<b>Y= 983.769</b>	<b>Z= 19 msnm</b>
<p><b>Descripción geográfica:</b>                  Sobre la vía principal que va del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar al Rodadero, aproximadamente 100 metros antes de la entrada a Ecopetrol.</p>		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Máfico, gris oscuro	Qtz=5, Pl= 25, Feld.A.=0, Hbl= 55, Bt= 15	<b>Recálculo=</b> Q=16,7; Pl= 83,3; A=0
<b>Textura:</b> Fanerítica de grano medio		
<b>Estructura:</b> Masiva		
<b>Nombre de la roca: CUARZODIORITA</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La muestra corresponde a un enclave máfico en una granodiorita, característico del batolito de Santa Marta. Al parecer la roca ha sufrido alteración hidrotermal, por lo que se presenta clorita reemplazando a la Biotita y sericitita a la plagioclasa.</p>		

MUESTRA : PSM 111		
COORDENADAS		
X= 1'727.289	Y= 983.313	Z= 13 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Por la vía que va del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar al Rodadero, al margen derecho de la vía en esa misma, sobre el puente de Rio Gaira.</p>		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
Color : Félsico a intermedio	Qtz= 25, Pl= 40, Feld.Λ.- 15, Hbl- 12, Bt= 4, Ms= 2, Pnl= 2	<b>Recálculo=</b> Q- 31,25; Pl- 50; Λ- 18,5
Textura: Fanerítica de grano grueso		
Estructura: Masiva		
<b>Nombre de la roca: GRANODIORITA</b>		
<p><b>Observaciones:</b> El afloramiento presenta bastante diaclasamiento el cual tiende a ser paralelo y oxidación de las micas, mineralógicamente se pudo identificar tres variedades de mica (Biotita, Muscovita, Flogopita), y un mineral de color verde, de brillo vítreo, que muestra caras bien definidas y habito prismático, que posteriormente con el análisis microscópico se logro identificar como esfena.</p>		


<b>MUESTRA : PSM 113</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1`728.426</b>	<b>Y= 984.534</b>	<b>Z= 15 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Al costado noreste de los pozos de Eco petrol.		
		
<b>Propiedades</b>		<b>Composición Mineralógica (%Vol.)</b>
<b>Color :</b> Félsica		<b>Recálculo=</b> Q= 68,2; Pl= 31,8; A=0
<b>Textura:</b> Fanerítica de grano medio		
<b>Estructura:</b> Levemente foliada		
<b>Nombre de la roca: GRANITOIDE RICO EN CUARZO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta oxidación de la biotita y una distribución heterogénea de los minerales, al parecer ha sido sometida a esfuerzos y procesos que movieron y orientaron levemente sus minerales generando esta distribución heterogénea.</p>		

MUESTRA : PSM 116		
COORDENADAS		
X=1'727.525	Y= 984.337	Z= 35 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Al costado noreste de los pozos de Ecopetrol.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Máfico		Qtz= 5, Pl= 40, Feld.A= 0, Hbl= 45 Bt= 10  <b>Recálculo=</b> Q= 11; P= 89; A= 0
<b>Textura:</b> Fanerítica de grano fino a medio		
<b>Estructura:</b> Levemente foliada		
<b>Nombre de la roca: CUARZODIORITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca es un enclave máfico de un cuerpo granodiorítico, presenta fenocristales de cuarzo alargados en forma de lentes, que van en la dirección de la leve orientación que presenta la roca.		


MUESTRA : PSM 126		
COORDENADAS		
X=1`728.377	Y=983.731	Z= 17 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Por la vía que va del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar al Rodadero, después del puente al margen derecho.</p>		
		
Propiedades	Composición Mineralógica	
<b>Color :</b> Félsica a intermedia	Qtz= 38, Pl= 18,24, Feld.A= 19,76, Bt=5, Hbl=15, Ms=4	<b>Recálcu=</b> Q=50; Pl=24; A=26;
<b>Textura:</b> Fanerítica de grano fino		
<b>Estructura:</b> Levemente foliada		
<b>Nombre de la roca: MONZOGRANITO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta bastante oxidación y alteración por la que se encuentra Epidota al parecer reemplazando la plagioclasa.</p>		

MUESTRA : PSM 122		
COORDENADAS		
X=1'727.586	Y= 982.507	Z= 15 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> En un acantilado al sur sobre el Cerro la Gloria, al Respaldo del conjunto Lagos del Dulcino.		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Félsica	Qtz= 48; Pl= 35; Feld.A= 2; Bt= 5, Hbl= 5, Ms= 3, Phl= 2	<b>Recálculo=</b> Q= 56; P= 41; A= 3
<b>Textura:</b> Fanerítica de grano grueso		
<b>Estructura:</b> Masiva		
<b>Nombre de la roca: TONALITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta granate, y no exhibe ninguna orientación en sus cristales por lo que se asume que no ha sido afectada por procesos de presión y temperatura notables que alteren su génesis, sin embargo si se observa la presencia de epidota, al parecer por alteración hidrotermal de la plagioclasa.		

<b>MUESTRA : PSM 118</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1`727.790</b>	<b>Y= 982.925</b>	<b>Z= 19 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Al norte sobre el Cerro la Gloria, en cercanías del conjunto Lagos del Dulcino		
		
<b>Propiedades</b>		<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>
<b>Color :</b> Gris verdoso oscuro a pardo		Hornblenda, Biotita, Muscovita, Cuarzo, Plagioclasa,
<b>Textura:</b> Porfidoblástica.		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBOLITICO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta venas de cuarzo con espesores de 1 a 2 mm para lelas y otras oblicuas a la foliación metamórfica, también lentes del mismo mineral en forma de budines igualmente siguiendo la foliación. Se evidencia intercalación de bandas oscuras (Botita y Hornblenda) y bandas claras (plagioclasa) principalmente.		

MUESTRA : PSM 73		
COORDENADAS		
X= 1'728,210	Y= 983,226	Z= 14 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Al norte sobre el Cerro la Gloria, en límites del conjunto Lagos del Dulcino y en dirección al Sector Salguero, aproximadamente a 500 metros del margen izquierdo de la vía al Rodadero.</p>		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Gris verdosa		Anfiboles, Biotita, Plagioclasa, Cuarzo
<b>Textura:</b> Nematoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta bandas de cuarzo y feldespatos, con espesores de hasta 2mm concordantes con la foliación de la roca. Muestra una matriz de grano muy fino</p>		


<b>MUESTRA : PSM 75</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1 728.210</b>	<b>Y= 983.226</b>	<b>Z= 15 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en el Sector Salguero		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Gris verdoso	Anfibol, Biotita, Plagioclasa	
<b>Textura:</b> Porfidoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO HORNBLENDICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta porfidoblastos con forma alargada de diferente composición, los cuales siguen la foliación de la roca, aunque esta no tiene una exfoliación muy marcada alcanza a entrar en la clasificación de esquistos. Muestra una matriz de grano fino a medio.</p>		

MUESTRA : PSM 76		
COORDENADAS		
X= 1'728.435	Y= 983.226	Z= 15 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en el Sector Salguero.		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Félsica	Qtz= 33; Pl= 42; Feld.A= 0; Bt= 15; Anfíbol= 5; Ms= 5	<b>Recálcu=</b> Q= 43.7; P= 56.3; A= 0
<b>Textura:</b> Fanerítica		
<b>Estructura:</b> Maciza		
<b>Nombre de la roca: TONALITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta tamaños de grano muy grueso mayor a 9 mm, no presenta orientación, solo un poco de oxidación al parecer por alteración supergénica de las micas.		


MUESTRA : PSM 79		
COORDENADAS		
X= 1'728.548	Y= 983.258	Z= 14 msnm
Descripción geográfica: Ubicados en el Sector Salguero		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Verde oliva	Clorita, Anfíbol, Cuarzo	
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Bandeada		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO CLORÍTICO</b>		
<b>Observaciones:</b> Presenta foliación continua de bandeado composicional. Apariencia sedosa, la clorita se encuentra distribuida de manera homogénea a lo largo de toda la muestra.		

MUESTRA : PSM 80		
COORDENADAS		
X= 1'728.548	Y= 983.258	Z= 15 msnm
Descripción geográfica: Ubicados en el Sector Salguero		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color</b> : De Félsica a Intermedia	Qtz= 25; Pl= 40; Feld.A= 10 ; Anfíbol =15; Bt= 7; Ms= 3.	Recálculo= Q= 33.3; P= 53.3; A= 13.3.
<b>Textura</b> : Fanerítica de grano medio		
<b>Estructura</b> : Maciza		
<b>Nombre de la roca: GRANODIORITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta un color pardo amarillento en algunos sectores producto de la oxidación de la biotita, no presenta ningún tipo de orientación por lo que se infiere, no estuvo expuesta ningún proceso deformativo.		


<b>MUESTRA : PSM 81</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1'728.548</b>	<b>Y= 983.258</b>	<b>Z= 16 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en el Sector Salguero.		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Verde oliva	Clorita, Anfíbol, Biotita, Cuarzo.	
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO CLORITICO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta bandeamiento producto de la alineación de minerales color verde a negro como resultado de la intercalación del anfíbol y la clorita.		

MUESTRA : PSM 85		
COORDENADAS		
X= 1'728.645	Y= 983.968.	Z= 15 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en el Sector Salguero al costado del intercambiador de la vía a Barranquilla y la Troncal del Caribe.		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
Color : Pardo	Qtz= 30; Pl= 40; Feld.A= 5, Hbl= 10; Bt= 15	<b>Recálculo=</b> Q= 40; P= 53; A= 7
Textura: Fanerítica		
Estructura: Maciza		
<b>Nombre de la roca: METAGRANODIORITA</b>		
<b>Observaciones:</b> Los minerales presentan orientación como producto de un grado bajo de metamorfismo de la roca.		

MUESTRA : PSM 104		
COORDENADAS		
X= 1°730.435	Y= 984.129	Z= 80 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados hacia el margen derecho del restaurante Pez Caribe, a unos 300 metros aproximadamente.</p>		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Gris claro verdoso		
<b>Textura:</b> Homeoblástica	Cuarzo, Plagioclasa, Feldespato, Biotita, Muscovita, Anfíbol, Granate	
<b>Estructura:</b> Esquistosa a Bandeada		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO CUARZO-FELDESPÁTICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta venillas de hasta 3 mm de espesor de cuarzo y feldespato, en cantidades mínimas granates altamente meteorizados, debido a su presencia se puede asegurar que el metamorfismo es de alto grado.</p>		

MUESTRA : PSM 105		
COORDENADAS		
X= 1`730.435	Y= 984.129	Z= 80 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados hacia el margen derecho del restaurante Pez Caribe, a unos 300 metros aproximadamente.</p>		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol)	
<b>Color :</b> Blanco- Amarillento	Qtz= 40; Pl= 40; Feld.A= 5; Ms: 10 Bt:5	<b>Recálculo=</b> Q= 47; P= 47; A= 6
<b>Textura:</b> Fanerítica		
<b>Estructura:</b> Maciza		
<b>Nombre de la roca: TONALITA</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta una coloración amarillenta producto de la oxidación de la biotita.</p>		

<b>MUESTRA : PSM 68</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1'730.310</b>	<b>Y= 983.590</b>	<b>Z= 33 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en la parte urbana del Rodadero. Al margen derecho de la vía central.		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Gris verdoso	Anfíbol, Moscovita, Biotita, Cuarzo, Plagioclasa.	
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBOLICO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta una foliación poco prominente, corresponde a un esquistoso bien compactado.		

MUESTRA : PSM 69		
COORDENADAS		
X= 1'730.116	Y= 983.588	Z= 17msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en la parte urbana del Rodadero. Al margen derecho de la vía central.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol)
<b>Color :</b> Blanco a gris claro		Qtz= 37; Pl= 43 Feld.A= 5; Ms= 10; Bt= 5  <b>Recálculo=</b> Q= 43.75; P= 50; A= 6.25.
<b>Textura:</b> Porfídica de grano grueso		
<b>Estructura:</b> Masiva		
<b>Nombre de la roca: PEGMATITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta cristales euhedrales de 3cm de longitud, no presenta ninguna orientación.		

MUESTRA : PSM 54		
COORDENADAS		
X= 1'731.400	Y= 983.600	Z= 89 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al norte del Rodadero. Sobre la Punta de Gaira.		
		
Propiedades	Composición Mineralógica	
<b>Color :</b> Verde oscuro	Anfíbol, Cuarzo, Plagioclasa, Biotita	
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta venas de cuarzo de hasta 2 mm concordantes con la foliación, las cuales se encuentran budinadas y replegadas.		

MUESTRA : PSM 58		
COORDENADAS		
X= 1'731.480	Y= 983.960	Z= 75 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al norte del Rodadero. Sobre la Punta de Gaira.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Gris verdoso		Anfibol, Muscovita, Biotita, Pirita,
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa a Bandeada		
Nombre de la roca: <b>ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta estructura moteada debido a los cristales de pirita oxidada que se encuentran sobre los planos de foliación al parecen estos cristales se ubican en zonas preferenciales porque no están distribuidos en la roca uniformemente.</p>		

MUESTRA : PSM 59		
COORDENADAS		
X= 1'731.400	Y= 983.100	Z= 75 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al norte del Rodadero. Sobre la Punta de Gaira.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Verde claro		Cuarzo; Clorita, Pirita y Granate.
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO CLORÍTICO</b>		
<b>Observaciones:</b> Roca verde a gris muy compacta pobremente foliada, presenta carbonatos y venillas blancas de 1 mm que son concordantes con el plano de foliación.		


<b>MUESTRA : PSM 56</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1`732.277</b>	<b>Y= 985.074</b>	<b>Z= 66 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al norte del Rodadero. Sobre la Punta de Gaira.		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Gris verdoso a negro	Anfíbol, Cuarzo, Plagioclasa, Clorita, Biotita, Pirita.	
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta tamaño de grano fino a medio, con mediano desarrollo de la foliación, brillo sedoso. Se observa sericita como alteración de la plagioclasa.		

MUESTRA : PSM 57		
COORDENADAS		
X= 1'731.540	Y= 984.420	Z= 89 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al noreste del Rodadero, fuera del área rural, por la vía central.</p>		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Gris verdoso a negro		Anfibol, Plagioclasa, Muscovita, Epidota, Cuarzo.
<b>Textura:</b> Nematoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<p><b>Nombre de la roca:</b> <b>ESQUISTO GRAFITOSO CON ANFÍBOL</b></p>		
<p><b>Observaciones:</b> Esquisto Anfibólico con venillas de Cuarzo, rico en Ms y Qtz. Presenta sericita como alteración de la plagioclasa. Y grafito como distribuido de manera homogénea en toda la roca.</p>		

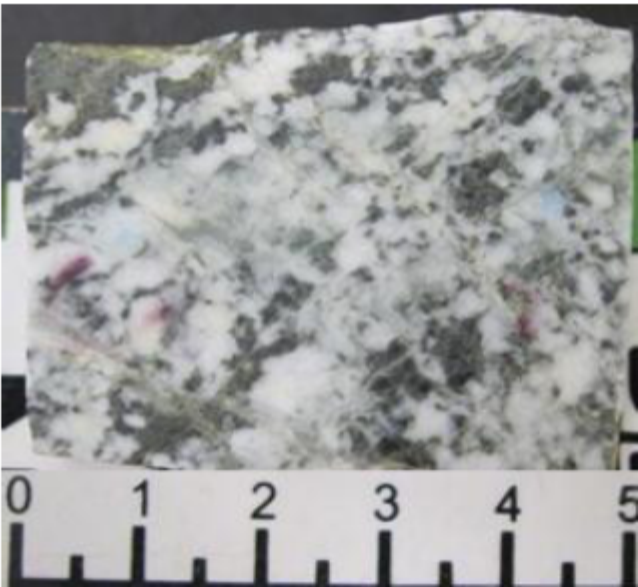
<b>MUESTRA : PSM 55</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1`732.314</b>	<b>Y= 985.079</b>	<b>Z= 70 msnm</b>
<p><b>Descripción geográfica:</b> Sobre la vía principal que va del Rodadero a Santa Marta, aproximadamente 500 metros antes del batallón.</p>		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Gris verdoso a negro	Clorita, Cuarzo, Anfíboles, Pirita	
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Bandeada		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> Roca metamórfica tipo esquistos con composición de clorita, cuarzo, anfíboles, pirita y Muscovita; brillo sedoso con estructura esquistosa.</p>		

MUESTRA : PSM 29		
COORDENADAS		
X= 1 736.000	Y= 936.400	Z= 90 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> A la altura de la Ciudad de Santa Marta, frente a la Sociedad Portuaria.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Verde claro		Cuarzo, Epidota, Anfíbol, Talco, Pirita,
<b>Textura:</b> Homeoblástica		
<b>Estructura:</b> Bandeada		
<b>Nombre de la roca: FILITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta un color rojizo producto de la oxidación de la Pirita, y tamaño de grano muy fino.		

MUESTRA : PSM 44		
COORDENADAS		
X= 1731938	Y= 984906	Z= 55 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen derecho de la vía que de Santa Marta conduce a Taganga entrando al barrio San Jorge.</p>		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Gris verdoso		Cuarzo, Anfíbol, Plagioclasa, Grafito.
<b>Textura:</b> Heteroblástica, Porfidoblástica		
<b>Estructura:</b> Cataclástica		
<b>Nombre de la roca: MILONITA</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta evidencias de deformación como, alargamiento y aplanamiento de minerales, tiene tamaño de grano fino, que por su reología de sufrió una deformación dúctil, mostrando desarrollo de una foliación fina, contiene porfiroclastos, por todas las características presentadas, se asegura que la roca sufrió metamorfismo dinámico, por lo que es una roca de falla de una zona un poco profunda.</p>		

MUESTRA : PSM 46		
COORDENADAS		
X= 1`736.400	Y= 986.400	Z= 86 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va de Santa Marta a Taganga, a la altura del barrio San Jorge.</p>		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol)
Color : Gris verdoso		Talco, Clorita, Moscovita
Textura: Heteroblástica		
Estructura: Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO TALCOSO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> Presenta color verdoso de tamaño de grano fino, brillo sedoso, frágil estructura masiva. Presenta manchas de color aguamarina posiblemente un mineral perteneciente al grupo de las serpentinas.</p>		

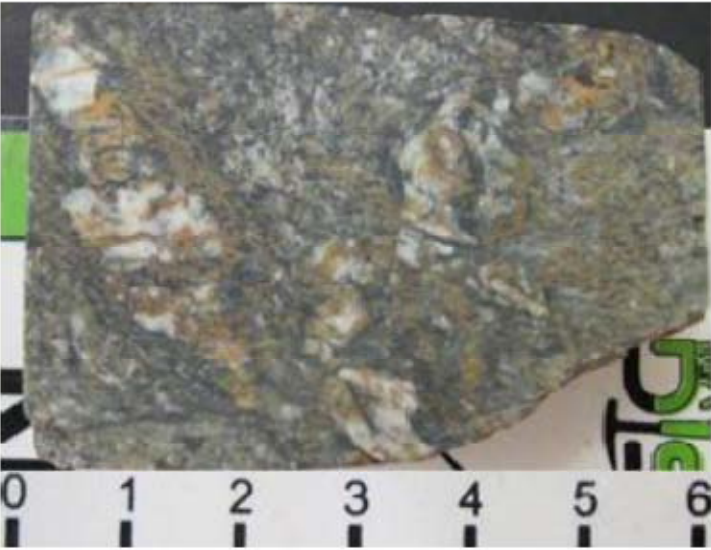
<b>MUESTRA : PSM 45</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1'736.400</b>	<b>Y= 986.400</b>	<b>Z= 86 msnm</b>
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va de Santa Marta a Taganga, a la altura del barrio San Jorge.</p>		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Verde claro	Cuarzo, Clorita, Plagioclasa, Anfíbol, Moscovita, Carbonatos.	
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO CLORÍTICO.</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta bandeamiento composicional, se observa una coloración amarilla – pardo producto de la alteración de la biotita.</p>		

MUESTRA : PSM 31		
COORDENADAS		
X= 1'736.630	Y= 986.960	Z= 86 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va de Santa Marta a Taganga, en limite de los barrios San Jorge y Nacho Vives.</p>		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Verde oliva	Anfibol, Plagioclasa, Cuarzo, Biotita, Muscovita, Epidota.	
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Masiva		
<b>Nombre de la roca: ANFIBOLITA</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca es una granofélsica, constituida principalmente por anfíbol y plagioclasa, los cuales constituyen más del 75 % de la roca.</p>		


MUESTRA : PSM 42		
COORDENADAS		
X= 1'736.800	Y= 987.000	Z= 86msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va de Santa Marta a Taganga, aproximadamente 200 metros antes del Mirador de Taganga.</p>		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Verde pardo		Cuarzo, Anfíbol, Biotita, Plagioclasa, Pirita
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa a Bandeada		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta venas de cuarzo de hasta 5mm y coloración amarillo- pardo producto de alteración de la biotita.</p>		


MUESTRA : PSM 43		
COORDENADAS		
X= 1'736.800	Y= 987.000	Z= 86msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va de Santa Marta a Taganga, aproximadamente 200 metros antes del Mirador de Taganga.</p>		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
Color : Verde claro		Cuarzo, Anfíbol, Plagioclasa, Clorita, Biotita, Carbonatos
Textura: Heteroblástica		
Estructura: Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta tamaño de grano medio, grado de metamorfismo medio.</p>		

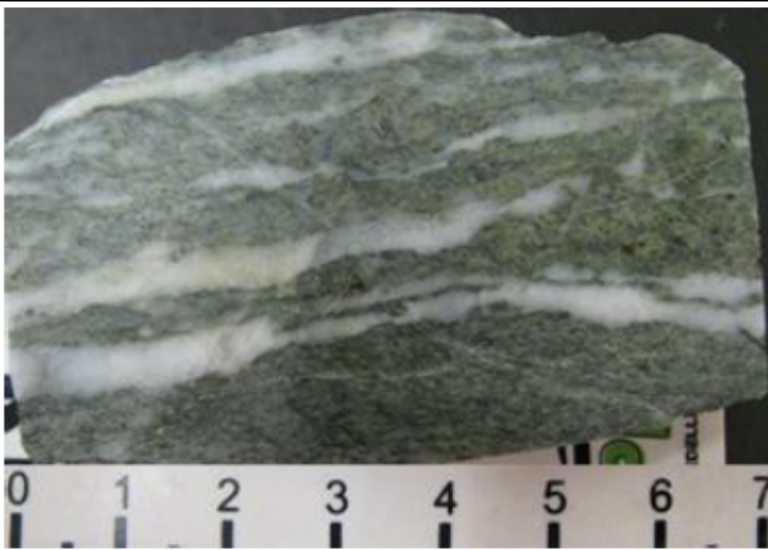
MUESTRA : PSM 24		
COORDENADAS		
X= 1737.190	Y= 986.800	Z= 65 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados sobre el Cerro Punta Vaca, antes de llegar al Mirador.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Gris oscuro		Grafito, Biotita, Cuarzo, Plagioclasa.
<b>Textura:</b> Porfiroblástica.		
<b>Estructura:</b> Esquistosa, de Micropliegue, Cataclástica		
<b>Nombre de la roca: MILONITA (ESQUISTO GRAFITOSO)</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta porfiroclastos boudinados de cuarzo, embebidos en una matriz, con altos contenidos de grafito, biotita, cuarzo, plagioclasa, por lo que muestra también una estructura milonítica, se observa la presencia de oxidación.		

<b>MUESTRA : PSM 40</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1 737.100</b>	<b>Y= 986.950</b>	<b>Z= 10 msnm</b>
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados sobre el Cerro Punta Vaca, antes de llegar al Mirador.</p>		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Verde pardusco	Cuarzo, Anfíbol, Muscovita, Epidota, Plagioclasa, Pirita, Carbonatos,	
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Cataclástica		
<b>Nombre de la roca: MILONITA</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta intercalaciones de colores oscuros y blancos de grano fino con un brillo sedoso y una estructura levemente bandeada. Se observan porfidoblastos de composición similar a la de la matriz</p>		


MUESTRA : PSM 23		
COORDENADAS		
X= 1'737.050	Y= 986.920	Z= 53 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados sobre el Cerro Punta Vaca, antes de llegar al Mirador de Taganga.		
		
Propiedades		Composición Mineralógica (% Vol.)
<b>Color :</b> Gris verdoso		Anfibol. Plagioclasa, Cuarzo, Carbonatos.
<b>Textura:</b> Nematoblástica		
<b>Estructura:</b> Esquistosa		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta sericita como alteración de la plagioclasa, y venas de cuarzo intercaladas con anfíboles.		

<b>MUESTRA : PSM 3</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>X= 1'737.180</b>	<b>Y= 987.220</b>	<b>Z= 60 msnm</b>
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados sobre la vía que va de Santa Marta a Taganga, después del Mirador.		
		
<b>Propiedades</b>	<b>Composición Mineralógica (% Vol.)</b>	
<b>Color :</b> Pardo a negro	Grafito. Plagioclasa, Anfíbol, Cuarzo	
<b>Textura:</b> Heteroblástica		
<b>Estructura:</b> Bandeada		
<b>Nombre de la roca: ESQUISTO GRAFITOSO</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta zonas de boudinage y venillas de carbonatos, tiene un grado medio de metamorfismo.		

MUESTRA : PSM 53		
COORDENADAS		
X= 1`737.360	Y= 987.480	Z= 69 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va a Taganga, a unos metros de la entrada al corregimiento.		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Blanco a gris	Qtz= 30; Pl= 33; Feld.A= 7; Bt= 10; Ms= 20	<b>Recálculo=</b> Q= 43; P= 47; Feld.A= 10
<b>Textura:</b> Porfídica de grano medio		
<b>Estructura:</b> Maciza		
<b>Nombre de la roca: PEGMATITA</b>		
<b>Observaciones:</b> Se presenta a manera de dique, esta oxidada.		

MUESTRA : PSM 22		
COORDENADAS		
X= 1'737.460	Y= 987.430	Z= 85 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados al margen izquierdo de la vía que va a Taganga, a unos metros de la entrada al corregimiento.		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Verde claro	Epidota, Clorita, Pirita, Carbonatos	
<b>Textura:</b> Lepidoblástica.		
<b>Estructura:</b> Bandeada		
<b>Nombre de la roca: Filita</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta un color marrón (oxidación) rojizo producto de la percolación de aguas superficiales.		

MUESTRA : PSM 12		
COORDENADAS		
X= 1`737.960	Y= 987.300	Z= 10 msnm
<p><b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en un acantilado siguiendo la dirección del recorrido después de la playa Genemaca, en la Bahía de Taganga.</p>		
		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
Color : Máfico	Qtz= 20; Pl= 50; Feld.A= 10; Anfíboles:10; Bt= 5; Ms= 5	<b>Recálculo=</b> Q= 25; P= 62,5; A= 12, 5
Textura: Fanerítica de grano fino a medio		
Estructura: Masiva		
<b>Nombre de la roca: MONZOGABRO</b>		
<p><b>Observaciones:</b> La roca presenta venas de cuarzo de hasta 2mm de espesor y venillas anastomosadas de hasta 1mm, compuestas por carbonatos.</p>		

MUESTRA : PSM 13		
COORDENADAS		
X= 1'737.960	Y= 987.300	Z= 78 msnm
<b>Descripción geográfica:</b> Ubicados en un acantilado siguiendo la dirección del recorrido después de la playa Genemaca, en la Bahía de Taganga.		
 <p>The photograph shows a dark, speckled rock sample. Below the rock is a ruler with markings from 1 to 7 centimeters. The rock has a mottled appearance with dark spots on a lighter background.</p>		
Propiedades	Composición Mineralógica (% Vol.)	
<b>Color :</b> Máfico a intermedio	Qtz= 10; Pl= 75; Feld.A= 5; Bt= 6; Ms= 2; Chl= 1	<b>Recálculo=</b> Q= 11; P= 83; A= 6.
<b>Textura:</b> Holocristalina		
<b>Estructura:</b> Maciza		
<b>Nombre de la roca: MONZODIORITA</b>		
<b>Observaciones:</b> La roca presenta clorita y posible alteración de anfíboles.		

## ANEXO 2 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE SECCIONES DELGADAS

**MUESTRA: PSM19**

**Nombre de la roca: FILITA CALCÁREA**

### Composición mineralógica

Presenta textura lepidogranoblástica, estructura singenética, bandeada polimineral, presentando una foliación espaciada de paralela a anostomosada, muy mal calibrada.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Mica (Muscovita),

**Minerales Menores:** Plagioclasa (Albita)

**Minerales Accesorios:** Carbonatos (Siderita), Clorita, Calcita (en vetas con cuarzo)

**Minerales Secundarios:** Plagioclasa (Sericita)

**Cuarzo:** Se presenta en dos generaciones según su tamaño.

Cuarzo 1: individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerales con la muscovita y plagioclasa asociado en contacto neto

Cuarzo 2: Este tipo de cuarzo esta relleno de vetas, mostrando un mayor tamaño de los cristales y siempre acompañando a la calcita, al parecer reemplazándola y en algunos casos a la clorita. También se presenta relleno de estructuras boudinadas.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa y en algunos casos calcita.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto neto con cuarzo 1, cuarzo 2 y muscovita, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Clorita:** Individuos de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta una birrefringencia muy débil, el color de interferencia es azul berlín, textura heteroblástica y forma subidioblástica de habito tabular, ligada a cuarzo 1, cuarzo 2, plagioclasa, muscovita y calcita.

**Siderita:** Individuos oscurecidos por oxidación, con manchas parchas, heteroblásticos, subidioblásticos, con relieve variable, no presenta maclas y colores de interferencia gris perla, se encuentra en contacto neto principalmente con cuarzo 2, en algunos casos con muscovita y clorita, como relleno de cavidades y parece que fue reemplazada por cuarzo 1 por eventos hidrotermales.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

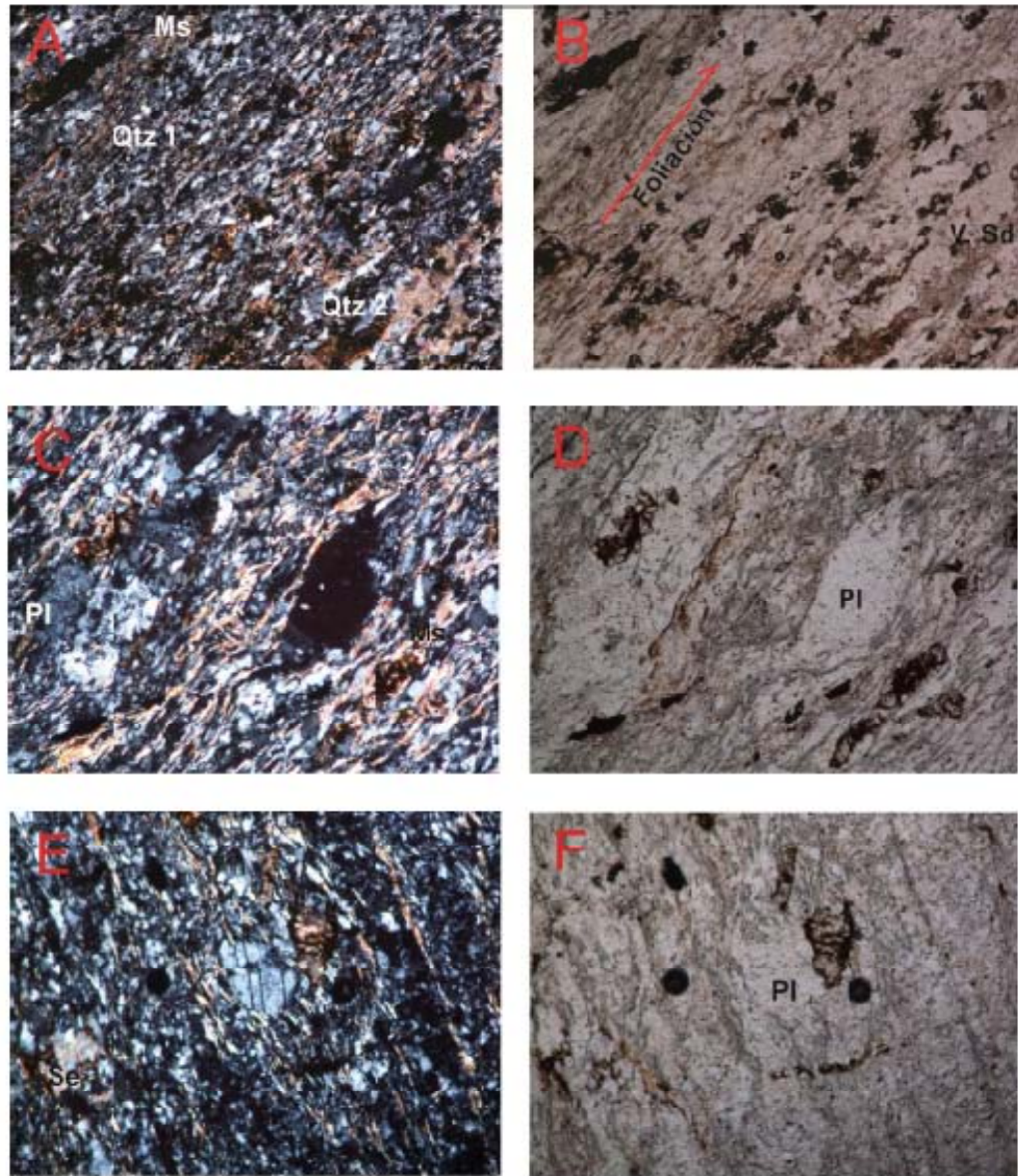
Muscovita + Clorita + Albita + Cuarzo. (Ms + Chl + Ab + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos verdes.

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita.



**Figura 1. FILITA CALCÁREA,** En general la muestra presenta bastante oxidación, **A y B)** Dirección de foliación, distinción entre cuarzo 1 y cuarzo 2 asociado a vena de siderita, y muscovita mostrando rasgos deformativos en forma de "s". **C y D)** Textura mirmequitica, intercrecimiento de plagioclasa y cuarzo. **E y F)** Fractura y sericitación porfidoblastos de plagioclasa (albita). (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSM 8

Nombre de la roca: **ESQUISTO GRAFITOSO**

### Composición mineralógica

Presenta textura granoblástica, porfidoblástica y cataclástica milonítica, estructura singenética, bandeada polimineral, presentando una foliación espaciada de paralela a anostomosada, muy mal calibrada, con presencia de dos generaciones de cuarzo según su tamaño y asociación como 1 y 2, la roca sufrió alteración hidrotermal, por lo que se puede observar sericita reemplazando la plagioclasa.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Grafito, Plagioclasa (Albita)

**Minerales Menores:** Epidota (Zoisita), Mica (Muscovita), Clorita (Proclorita)

**Minerales Accesorios:** Feldespato Alcalino ( )

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Cuarzo:** Se presenta en dos generaciones según su tamaño.

Cuarzo 1: individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerales con la muscovita, plagioclasa, epidota, feldespato y clorita asociado en contacto neto.

Cuarzo 2: Este tipo de cuarzo esta relleno de vetas, mostrando un mayor tamaño de los cristales acompañado de plagioclasa, feldespato y en algunos casos de clorita y grafito.

**Grafito:** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos, como laminas delgadas siguiendo la foliación y también como agregados de formas subredondeadas, de color negro y lustre metálico, al parecer relleno de espacios en la roca, distribuido heterogéneamente por toda la roca.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto neto con cuarzo 1, cuarzo 2, epidota, grafito, feldespato, muscovita y clorita, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas, algunos cristales están completamente alterados.

**Epidota (Zoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad no férrica, con colores de interferencia anormales azul oscuro, se asocia a cuarzo 1 y 2, a grafito, plagioclasa, clorita y muscovita.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa, clorita, grafito y epidota.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlin hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de hábito tabular, ligada a cuarzo 1, cuarzo 2, plagioclasa, muscovita, grafito y epidota.

**Feldespato Alcalino (Ortoclasa):** Individuos incoloros sucios, de relieve débil, colores de interferencia de gris a blanco grisáceo, con extinción paralela y sin maclas, asociado a cuarzo 1 y 2, a grafito y plagioclasa.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Máfico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

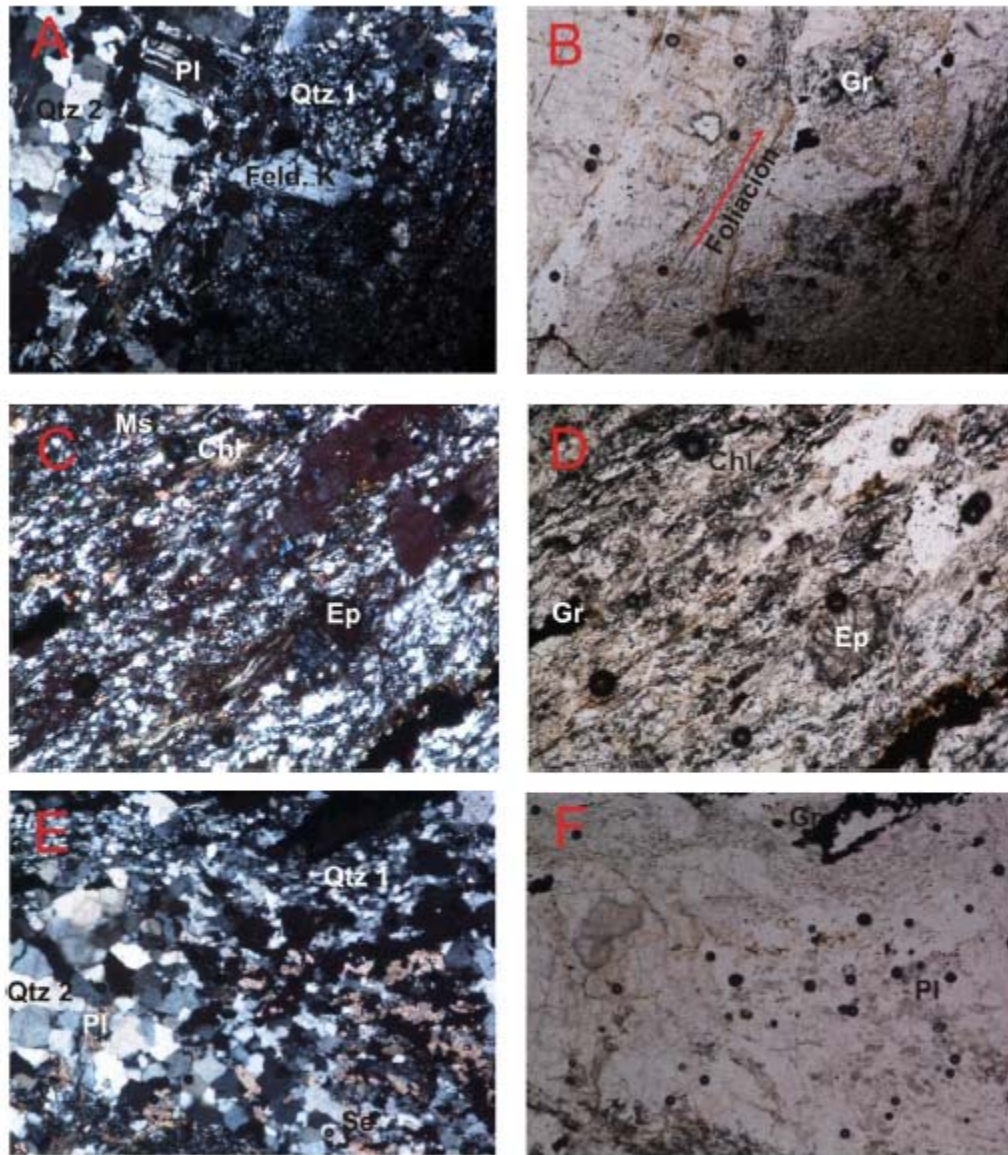
Albita + Epidota + Clorita + Cuarzo. (Ab + Ep + Chl + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos verdes.

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita.



**Figura 2. ESQUISTO GRAFITOSO, A y B)** Dirección de foliación, distinción entre cuarzo 1 y cuarzo 2 asociado a porfidoblastos de feldespato y plagioclasa, y a grafito. **C y D)** Asociación de cuarzo 1 con clorita, muscovita, epidota y grafito. **E Y F)** Asociación de Cuarzo 1 y 2 con grafito y plagioclasa, alteración hidrotermal de la misma a sericita. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 20**  
**Nombre de la roca: FILITA CALCÁREA**

**Composición mineralógica**

Presenta textura granoblástica, estructura singenética, bandeada polimineral, presentando una foliación espaciada de paralela a anostomosada, los minerales presentan tamaños muy pequeños por lo que es difícil su identificación.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Plagioclasa (Albita)

**Minerales Menores:** Epidota (Zoisita), Mica (Muscovita), Clorita (Proclorita)

**Minerales Accesorios:** Carbonatos (Siderita), Pirita

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerales con la muscovita, plagioclasa, epidota, clorita, en algunos casos con carbonato y pirita asociado en contacto neto.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto neto con cuarzo, epidota, muscovita y clorita, en algunos casos con carbonato y pirita, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita, y formando junto con intercrecimiento de cuarzo la textura mirmequitica.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Epidota (Zoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad no férrica, con colores de interferencia anormales azul oscuro, se asocia a cuarzo, plagioclasa, clorita, muscovita, epidota, en algunos casos a pirita y carbonato.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa, clorita, epidota, en algunos casos a carbonato y pirita.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de habito tabular, ligada a cuarzo 1, cuarzo 2, plagioclasa, muscovita, grafito y epidota.

**Carbonato (Siderita):** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos, como porfidoblastos, esparcidos heterogéneamente por la placa, incoloros con manchas pardas por alteración, relieve variable, birrefringencia extrema, concordantes con la foliación de la roca, en contacto con cuarzo, plagioclasa, epidota, muscovita y en ocasiones con pirita.

**Pirita:** Individuos de color amarillo latón con lustre metálico, heteroblásticos, idioblásticos, de forma cuadrada a rectangular. Se presentan como porfidoblastos, asociado a cuarzo, plagioclasa, epidota, muscovita, clorita y en ocasiones carbonato.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

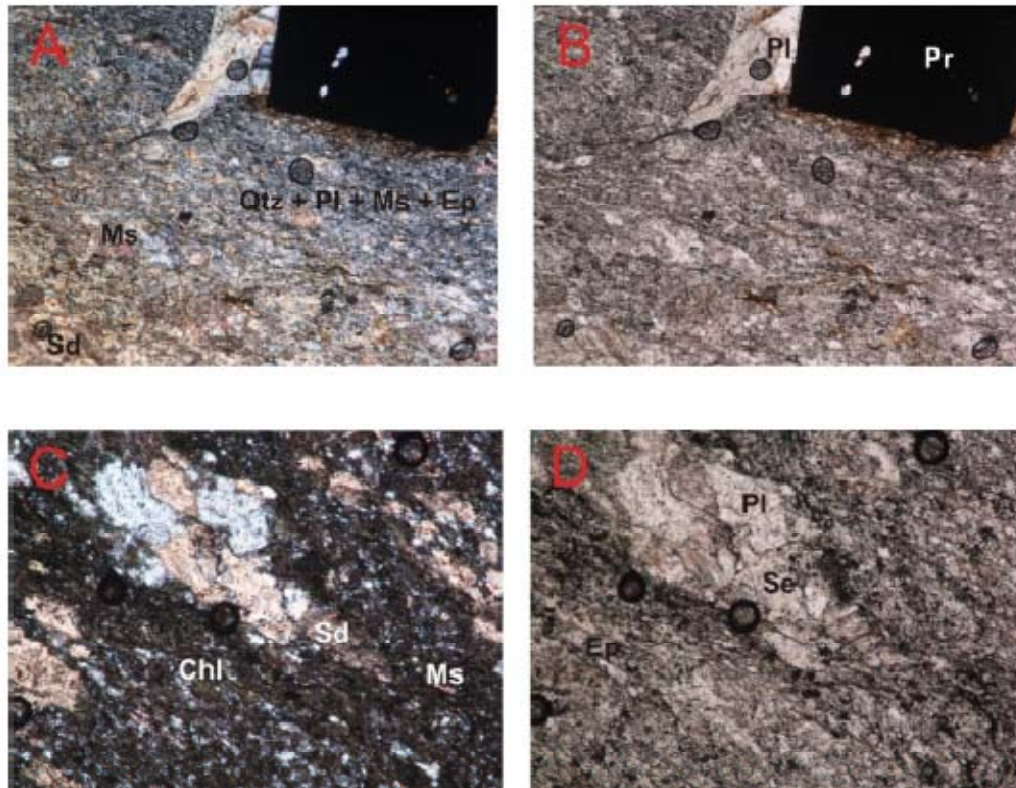
Muscovita + Clorita + Plagioclasa (Albita) + Cuarzo (Ms + Chl + Ab +Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita



**Figura 3. FILITA CALCAREA, A y B)** Cristales de tamaño muy pequeño, asociación de cuarzo, plagioclasa, muscovita y en ocasiones epidota, vena con carbonato en la parte inferior izquierda y un porfidoblásto de pirita en la superior derecha. **C y D)** Asociación de clorita, muscovita, epidota, cuarzo, hacia el centro una vena de plagioclasa alterando a sericita, con textura mirmequítica, asociada a carbonato. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSM 21

Nombre de la roca: ESQUISTO CUARZO-GRAFITOSO

### Composición mineralógica

Presenta textura lepidogranoblástica, estructura singenética, bandeada polimineral, presentando una foliación espaciada de paralela a anostomosada, los minerales son heteroblásticos, heterogéneamente distribuidos por la muestra, se pueden distinguir dos generaciones de cuarzo.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Plagioclasa (Albita)

**Minerales Menores:** Grafito, Mica (Muscovita), Clorita (Proclorita)

**Minerales Accesorios:** Carbonatos (Siderita)

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Cuarzo:** Se presenta en dos generaciones según su tamaño.

Cuarzo 1: individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerales con la muscovita, plagioclasa, clorita y en ocasiones con grafito y carbonato.

Cuarzo 2: Este tipo de cuarzo esta relleno de vetas, mostrando un mayor tamaño de los cristales acompañado de plagioclasa, y en algunos casos de clorita y grafito.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto neto con cuarzo 1, cuarzo 2, grafito, muscovita, clorita y algunas veces con carbonato, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas, algunos cristales están completamente alterados.

**Grafito:** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos, como laminas delgadas siguiendo la foliación y también como agregados de formas subredondeados, de color negro y lustre metálico, al parecer relleno de espacios en la roca, distribuido heterogéneamente por toda la roca.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con cuarzo 1, plagioclasa, clorita y grafito.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de hábito tabular, ligada a cuarzo 1, cuarzo 2, plagioclasa, muscovita, grafito y en ocasiones a carbonato.

**Carbonato (Siderita):** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos, como porfidoblastos, esparcidos heterogéneamente por la placa, incoloros con manchas pardas por alteración, relieve variable, birrefringencia extrema, concordantes con la foliación de la roca, asociados a cuarzo, plagioclasa, muscovita y en ocasiones con grafito.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

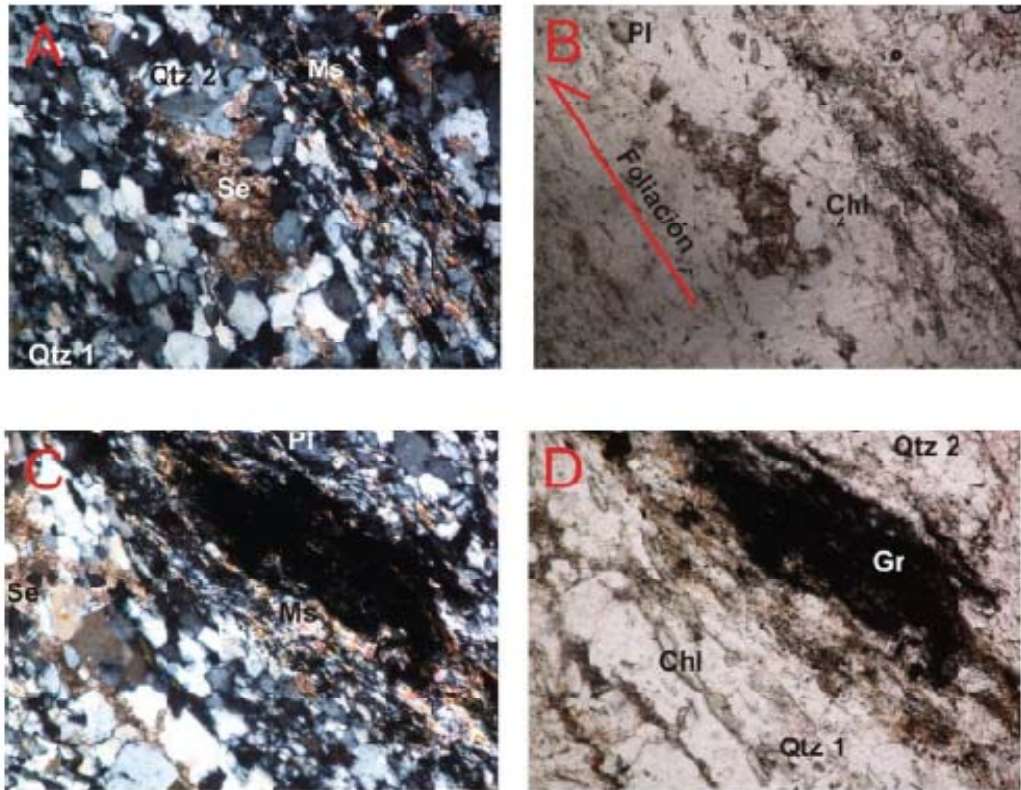
Muscovita + Clorita + Plagioclasa (Albita) + Cuarzo (Ms + Chl + Ab +Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita



**Figura 4. ESQUISTO CUARZO-GRAFITOSO**, la muestra en general presenta intercalación de bandas de diferente tamaño. **A y B)** Dirección de foliación, distinción entre cuarzo 1 asociado a muscovita y cuarzo 2 asociado a plagioclasa alterando a sericita, y muscovita mostrando rasgos deformativos en forma de "s". **C y D)** Fractura y sericitación porfidoblastos de plagioclasa (albita), asociados en su mayoría a cuarzo 2; a la derecha clorita, cuarzo 1, muscovita y grafito relleno una estructura boudiada, para luego pasar de nuevo a encontrar cuarzo 2 y plagioclasa. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 30**

**Nombre de la roca: ESQUISTO CALCO-SILICATADO**

**Composición mineralógica**

Presenta textura Nematoblástica, estructura esquistosa, los minerales son heteroblásticos, heterogéneamente distribuidos por la muestra.

**Minerales Principales:** Carbonato (calcita), Anfíbol (Tremolita), Mica (Muscovita)

**Minerales Menores:** Anfíbol (Magnesio-hornblenda) Clorita (Proclorita)

**Minerales Accesorios:** Epidota (Zoisita), Plagioclasa (albita), Mica (flogopita) Cuarzo, Clorita (Proclorita).

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Carbonato (Calcita):** Individuos incoloros un poco oscurecidos, heteroblásticos, subidioblásticos, con relieve variable, birrefringencia extrema, extinción paralela, maclado polisintético, dispuestas en la dirección de la foliación de la roca, en contacto con anfíbol, mica, epidota, plagioclasa, clorita y cuarzo.

**Anfíbol (Tremolita):** Individuos incoloros, subidioblásticos, heteroblásticos, formando cristales primarios largos, con la exfoliación característica de los anfíboles, relieve moderadamente alto y birrefringencia alta colores de interferencia que van del segundo orden bajo al medio. Se asocia con carbonato, Hornblenda, muscovita, epidota, y en ocasiones con plagioclasa, cuarzo y clorita.

**Mica (Muscovita):** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con carbonato, anfíbol, epidota, plagioclasa, flogopita y en menor proporción con clorita y cuarzo.

**Anfíbol (Magnesio-hornblenda):** Individuos de color castaño pálido, con leve pleocroísmo, xenoblásticos, heteroblásticos, mostrando ángulos de exfoliación característicos de los anfíboles, relieve alto, birrefringencia moderada con colores de interferencia que están en la mitad del segundo orden, se asocia con calcita, tremolita, muscovita, epidota, y en ocasiones con plagioclasa, cuarzo y clorita.

**Epidota (Zoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad no férrica zoisita con colores de interferencia anormales azul oscuro, se asocia a carbonato, anfíbol, cuarzo, plagioclasa, clorita, flogopita y muscovita.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con carbonato, anfíbol, flogopita, muscovita, epidota, clorita y algunas veces con cuarzo, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas, algunos cristales están completamente alterados.

**Mica (Flogopita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, relieve moderado a bajo, con colores de interferencia en la mitad del segundo orden, se asocia principalmente a carbonato, epidota, muscovita, cuarzo y plagioclasa.

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares asociados con carbonato, anfíbol, muscovita, plagioclasa, clorita, muscovita y flogopita.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de hábito tabular, en contacto con carbonato, anfíbol, plagioclasa, muscovita, flogopita y epidota.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Carbonatada

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

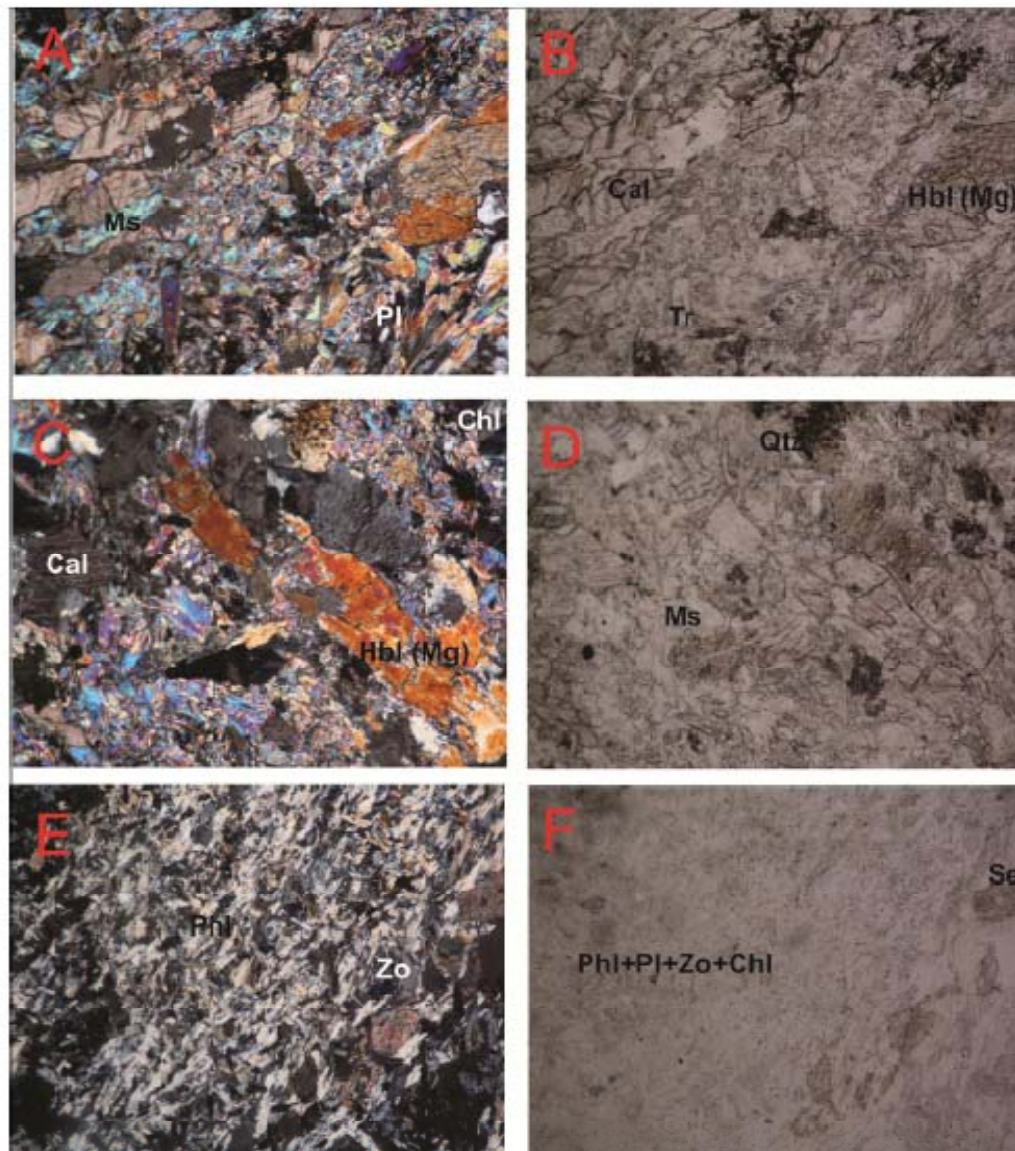
Calcita + Epidota + Tremolita + Clorita (Ca + Ep + Tr + Chl)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita



**Figura 5. ESQUISTO CALCO-SILICATADO, A y B)** Carbonato dispuesto en venas, asociado a muscovita, tremolita, hornblenda (Mg) y plagioclasa **C y D)** Asociación de carbonato con muscovita, y muscovita con clorita y Hornblenda (Mg). **E y F)** Asociación de epidota con flogopita, clorita, cuarzo y plagioclasa, alteración hidrotermal de la misma a sericita (Se). (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 48**  
**Nombre de la roca: ESQUISTO CLORITICO**

**Composición mineralógica**

Presenta textura lepidogranoblástica y mirmequitica, estructura singenética, bandeada polimineral, presentando una foliación espaciada de paralela a anostomosada, con intercalaciones de bandas de minerales con diferente tamaño, de manera que se reconocen dos generaciones de cuarzo.

**Minerales Principales:** Cuarzo, clorita (Proclorita), plagioclasa (Albita)

**Minerales Menores:** Epidota (Zoisita, Clinozoisita, epidota), Anfíbol (Actinolita), Muscovita.

**Minerales Accesorios:** Biotita, Carbonato (Calcita)

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Cuarzo:** Se presenta en dos generaciones según su tamaño.

**Cuarzo 1:** individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerales con la muscovita, epidota y plagioclasa formando la textura mirmequitica al estar intercrecido dentro de esta, asociado en contacto neto.

**Cuarzo 2:** Este tipo de cuarzo esta relleno de vetas, mostrando un mayor tamaño de los cristales y en algunos casos acompañando a calcita, y en algunos casos a la clorita. También se presenta relleno de estructuras boudinadas.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de hábito tabular, en contacto con carbonato, anfíbol, plagioclasa, muscovita, flogopita y epidota.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto neto con cuarzo 1, cuarzo 2 y muscovita, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas

**Epidota (Epidota, Clinozoisita y Zoisita):** Individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad zoisita, clinozoisita con colores de interferencia anormales azul oscuro y la variedad epidota, con birrefringencia más fuerte y extinción paralela, se asocia a carbonato, anfíbol, cuarzo, plagioclasa, clorita, flogopita y muscovita.

**Anfíbol (Actinolita):** Individuos verdosos, subidioblásticos, heteroblásticos, formando cristales primarios largos, con la exfoliación característica de los anfíboles, relieve moderadamente alto y birrefringencia alta, colores de interferencia que van del segundo orden bajo al medio. Se asocia con carbonato, Hornblenda, muscovita, epidota, y en ocasiones con plagioclasa, cuarzo y clorita.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa y en algunos casos calcita.

**Calcita:** Individuos oscurecidos, heteroblásticos, subidioblásticos, con relieve variable, maclas polisintéticas y colores de interferencia gris perla, se encuentra en contacto neto principalmente con cuarzo 2, en algunos casos con muscovita y clorita, como relleno de cavidades y parece que fue reemplazada por cuarzo 1 por eventos hidrotermales.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

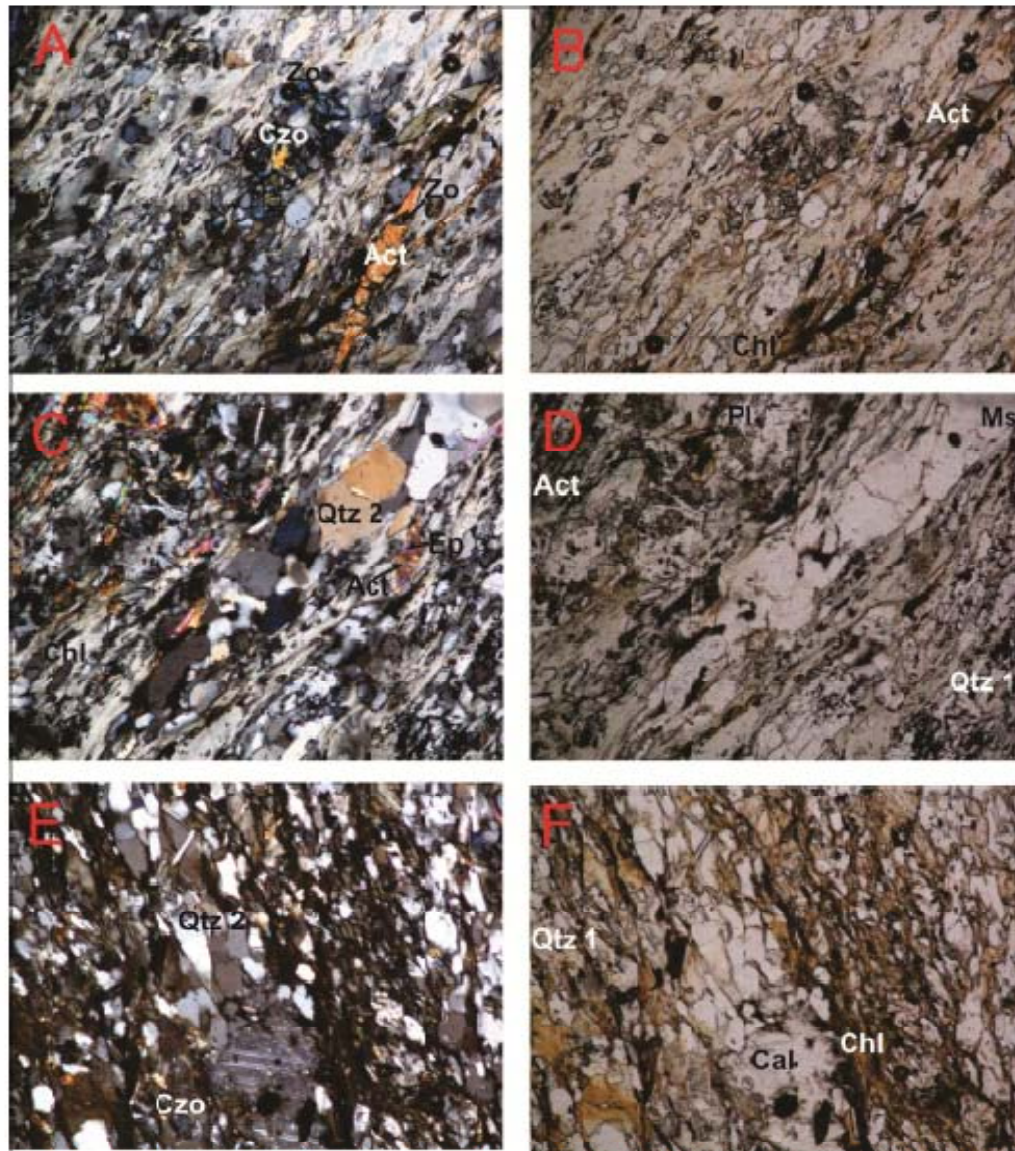
Muscovita + Clorita + Albita + Cuarzo. (Ms + Chl + Ab + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita.



**Figura 6. ESQUISTO CLORITICO, A y B).** Asociación de clorita, Actinolita, clinozoisita y zoisita, además que se observa el cambio de actinolita a zoisita, todos siguiendo la foliación, **C y D).** Asociación de clorita, actinolita cambiando a epidota, una generación de cuarzo 2 y muscovita, otra asociación de clorita plagioclasa y una generación de cuarzo 1, se observa alteración hidrotermal leve de la plagioclasa a sericita. **E y F).** Carbonato dispuesto en venas, asociado a cuarzo 2, clorita y clinozoisita. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 130**  
**ESQUISTO ACTINOLITICO CON EPIDOTA**

**Composición mineralógica**

Presenta textura nematoblástica, estructura masiva, no tiene una foliación bien establecida, sin embargo algunos cristales de actinolita se encuentran levemente orientados.

**Minerales Principales:** plagioclasa (Albita), Anfíbol (hornblenda zonando a Actinolita), Epidota (Clinzoisita, epidota).

**Minerales Menores:** Clorita (Proclorita), Mica (Muscovita).

**Minerales Accesorios:** Carbonato (Calcita), Cuarzo, Rutilo.

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con actinolita, epidota, clorita, muscovita, en ocasiones con cuarzo y calcita presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Anfíbol (Hornblenda zonando a Actinolita):** Individuos verdes de relieve moderadamente alto, extinción simétrica y exfoliación característica de los anfíboles, se presentan en cristales grandes y alargados en una dirección preferencial, inicialmente cristales de hornblenda zonando a actinolita en contacto con plagioclasa, clorita, epidota y muscovita principalmente, y en ocasiones con carbonato y cuarzo.

**Epidota (Epidota, Clinzoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad clinzoisita con colores de interferencia anormales azul oscuro y la variedad epidota, con birrefringencia más fuerte y extinción paralela, se asocia a carbonato, anfíbol, cuarzo, plagioclasa, clorita y muscovita.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy

débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de habito tabular, en contacto con carbonato, anfíbol, plagioclasa, muscovita, y epidota.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con plagioclasa, clorita, epidota, en algunos casos calcita cuarzo.

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares.

**Calcita:** Individuos oscurecidos, heteroblásticos, subidioblásticos, con relieve variable, maclas polisintéticas y colores de interferencia gris perla, se encuentra en contacto neto principalmente con plagioclasa, muscovita epidota y clorita.

**Rutilo:** Individuos prismáticos de color marrón rojizo, de forma hexagonal.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Máfico

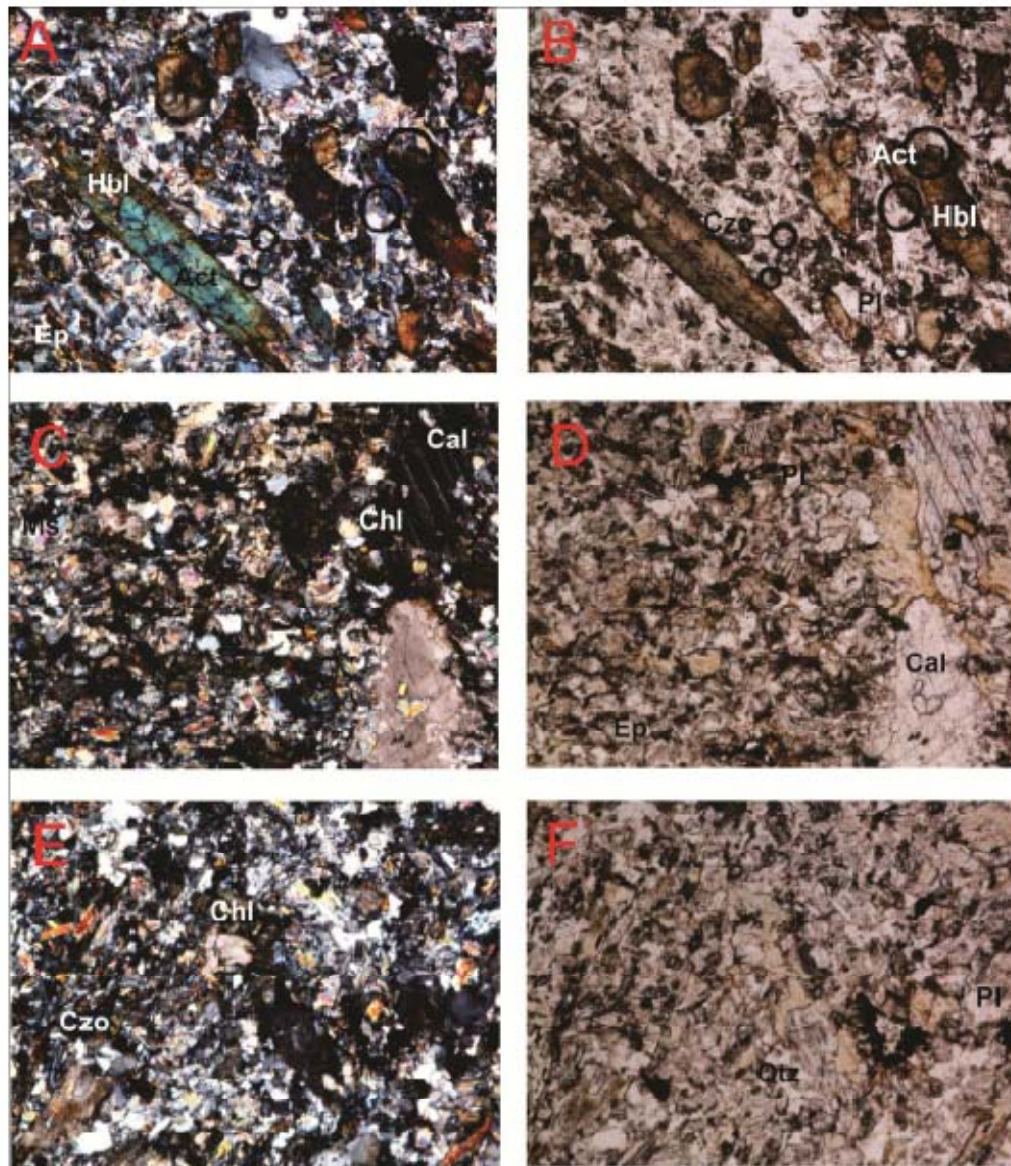
#### **PARAGENESIS MINERAL**

Hornblenda + Actinolita + Plagioclasa (Hbl + Act + Pl)

Hornblenda + Epidota + Plagioclasa (Hbl + Ep + Pl)

#### **FACIE DE METAMORFISMO**

Epidota-Anfibolita.



**Figura 7. ESQUISTO ACTINOLITICO CON EPIDOTA, A y B).** Asociación de hornblenda, actinolita, epidota, donde se observa como los anfíboles marcan la foliación de la roca. **C y D).** Vena de calcita asociada a proclorita, hacia la izquierda cristales de muscovita y epidota **E y F).** Asociación de clorita, epidota y plagioclasa, en el borde inferior algunos cristales de cuarzo. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSMJ 131

### Nombre de la roca: ESQUISTO ACTINOLITICO CON EPIDOTA

#### Composición mineralógica

Presenta textura Nematoblástica, mirmequitica, estructura masiva, con una foliación bien establecida, se observan venas de cuarzo con carbonato paralelas a la foliación de tamaño más grande que van cortando dicha foliación. La roca muestra deformación en forma de "s" por esfuerzos al parecer compresivos.

**Minerales Principales:** Anfíbol (Actinolita), plagioclasa (Albita), Clorita (Proclorita), Epidota (Clinozoisita, Zoisita).

**Minerales Menores:** Cuarzo, Carbonato (Calcita), Muscovita

**Minerales Accesorios:** Rutilo.

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa)

**Epidota (Clinozoisita, Zoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad clinozoisita con colores de interferencia anormales azul y amarillo, y zoisita con colores de interferencia azul oscuro, se asocia a anfíbol, cuarzo, plagioclasa, clorita y carbonato.

**Actinolita:** Individuos verdes de relieve moderadamente alto, extinción simétrica y exfoliación característica de los anfíboles y colores de interferencia que van de pardo amarillento a verde azulado, van en dirección de la foliación, está en contacto con epidota, plagioclasa, clorita, cuarzo y carbonato.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, siguiendo la dirección de la foliación con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con actinolita, epidota, clorita, en ocasiones con cuarzo y calcita presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°, se encuentra formando textura mirmequitica con cristales de cuarzo. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de habito tabular, en contacto con epidota, anfíbol, plagioclasa, carbonato.

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y se presenta en individuos de mayor tamaño formando venas paralelas a la foliación que los que se presentan en las venas que cortan la misma; siempre en compañía del carbonato, y en contacto con epidota, anfíbol, plagioclasa y clorita, se presenta formando textura mirmequitica con cristales de plagioclasa.

**Calcita:** Individuos oscurecidos, heteroblásticos, subidioblásticos, con relieve variable, maclas polisintéticas y colores de interferencia gris perla, se encuentra en contacto neto principalmente con plagioclasa, muscovita epidota y clorita.

**Rutilo:** Individuos prismáticos de color marrón rojizo, de forma hexagonal.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Máfico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

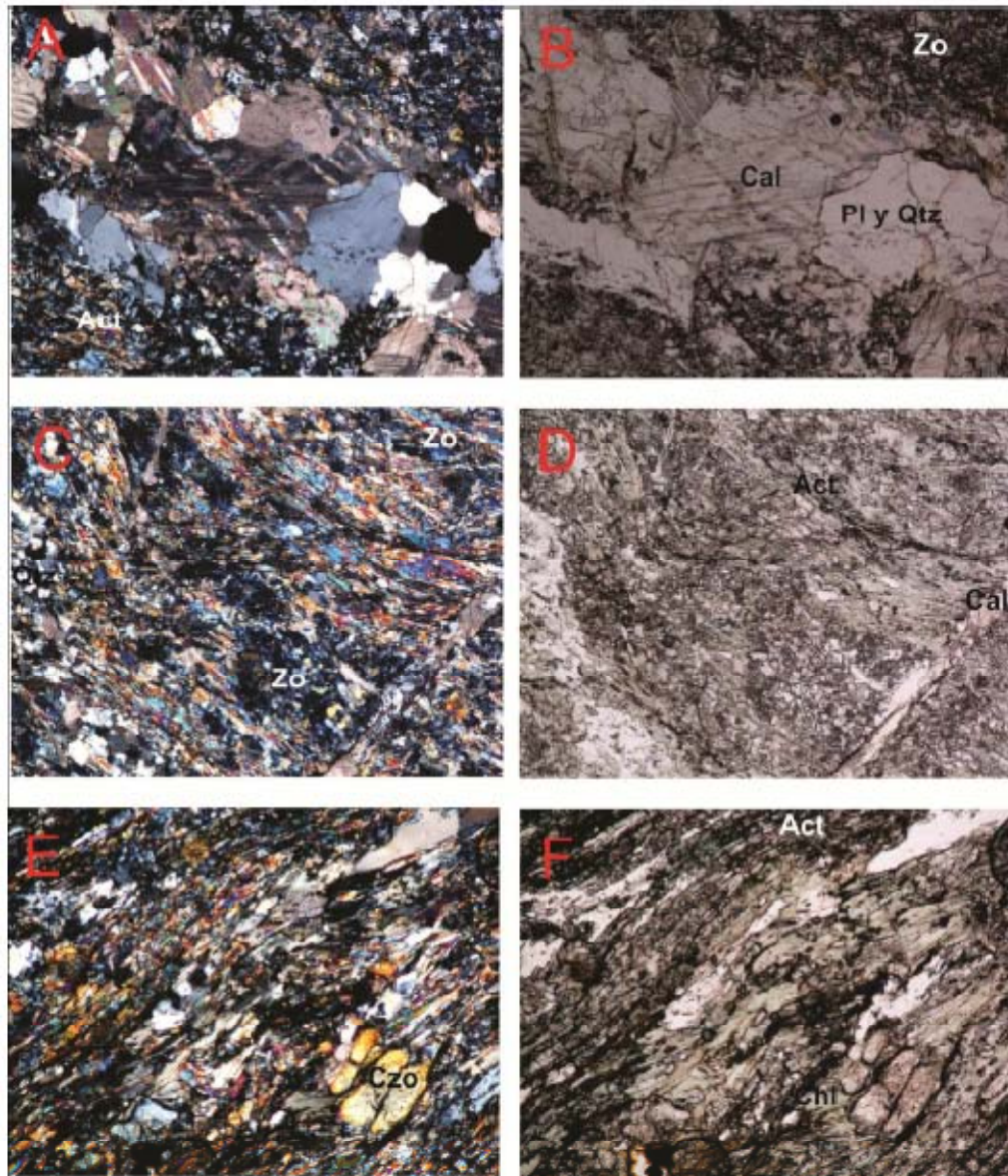
Epidota + Plagioclasa + Actinolita + Clorita + Cuarzo. (Ep + Pl + Act + Chl + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita.



**Figura 8. ESQUISTO ACTINOLITICO CON EPIDOTA, A y B).** Vena de calcita y plagioclasa con intercrecimiento de cuarzo (textura mirmequitica), siguiendo la foliación de la roca, asociación de actinolita y zoisita. **C y D).** Venilla de carbonato costando la foliación de la roca, asociación de actinolita, zoisita y cuarzo, se observa la deformación en forma de "s". **E y F).** Asociación de actinolita, clorita y clinozoisita, se observa la deformación de la roca en forma de "s". (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 63**  
**Nombre de la roca: ESQUISTO BIOTITICO**

**Composición mineralógica**

Presenta textura lepidonematoblástica, mirmequitica, porfidoblástica, estructura esquistosa, con una foliación definida por las micas, se observan cristales de plagioclasa zonados, indicando crecimiento de los cristales, lo cual ocurrió al parecer a la vez con la deformación (Sin-tectónico).

**Minerales Principales:** plagioclasa (Albita), Biotita, Cuarzo

**Minerales Menores:** Muscovita.

**Minerales Accesorios:** Granate, Rutilo.

**Minerales Secundarios:** Sericita y Epidota (Plagioclasa). Clorita (Biotita).

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, siguiendo la dirección de la foliación con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con biotita, cuarzo, muscovita, feldespato y en ocasiones con epidota y granate, también presenta inclusiones de rutilo. Se encuentra alterada moderadamente a sericita y a epidota.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

La Zoisita y Epidota aparecen reemplazando la mayoría de las veces el centro de algunos porfidoblastos de plagioclasa que además se encuentran zonados.

**Biotita:** Individuos de color marrón, hábito hojoso laminar, heteroblásticos, subidioblásticos, concordantes con la foliación, se presenta en gran cantidad distribuida homogéneamente por toda la muestra. Está en contacto con plagioclasa, cuarzo, muscovita, feldespato y en ocasiones con granate. Algunos individuos están alterados a clorita.

La clorita se presenta como agregados fibrosos, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita.

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares de tamaños muy pequeños, siguiendo la foliación; siempre en compañía de plagioclasa, biotita, muscovita, feldespato.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente a plagioclasa, biotita, cuarzo, feldespatos.

**Granate (Almandino):** Se observó un porfidoblasto, de color rojizo pálido, relieve muy alto, se asocia a plagioclasa y biotita, exhibe fracturas típicas del granate.

**Rutilo:** Individuos prismáticos de color marrón rojizo, de forma hexagonal, se presenta como inclusiones en la plagioclasa.

#### **TIPO COMPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Biotita + Muscovita + Albita + Cuarzo (Bt + Ms + Ab + Qtz)

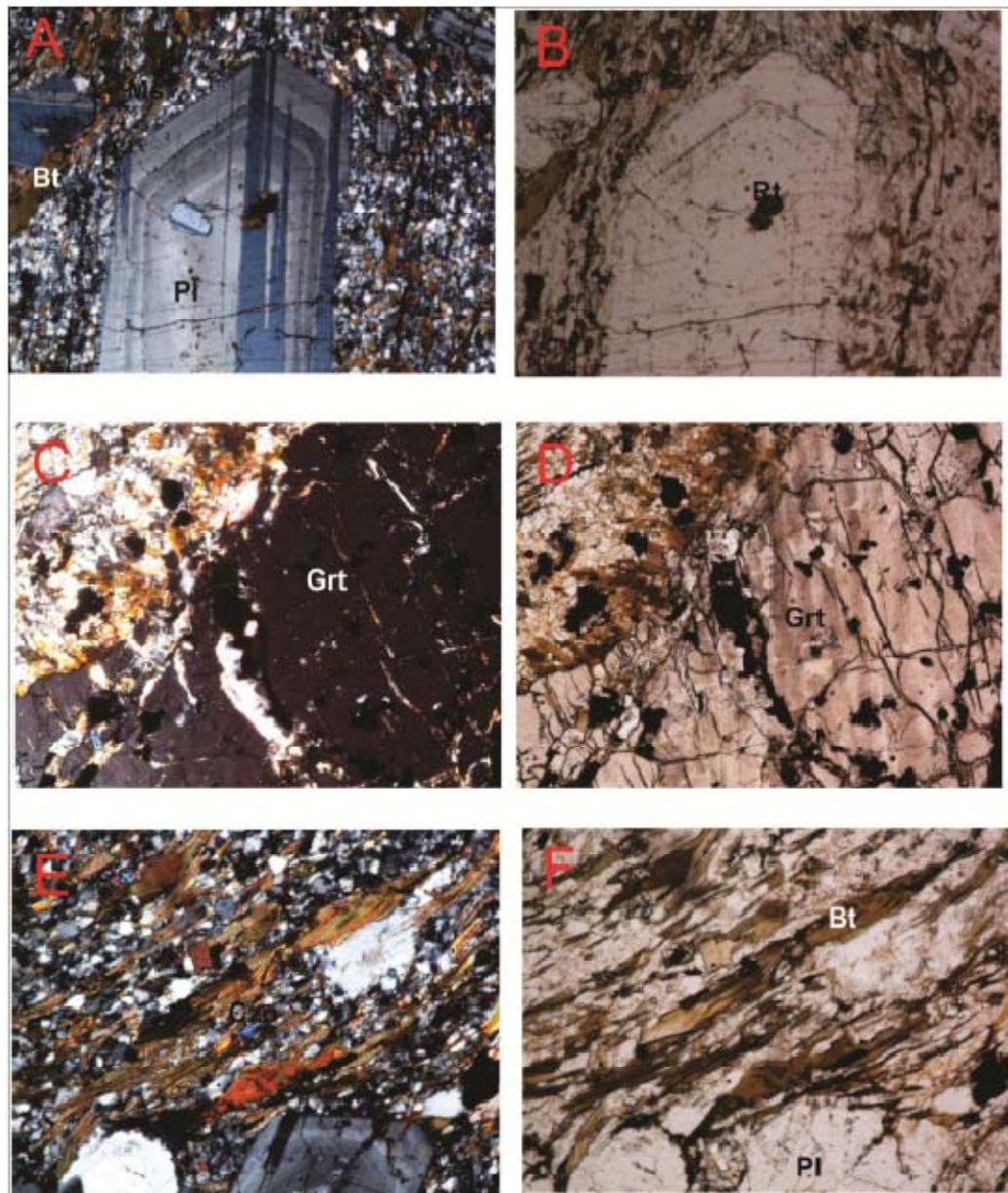
Albita + Biotita + Almandino (Ab + Bt + Alm)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Granate.



**Figura 9. ESQUISTO BIOTÍTICO, A y B).** Porfidoblásto de plagioclasa, con intercrecimiento de rutilo y cristales pequeños de plagioclasa, se observa la biotita siguiendo la dirección de la foliación, rodeando el porfidoblásto, el cual presenta una fractura en su centro. **C y D).** Porfidoblásto de granate almandino mostrando sus típicas fracturas, asociado a biotita. **E y F).** Cristales de biotita asociadas a plagioclasa, siguiendo la dirección de la foliación. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSM 62

### Nombre de la roca: ESQUISTO GRAFITOSO (MILONITA)

#### Composición mineralógica

Presenta textura granolepidoblástica, milonítica, estructura esquistosa, con una foliación definida por los agregados fibrosos del grafito las micas y anfíboles; se distinguen dos generaciones de cuarzo y venas principalmente compuestas de cuarzo 2 y carbonato. Las cuales van paralelas a la foliación de la roca.

**Minerales Principales:** Grafito, Cuarzo

**Minerales Menores:** Muscovita, Clorita, Tremolita, Carbonato (Siderita), Epidota (Zoisita)

**Minerales Accesorios:** Plagioclasa (Albita).

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa).

**Grafito:** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos, como laminas delgadas siguiendo la foliación y también como agregados de formas subredondeados, de color negro y lustre metálico, al parecer relleno de espacios en la roca, distribuido heterogéneamente por toda la roca y formando franjas poliminerale junto a la tremolita, muscovita, clorita, cuarzo, epidota y plagioclasa.

**Cuarzo:** Se presenta en dos generaciones según su tamaño.

Cuarzo 1: individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerale con la muscovita, tremolita, epidota, plagioclasa, clorita y grafito.

Cuarzo 2: Este tipo de cuarzo esta relleno de vetas, mostrando un mayor tamaño de los cristales acompañado de grafito, carbonato, plagioclasa, y en algunos casos de clorita y epidota.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente con cuarzo 1, plagioclasa, epidota, cuarzo, tremolita, clorita y grafito.

**Clorita:** Individuos de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta una birrefringencia muy débil, el color de interferencia es azul berlín, textura

heteroblástica y forma subidioblástica de hábito tabular, ligada a grafito, cuarzo 1, cuarzo 2, plagioclasa, muscovita, tremolita, epidota y carbonato.

**Anfibol (Tremolita):** Individuos incoloros, subidioblásticos, heteroblásticos, formando agregados largos delgados, con la exfoliación característica de los anfíboles, relieve moderadamente alto y birrefringencia alta, colores de interferencia que van del segundo orden bajo al medio. Se asocia a grafito, muscovita, cuarzo 1, epidota, plagioclasa y clorita.

**Carbonato (Siderita):** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos, como porfidoblastos, esparcidos heterogéneamente por la placa, incoloros con manchas pardas por alteración, relieve variable, birrefringencia extrema, concordantes con la foliación de la roca, asociados a cuarzo 2, plagioclasa, muscovita, clorita, epidota y grafito.

**Epidota (Zoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad zoisita con colores de interferencia azul oscuro, se asocia a grafito, tremolita, cuarzo 1 y 2, plagioclasa, muscovita, clorita, carbonato y plagioclasa.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, siguiendo la dirección de la foliación con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con grafito, cuarzo 1 y 2, muscovita, epidota, carbonato, clorita. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Carbonatada

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

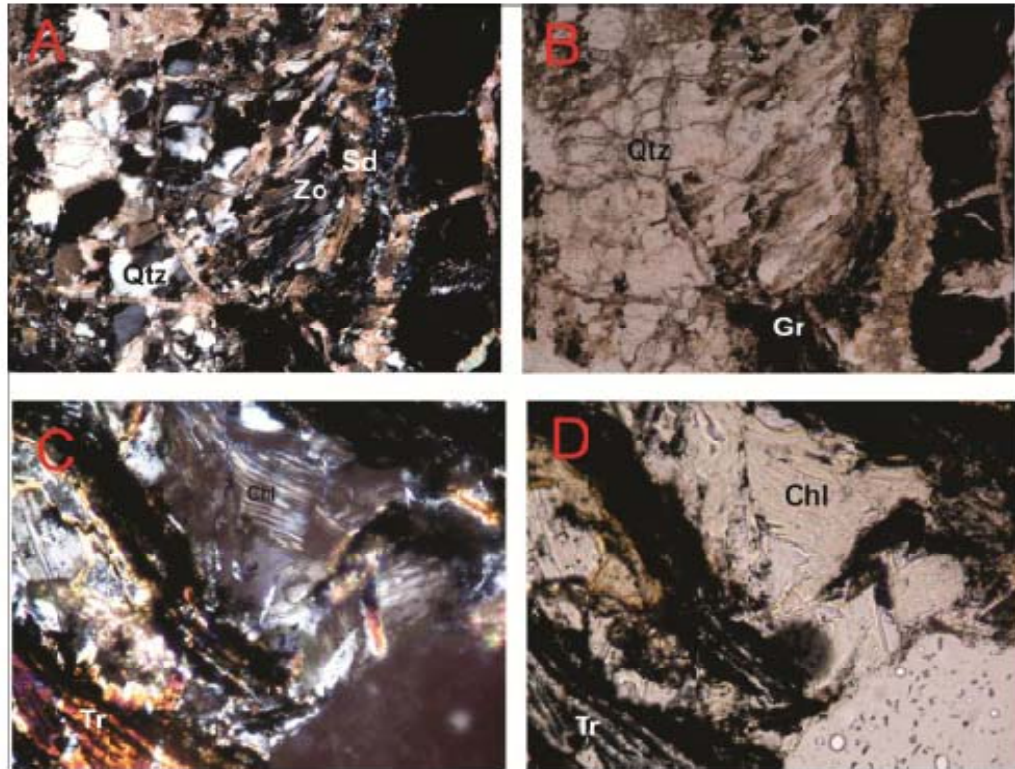
Muscovita + Clorita + Tremolita + Albita + Carbonato + Cuarzo (Ms + Chl + Tr + Ab + Sd + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita



**Figura 11. ESQUISTO GRAFITOSO (MILONITA), A Y B).** Abundante grafito siguiendo la dirección de la foliación, asociado a zoisita, venas de cuarzo y carbonato (Siderita). **C y D).** Asociación de clorita (proclorita) de gran tamaño con anfíbol (Tremolita), siguiendo la dirección de la foliación. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X y 20X para el caso de C y D)

**MUESTRA: PSM 60**

**Nombre de la roca: ESQUISTO CLORITICO-ACTINOLITICO**

**Composición mineralógica**

Presenta textura lepidonematoblástica, mirmequitica, estructura esquistosa, con una foliación definida por minerales de hábito laminar hojoso como la clorita, también presenta cristales grandes alargados de actinolita que siguen también la foliación al igual que el resto de los minerales que componen la roca.

**Minerales Principales:** Clorita (Proclorita), Epidota (Clinozoisita, Zoisita).

**Minerales Menores:** Actinolita, Carbonato (Calcita y Dolomita)

**Minerales Accesorios:** Cuarzo, Muscovita, Plagioclasa (Albita).

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa).

**Clorita (Proclorita):** Agregados cristalinos en forma de abanicos o fibrosos, de color verde, con pleocroísmo y relieve moderado, presenta birrefringencia muy débil, el color de interferencia es casi gris verdoso y en algunos azul berlín hacia los bordes, textura heteroblástica y forma subidioblástica de hábito tabular, en contacto con epidota, anfíbol, plagioclasa, carbonato, cuarzo, muscovita y plagioclasa.

**Epidota (Clinozoisita, Zoisita):** individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad clinozoisita con colores de interferencia anormales azul y amarillo, y zoisita con colores de interferencia azul oscuro, se asocia a epidota, anfíbol, cuarzo, plagioclasa, clorita, muscovita y carbonato.

**Actinolita:** Individuos verdes de relieve moderadamente alto, extinción simétrica y exfoliación característica de los anfíboles y colores de interferencia que van de pardo amarillento a verde azulado, van en dirección de la foliación, está en contacto con epidota, muscovita, clorita, plagioclasa, cuarzo y carbonato. Se caracterizan porque están pasando a clorita.

**Carbonato (Calcita y Dolomita):** Individuos de tamaño grueso, dispuestos en venas que van costando la foliación de la roca, se presentan oscurecidos en ocasiones por la alteración de la roca, son heteroblásticos, subidioblásticos, con relieve variable, maclas polisintéticas y colores de interferencia gris perla, se encuentra en contacto neto principalmente con clorita, cuarzo, plagioclasa, muscovita epidota y anfíbol.

**Cuarzo:** Se presenta en individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos, con formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerales con la muscovita, actinolita, epidota, plagioclasa, clorita o en algunos casos venas con carbonato.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada siguiendo la dirección de exfoliación y asociado principalmente clorita, anfíbol, epidota, cuarzo, plagioclasa y carbonato.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, siguiendo la dirección de la foliación con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con anfíbol, cuarzo, muscovita, epidota, carbonato y clorita. Se encuentra con intercrecimiento de cuarzo en el centro, formando la textura mirmequitica, también alterando moderadamente a sericita

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Máfico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Albita + Epidota + Clorita + Actinolita + Cuarzo. (Ab + Ep + Chl + Act + Qtz)

Albita + Epidota + Clorita. (Ab + Ep + Chl)

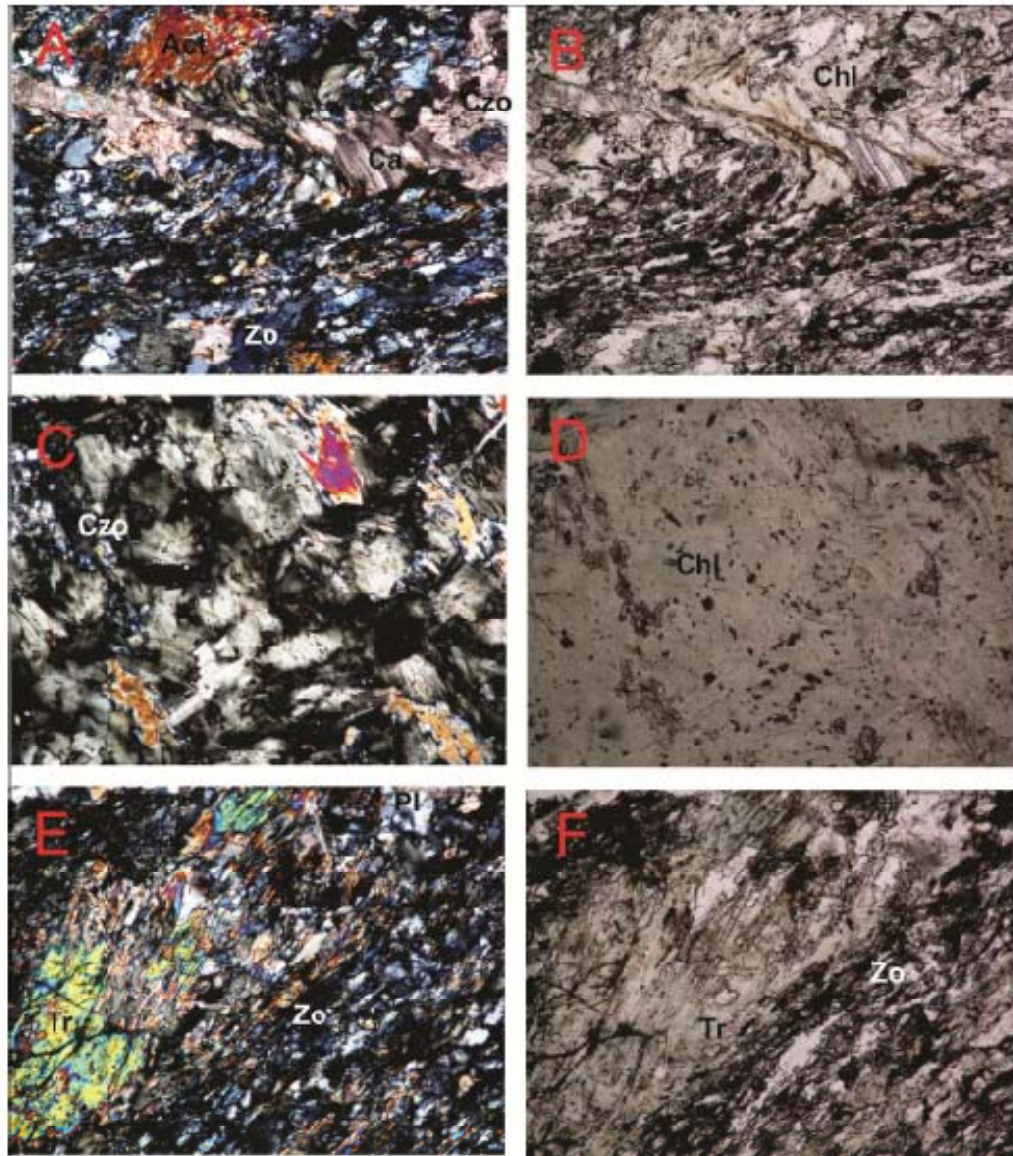
Epidota + Clorita + Calcita. (Ep + Chl + Cal)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Clorita



**Figura 12. ESQUISTO CLORITICO-ACTINOLÍTICO, A y B).** Asociación de actinolita, zoisita y clinozoisita, se observa una vena de carbonato cortando de manera oblicua la foliación de la roca. **C y D).** Predominantemente clorita (proclorita), asociada a clinozoisita y anfíbol. **E y F).** Asociación de anfíbol, tremolita y zoisita. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 87**  
**Nombre de la roca: GRANITOIDE RICO EN CUARZO**

La roca presenta una textura fanerítica granular, alotriomórfica inequigranular y estructura masiva, en general el tamaño de los granos oscila entre 0,5 mm y 1 mm, mineralógicamente está compuesta en orden de abundancia por: Cuarzo, hornblenda, Biotita, Plagioclasa, Actinolita, Feldespato alcalino y clorita como alteración de biotita.

**Composición mineralógica**

**Cuarzo:** Individuos incoloros de bajo relieve, con colores de interferencia blanco grisáceos de primer orden, los cristales poseen formas subhedrales. Se encuentran en contacto con Hornblenda, Actinolita, Plagioclasas, Feldespato Alcalino y Biotita.

**Hornblenda:** Individuos xenoblásticos de color verde, relieve alto, con la exfoliación en dos direcciones típica de los anfíboles. Se encuentra en contacto con cuarzo, biotita, plagioclasa, actinolita y feldespato.

**Biotita:** Individuos de color marrón, hábito hojoso laminar, heteroblásticos, subidioblásticos, se presenta en gran cantidad distribuida homogéneamente por toda la muestra. Está en contacto con plagioclasa, cuarzo, anfíbol, feldespato. Algunos individuos están alterados a clorita.

La clorita se presenta como agregados fibrosos, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita

**Plagioclasa:** individuos incoloros de bajo relieve, sus colores de interferencia son bajos o de primer orden, algunos cristales presentan maclas polisintéticas características de la albita, otros presentan las características de la labradorita, se encuentran en contacto con cuarzo, anfíbol, biotita, feldespato.

**Actinolita:** Individuos verdes de relieve moderadamente alto, extinción simétrica y exfoliación característica de los anfíboles, colores de interferencia que van de pardo amarillento a verde azulado, está en contacto con cuarzo, hornblenda, plagioclasa, biotita y feldespato

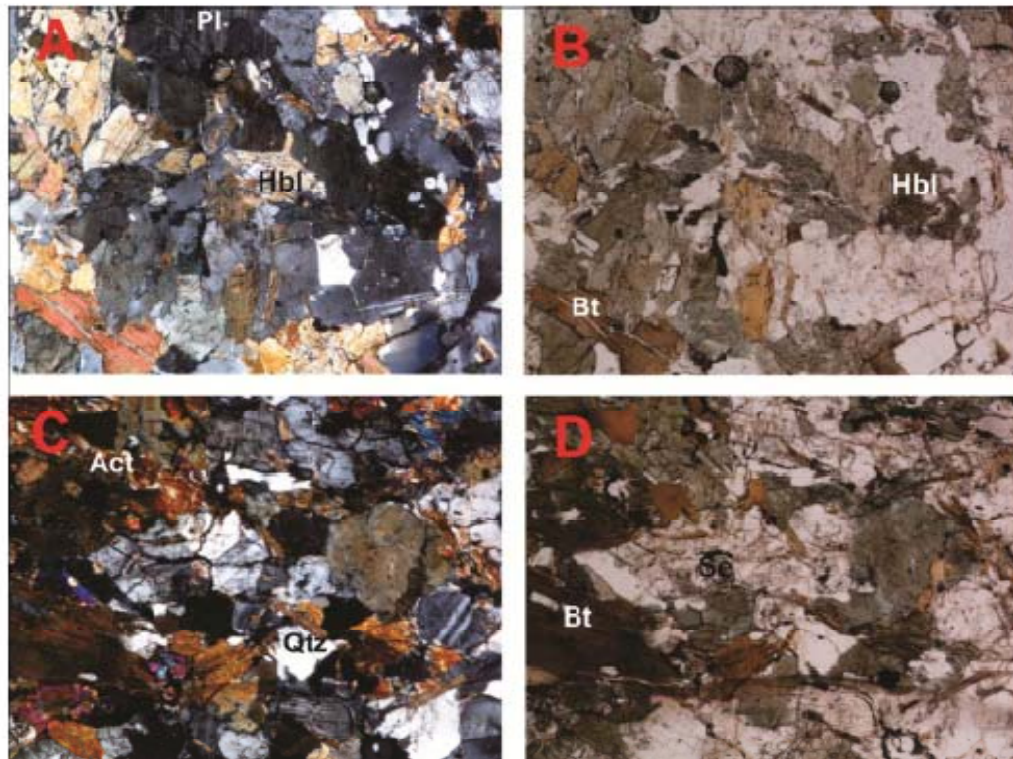
**Feldespato Potásico:** Cristales incoloros un poco sucios como característica de la ortoclasa, de forma subhedral. En algunas secciones el Feldespato muestra

extinción ondulante. Se encuentra en contacto con cuarzo, anfíbol, biotita, plagioclasa.

**SEGÚN EL DIAGRAMA QAPF PARA CLASIFICACIÓN DE ROCAS  
PLUTÓNICAS (STRECKEISEN)**

<b>PRICIPALES</b>	<b>MÁFICOS</b>	<b>RECÁLCULO</b>
Qtz= 32%	Hbl= 25%	Q= 64%
Pl= 15%	Act= 10%	P= 30%
Feld.A= 3%	Bt= 15	A= 6%

**NOMBRE DE LA ROCA= 1b. GRANITOIDE RICO EN CUARZO.**



**Figura 13. GRANITOIDE RICO EN CUARZO, A y B).** Gran cantidad de Hornblenda asociada con plagioclasa. **C y D).** Asociación de actinolita, cuarzo y biotita, la plagioclasa presenta seritización. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 99**  
**Nombre de la roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO**

**Composición mineralógica**

La roca presenta textura nematogranoblástica principalmente y mirmequitica en algunos cristales, con una foliación bien definida de continua a espaciada en algunas partes, definiendo una estructura de esquistosa a bandeada, con el tamaño de los cristales fino y venas de cristales de cuarzo casi indistinguibles y de poco espesor, cortando la foliación, las cuales presentan bordes reaccionales, debido a la meteorización de la roca.

**Minerales Principales:** Hornblenda, Actinolita, Plagioclasa (Albita) Cuarzo

**Minerales Menores:** Biotita, Zoisita

**Minerales Accesorios:** Esfena

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa), Clorita (Biotita).

**Hornblenda:** Individuos heteroblásticos, xenoblásticos de color verde, relieve alto, de tamaños finos, con exfoliación característica de los anfíboles. Se encuentra cambiando en sus bordes a actinolita lo que sugiere un retroceso en la temperatura generada por un metamorfismo retrógrado, está en contacto con cuarzo, biotita, plagioclasa, zoisita y esfena.

Los cristales de Hornblenda parecen estar cambiando a actinolita en sus bordes, presentando todas sus características ópticas.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, siguiendo la dirección de la foliación con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con anfíbol, cuarzo, biotita, epidota y esfena. Presenta intercrecimiento de cuarzo, formando la textura mirmequitica, algunos cristales se han alterado moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro y al borde de los cristales de plagioclasa.

**Cuarzo:** Se presenta en individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos, con formas irregulares y en algunos casos alargados en dirección a la exfoliación, con bordes irregulares formando bandas poliminerale con la,

hornblenda, actinolita, epidota, plagioclasa, biotita y esfena o en algunos casos formando venas, donde los cristales son casi indistinguibles.

**Biotita:** Individuos de color marrón, hábito hojoso laminar, heteroblásticos, subidioblásticos, se presenta en pocas cantidades distribuida heterogéneamente por toda la muestra. Está en contacto con plagioclasa, cuarzo, anfíbol y epidota. Algunos individuos están alterados a clorita.

La clorita se presenta como agregados fibrosos, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita y mostrando un color de interferencia anómalo azul berlín.

**Epidota (Zoisita):** individuos heteroblásticos, xenoblásticos que van siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad zoisita con colores de interferencia azul oscuro, se asocia a anfíbol, plagioclasa, cuarzo, biotita y esfena.

**Esfena:** Individuos heteroblásticos, subidioblásticos, de color marrón a marrón rojizo, no pleocrómicas, relieve muy alto, distribuidos heterogéneamente por la placa y en cantidades muy bajas. Se encuentra en contacto con zoisita, Plagioclasa, cuarzo y anfíbol.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Máfico

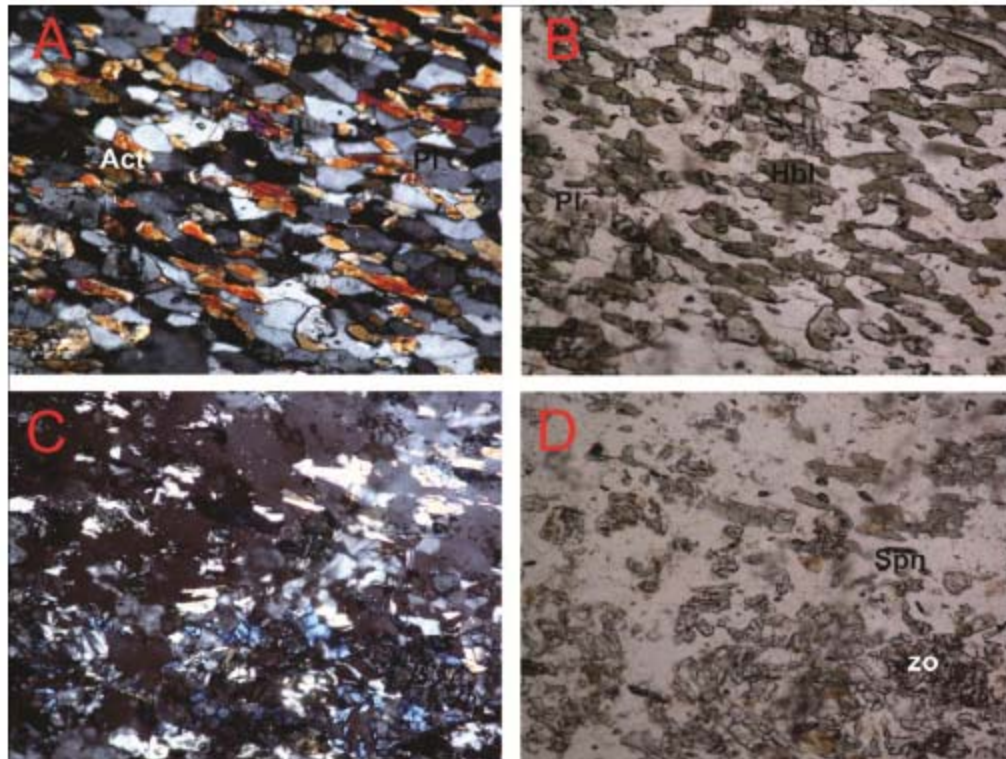
#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Hornblenda + Actinolita + Plagioclasa (Hbl + Act + Pl)

Hornblenda + Epidota + Plagioclasa (Hbl + Ep + Pl)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Epidota-Anfibolita



**Figura 14. ESQUISTO ANFIBÓLICO, A y B).** Cristales de hornblenda cambiando en sus bordes a actinolita a manera de zonación, según Bustamante et al., (2009), en esta zona se encuentra este tipo de hornblenda, sin embargo no describe que sea producto del cambio en sus bordes a actinolita, estos cristales están asociados a plagioclasa y siguen la dirección de foliación de la roca, **C y D).** Asociación de zoisita, esfena principalmente, cuarzo y plagioclasa. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSM 150

Nombre de la roca: ESQUISTO CUARZO-FELDESPATICO CON GRANATE

### Composición mineralógica

La roca presenta textura lepidogranoblástica principalmente, mirmequitica y pertitica localmente, con una foliación un poco definida por las micas, mostrando una leve orientación de los cristales de mica preferencialmente, con el tamaño de los cristales de medio a grueso, dispuestos desordenadamente por la muestra.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Plagioclasa (Albita), Feldespato Alcalino (Microclina)

**Minerales Menores:** Biotita, Muscovita

**Minerales Accesorios:** Granate

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa).

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos, presentan formas irregulares y en algunos casos alargadas, con bordes irregulares, en algunos casos intercrecido en la plagioclasa, formando la textura mirmequitica, en contacto con plagioclasa, feldespato, biotita, muscovita, y granate.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, con las maclas polisintética características de la albita, contacto cuarzo, feldespato, muscovita, biotita y granate, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Feldespato Alcalino (Microclina):** Individuos heteroblásticos, subidioblásticos, con maclas polisintética tipo enrejada para el caso de la microclina. Se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa, biotita, muscovita y en ocasiones con granate.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada mostrando una leve

orientación, en cristales de tamaño medio, está asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa, feldespato biotita y en ocasiones a granate almandino.

**Biotita:** Individuos de color marrón, hábito hojoso laminar, heteroblásticos, subidioblásticos, mostrándose levemente orientados, se presenta en poca cantidad distribuida heterogéneamente por toda la muestra. Está en contacto con plagioclasa, feldespato, cuarzo, muscovita y en ocasiones con granate. Algunos individuos están alterados a clorita.

La clorita se presenta como agregados fibrosos, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita.

**Granate (Almandino):** Se observo un porfidoblásto, de color rojizo pálido, relieve muy alto, se asocia a cuarzo, plagioclasa, muscovita y biotita.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Biotita + Muscovita+ Almandino + Albita + Cuarzo. (Bt + Ms + Alm + Ab + Qtz)

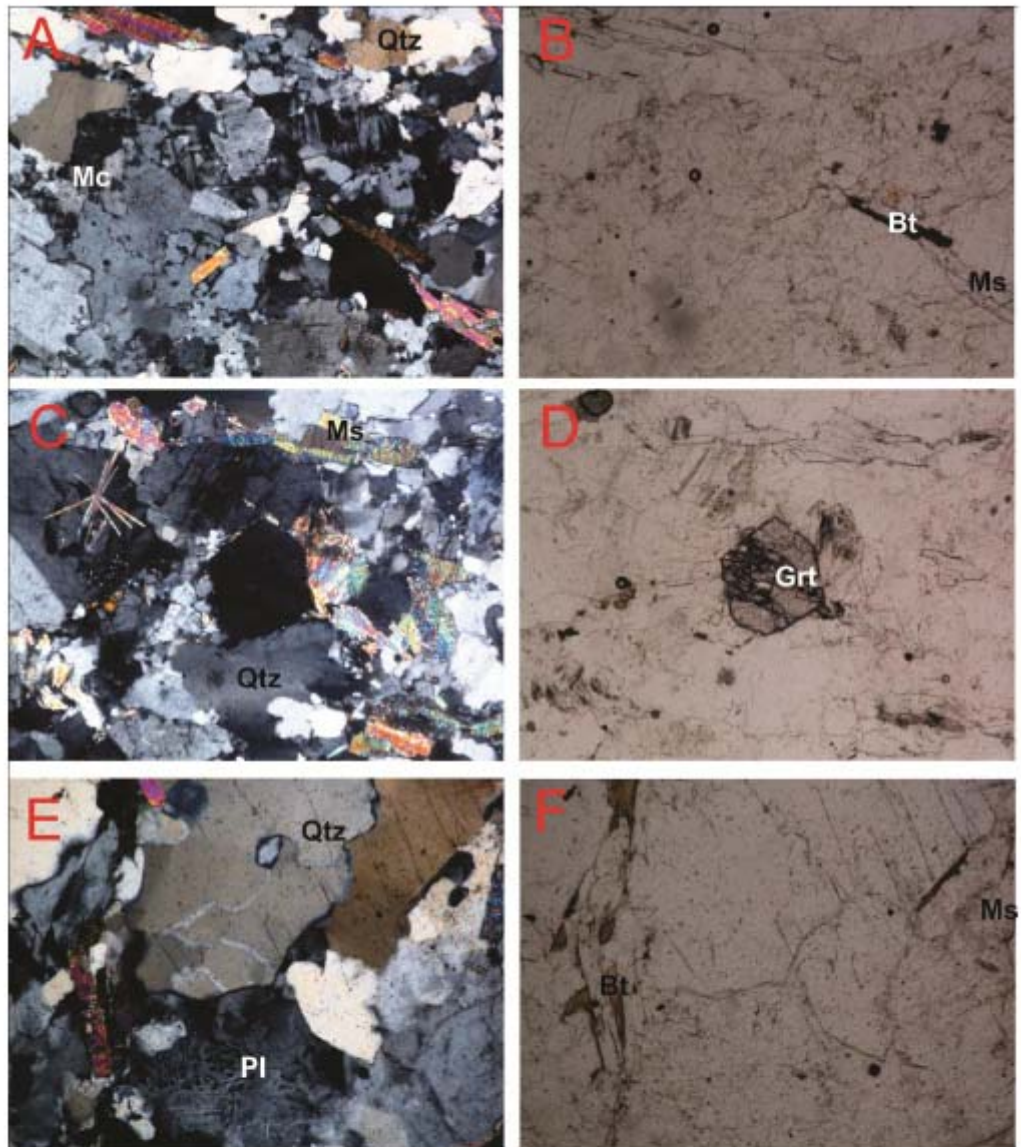
Biotita + Muscovita + Albita + Cuarzo. (Bt + Ms + Ab + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Granate



**Figura 15. ESQUISTO CUARZO-FELDESPÁTICO CON GRANATE, A y B).** Asociación de feldespato potásico con plagioclasa, cuarzo y micas de gran tamaño, **C y D).** Textura perítica, asociación de granate almandino con cuarzo, micas y plagioclasa, **E y F).** Textura mirmequitica, intercrecimiento de cristales de cuarzo de tamaños pequeños en plagioclasas de gran tamaño, las cuales se asocian a cristales de cuarzo de tamaños mayores, siempre asociados a mica. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSM 151

Nombre de la roca: ESQUISTO CUARZO-FELDESPATICO CON GRANATE

### Composición mineralógica

La roca presenta textura lepidogranoblástica principalmente, mirmequitica, porfirítica y pertítica localmente, con una foliación un poco definida por las micas, mostrando una estructura esquistosa preferencialmente exhibida por las micas, con el tamaño de los cristales de medio a grueso.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Plagioclasa (Albita), Feldespato Alcalino (Microclina)

**Minerales Menores:** Biotita, Muscovita

**Minerales Accesorios:** Granate

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa).

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos, presentan formas irregulares y en algunos casos alargadas, con bordes irregulares, en algunos casos intercrecido en la plagioclasa, formando la textura mirmequitica, en contacto con plagioclasa, feldespato, biotita, muscovita, y granate.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, con las maclas polisintética características de la albita, contacto cuarzo, feldespato, muscovita, biotita y granate, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Feldespato Alcalino (Microclina):** Individuos heteroblásticos, subidioblásticos, con maclas polisintética tipo enrejada para el caso de la microclina. Se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa, biotita, muscovita y en ocasiones con granate.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada mostrando una leve

orientación, en cristales de tamaño medio, está asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa, feldespato biotita y en ocasiones a granate almandino.

**Biotita:** Individuos de color marrón, hábito hojoso laminar, heteroblásticos, subidioblásticos, mostrándose levemente orientados, se presenta en poca cantidad distribuida heterogéneamente por toda la muestra. Está en contacto con plagioclasa, feldespato, cuarzo, muscovita y en ocasiones con granate. Algunos individuos están alterados a clorita.

La clorita se presenta como agregados fibrosos, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita.

**Granate (Almandino):** Se observo un porfidoblásto, de color rojizo pálido, relieve muy alto, se asocia a cuarzo, plagioclasa, muscovita y biotita.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Biotita + Muscovita+ Almandino + Albita + Cuarzo. (Bt + Ms + Alm + Ab + Qtz)

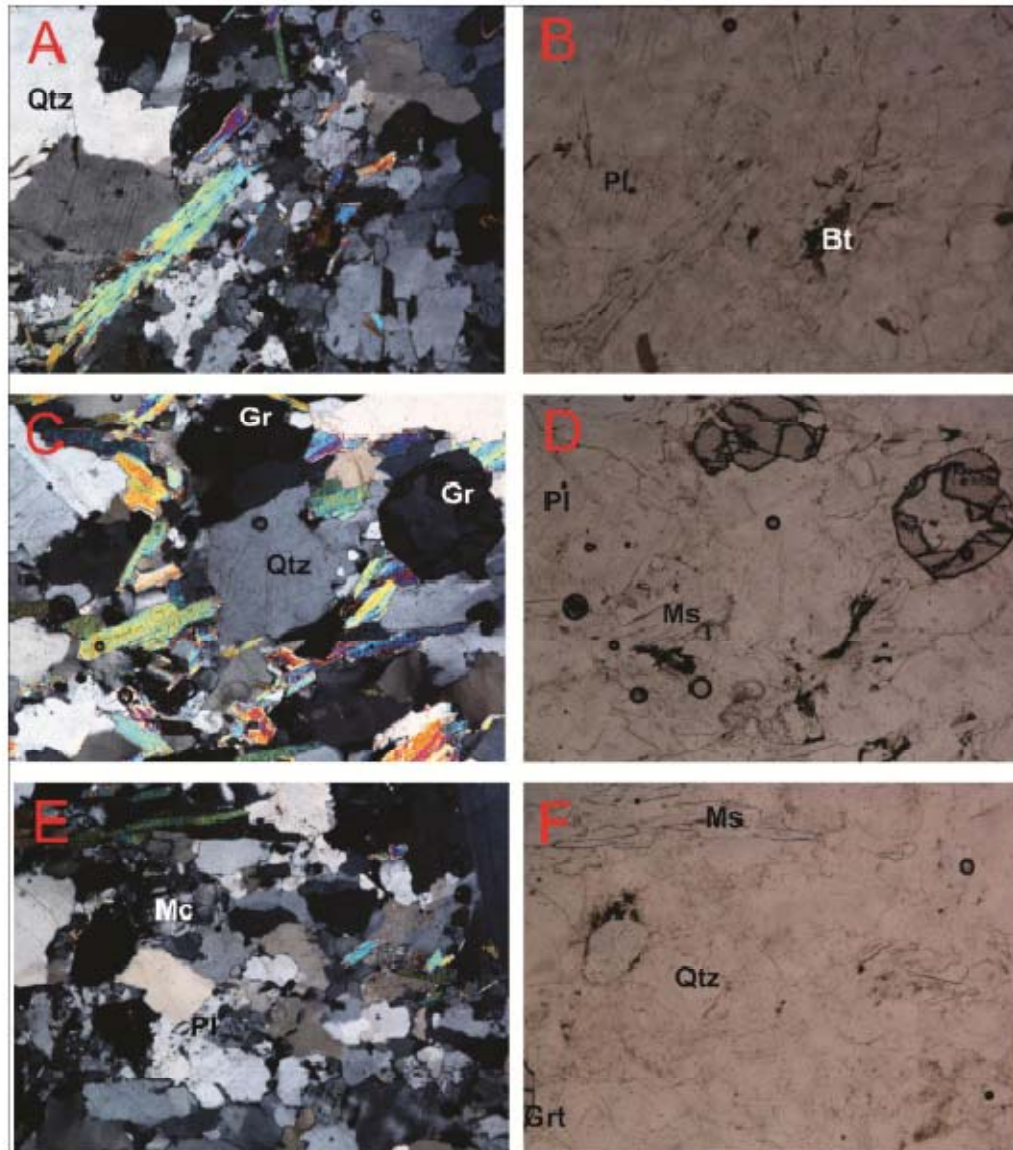
Biotita + Muscovita + Albita + Cuarzo. (Bt + Ms + Ab + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Granate



**Figura 16. ESQUISTO CUARZO-FELDESPATICO CON GRANATE. A y B).** Asociación de cuarzo, plagioclasa y mica. **C y D).** Asociación de micas, cuarzo, plagioclasa y granate almandino, **E y F).** Textura mirmequitica y pertitica, asociación de granate almandino, cuarzo, muscovita y feldespato potásico. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA: PSM 152

### Nombre de la roca: ESQUISTO BIMICACEO CON GRANATE

#### Composición mineralógica

La roca presenta textura lepidogranoblástica principalmente, mirmequitica, con una foliación un poco definida por las micas, mostrando una leve orientación de los cristales de mica preferencialmente, con el tamaño de los cristales de medio a grueso, dispuestos desordenadamente por la muestra.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Plagioclasa (Albita).

**Minerales Menores:** Biotita, Muscovita

**Minerales Accesorios:** Granate

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa).

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos, presentan formas irregulares y en algunos casos alargadas, con bordes irregulares, en algunos casos intercrecido en la plagioclasa, formando la textura mirmequitica, en contacto con plagioclasa, feldespato, biotita, muscovita, y granate.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, con las maclas polisintética características de la albita, contacto cuarzo, feldespato, muscovita, biotita y granate, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Muscovita:** Se presenta en agregados hojosos, compuestos de individuos incoloros heteroblásticos, subidioblásticos, de forma alargada mostrando una leve orientación, en cristales de tamaño medio, está asociado principalmente con cuarzo, plagioclasa, feldespato biotita y en ocasiones a granate almandino.

**Biotita:** Individuos de color marrón, hábito hojoso laminar, heteroblásticos, subidioblásticos, mostrándose levemente orientados, se presenta en poca cantidad distribuida heterogéneamente por toda la muestra. Está en contacto con

plagioclasa, feldespato, cuarzo, muscovita y en ocasiones con granate. Algunos individuos están alterados a clorita.

La clorita se presenta como agregados fibrosos, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita.

**Granate (Almandino):** Se observó un porfidoblasto, de color rojizo pálido, relieve muy alto, se asocia a cuarzo, plagioclasa, muscovita y biotita.

#### **TIPO COMPOSICIONAL**

Pelítico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Biotita + Muscovita + Almandino + Albita + Cuarzo. (Bt + Ms + Alm + Ab + Qtz)

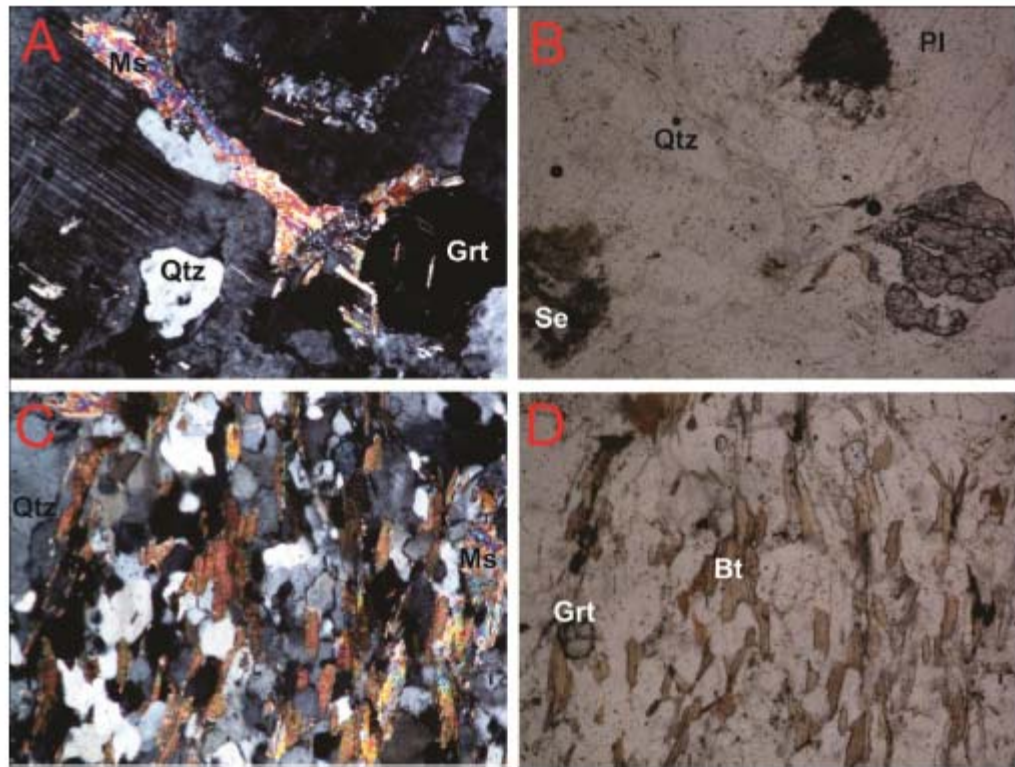
Biotita + Muscovita + Albita + Cuarzo. (Bt + Ms + Ab + Qtz)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Esquistos Verdes

#### **ZONA DE METAMORFISMO.**

Granate



**Figura 17. ESQUISTO BIMICACEO CON GRANATE. A y B).** Asociación de muscovita, cuarzo, plagioclasa alterando a sericita (Se) y granate, la foliación es marcada solo por la muscovita (Ms), se observa textura mirmequitica e inclusiones de mica en plagioclasa y granate. **C y D).** Principalmente biotita marcando la dirección de foliación de la roca, asociada a cuarzo y granate. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA: PSM 94**  
**Nombre de la roca: ESQUISTO TALCOSO**

**Composición mineralógica**

La roca presenta textura nematolepidoblástica principalmente, con una foliación bien definida mostrando una estructura esquistosa, con el tamaño de los cristales de medio a grueso, su color predominante es verde claro a blanco, debido a la presencia de anfíboles y talco como alteración de los mismos.

**Minerales Principales:** Anfíbol (Tremolita)

**Minerales Menores:** Plagioclasa (Albita)

**Minerales Secundarios:** Talco (Tremolita), Sericita (Plagioclasa).

**Tremolita:** Individuos heteroblásticos, subidioblásticos, incoloros, la mayoría presenta exfoliación en una dirección, sin embargo, muestra terminaciones en puntas con ángulos de hasta 56° típicos de los anfíboles, sus colores de interferencia de la parte alta del primer orden hasta la parte baja del segundo, se encuentra en contacto con actinolita y plagioclasa. Algunos cristales y bordes de otros han alterado a talco.

El talco se presenta en gran cantidad en la muestra, en agregados fibrosos, presentan un cambio de relieve, colores de interferencia muy altos, este mineral se formo como producto de metamorfismo regional, como alteración de la Actinolita-Tremolita.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados, siguiendo la dirección de la foliación con las maclas polisintética características de la albita, en contacto con anfíbol y talco. Presenta, algunos cristales se han alterado moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro y al borde de los cristales de plagioclasa.

**TIPO COPOSICIONAL**

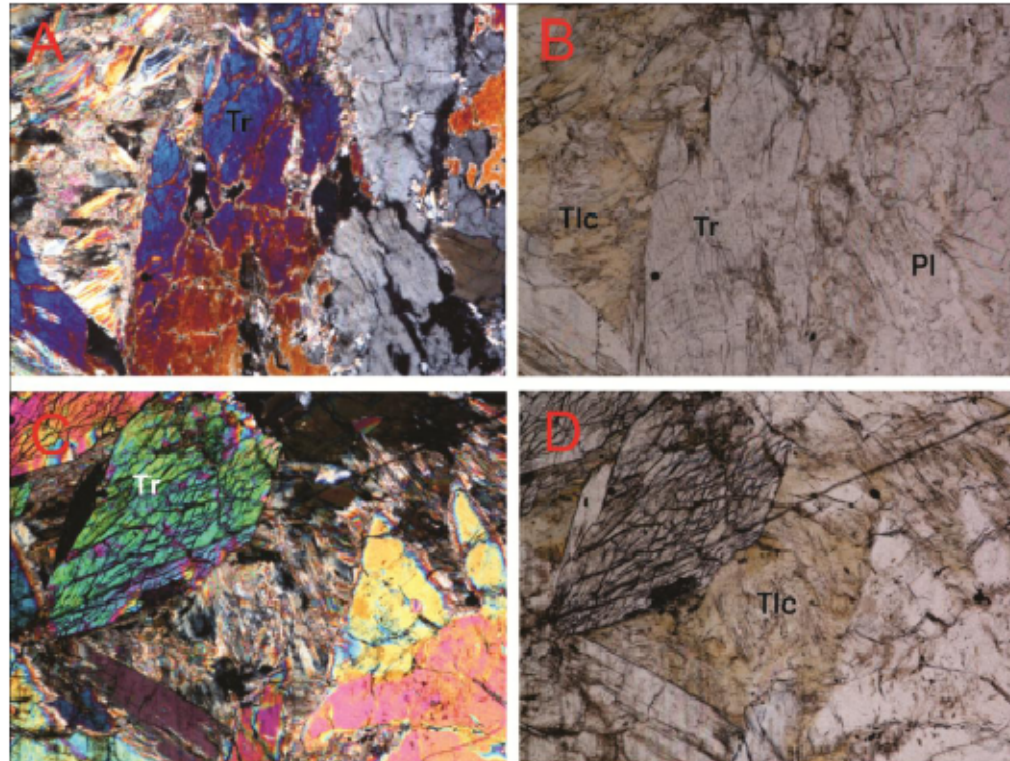
Máfico

**PARAGENESIS MINERAL.**

Albita + Tremolita (Ab + Tr)

**FACIES DE METAMORFISMO.**

Anfibolita.



**Figura 17. ESQUISTO TALCOSO, A y B).** Asociación de Tremolita, plagioclasa y cuarzo, se observa abundante talco, al parecer por alteración de la tremolita, **C y D).** Cristales de tremolita alterando a talco. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

## MUESTRA-PSM 110

### Nombre de la Roca: GRANODIORITA

Roca plutónica mesocrática, presenta textura en general alotriomórfica, localmente presenta texturas micrográfica y pertítica, con distribución inequigranular, mostrando ser fanerítica con cristales de tamaño medio a grueso. Compuesta principalmente por Plagioclasa, Cuarzo, Feldespato Alcalino, Hornblenda, Biotita y Esfena.

#### Composición Mineralógica

**Plagioclasa:** Individuos subhedrales, inequigranulares, distribuidos homogéneamente por toda la muestra, presentan maclas tipo Albita y Carlsbad, con extinción ondulante cuando el cristal no está maclado. Se observa intercrecimiento de Cuarzo y Feldespato Alcalino o textura micrográfica, se encuentra en contacto suturado con Biotita. Algunos cristales están alterados principalmente a sericita y en menor cantidad a epidota.

La Sericita como una variedad cristalina diminuta de la muscovita, se encuentra en su mayoría reemplazando los cristales hacia el centro y la Epidota aunque en menor cantidad, se presenta en agregados finos, con alto relieve, de colores amarillo verdoso hacia el centro o bordes del cristal reemplazado, estos dos minerales son producto de la alteración hidrotermal.

**Cuarzo:** Individuos anhedrales, fracturados, con extinción ondulante, inequigranulares con tamaños entre finos y medios, homogéneamente distribuidos por toda la muestra, están en contacto con Plagioclasa, Biotita y otros Cuarzos.

**Feldespato Alcalino:** Individuos anhedrales, con textura pertítica, extinción ondulante y maclas polisintéticas tipo enrejada, mostrando así las variedades de ortoclasa y microclina respectivamente, está en contacto suturados con biotita, plagioclasa y cuarzo.

**Hornblenda:** Individuos anhedrales, heterogéneamente distribuidos por la roca, se presentan en tamaños mayores a los de más minerales presentes en la roca, con textura poiquilitica, se asocia a Biotita y Clorita.

**Biotita:** Individuos subhedrales, con hábito tabular, distribuidos heterogéneamente en la roca, se asocian a Hornblenda, y siempre aparecen bordeando la Plagioclasa y el Cuarzo, en algunos casos se encuentran alteradas a clorita.

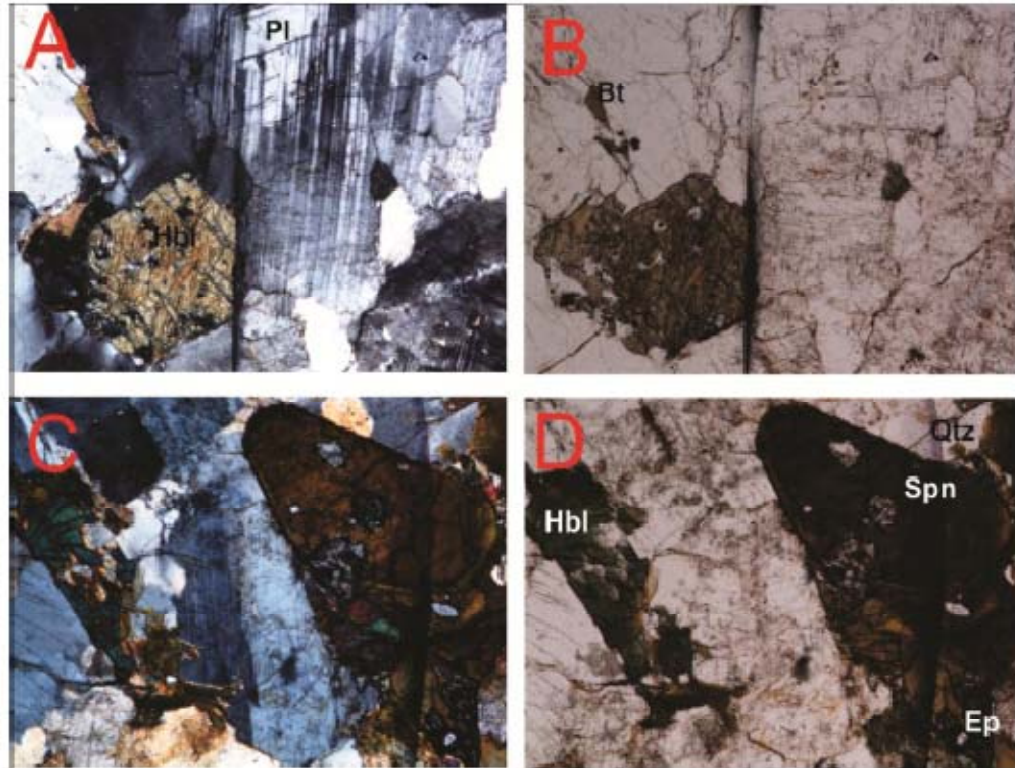
La Clorita se presenta en la mayoría de los casos hacia los bordes de los cristales de Biotita, mostrando una birrefringencia azul anómala berlín, como productos de alteración.

**Esfena:** Individuos subhedrales y en algunos casos formando rombos, de tamaños finos, de color marrón, asociados principalmente a Plagioclasa, Cuarzo y Biotita.

**SEGÚN EL DIAGRAMA QAPF PARA CLASIFICACIÓN DE ROCAS  
PLUTÓNICAS (STRECKEISEN)**

<b>PRICIPALES</b>	<b>MÁFICOS</b>	<b>RECÁLCULO</b>
Pl= 38%	Hbl= 15%	Q= 29%
Qtz= 20%	Bt= 15%	P= 56%
Feld.A= 10%	Spn= 2%	A= 15%

**NOMBRE DE LA ROCA= 4. GRANODIORITA.**



**Figura 18. GRANODIORITA, A y B).** Asociación de hornblenda, plagioclasa alterando a sericita y biotita, **C y D).** Asociación de hornblenda, cuarzo, espinela y feldespato alcalino. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA-PSM 162**  
**Nombre de la Roca: TONALITA**

Roca plutónica mesocrática, presenta textura en general alotriomórfica, localmente presenta texturas micrográfica y pertítica, con distribución inequigranular, leucocrática, con cristales de tamaño medio a grueso. Compuesta principalmente por Cuarzo, Plagioclasa, Biotita, Muscovita y Hornblenda.

**Composición Mineralógica**

**Cuarzo:** Individuos anhedrales, fracturados, con extinción ondulante, inequigranulares con tamaños entre finos y medios, homogéneamente distribuidos por toda la muestra, están en contacto con Plagioclasa, Biotita y otros Cuarzos.

**Plagioclasa:** Individuos subhedrales, inequigranulares, distribuidos homogéneamente por toda la muestra, presentan maclas tipo Albita y Carlsbad, con extinción ondulante cuando el cristal no está maclado. Se observa intercrecimiento de Cuarzo y Feldespato Alcalino o textura micrográfica, se encuentra en contacto suturado con Biotita. Algunos cristales están alterados principalmente a sericita y en menor cantidad a epidota.

La Sericita como una variedad cristalina diminuta de la muscovita, se encuentra en su mayoría reemplazando los cristales hacia el centro y la Epidota aunque en menor cantidad, se presenta en agregados finos, con alto relieve, de colores amarillo verdoso hacia el centro o bordes del cristal reemplazado, estos dos minerales son producto de la alteración hidrotermal.

**Biotita:** Individuos subhedrales, con hábito tabular, distribuidos heterogéneamente en la roca, se asocian a Hornblenda, y siempre aparecen bordeando la Plagioclasa y el Cuarzo, en algunos casos se encuentran alteradas a clorita.

La Clorita se presenta en la mayoría de los casos hacia los bordes de los cristales de Biotita, mostrando una birrefringencia azul anómala berlín, como productos de alteración.

**Muscovita:** Individuos incoloros anhedrales a subhedrales, con hábito tabular, se presenta en poca cantidad y distribuida heterogéneamente en la roca. Está en contacto neto con biotita y en algunos casos se encuentra sobre impuesta en

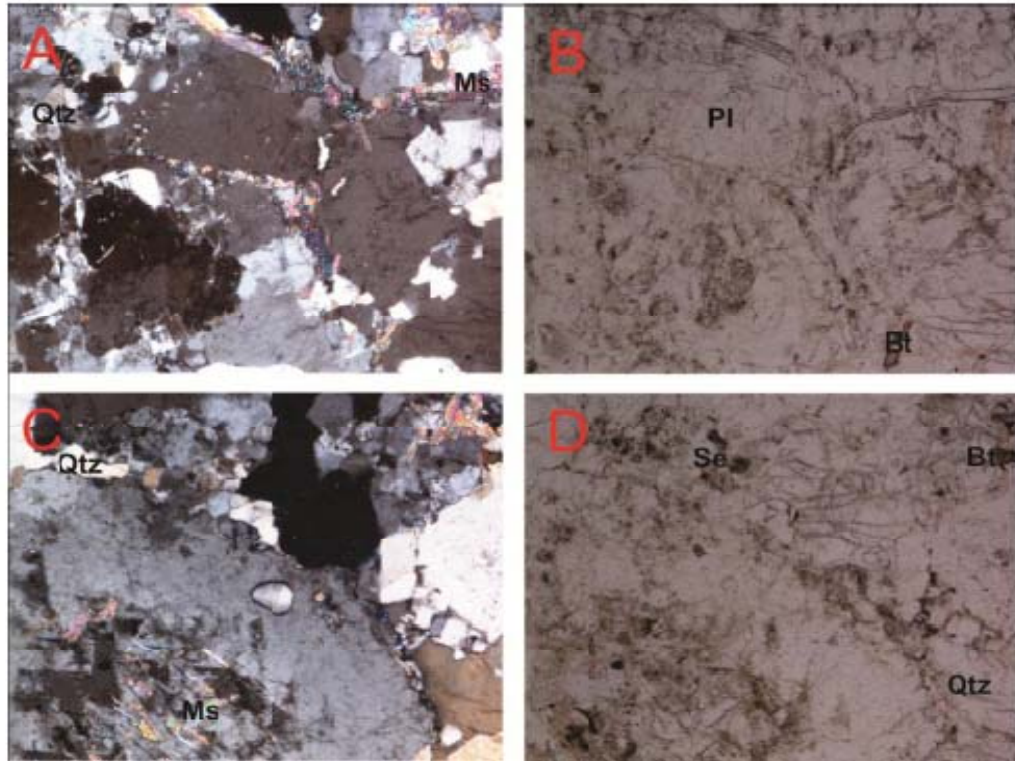
cristales de Cuarzo, al igual que la Biotita, muestra rasgos deformativos, en forma de "s" demostrando los esfuerzos compresivos a los que fue sometida la roca, en algunos casos se observa levemente orientada.

**Hornblenda:** Individuos anhedrales, heterogéneamente distribuidos por la roca, se presentan en tamaños mayores a los demás minerales presentes en la roca, con textura poiquilitica, se asocia a Biotita y Clorita.

**SEGÚN EL DIAGRAMA QAPF PARA CLASIFICACIÓN DE ROCAS  
PLUTÓNICAS (STRECKEISEN)**

<b>PRICIPALES</b>	<b>MÁFICOS</b>	<b>RECÁLCULO</b>
Qtz= 48,5%	Bt= 8%	Q= 57%
Pl= 36,5%	Ms=5%	P= 43%
Feld.A= 0%	Hbl= 2%	A= 0%

**NOMBRE DE LA ROCA= 5. TONALITA.**



**Figura 19. TONALITA, A y B).** Asociación de muscovita, biotita, plagioclasa y cuarzo, **C y D).** Asociación de cuarzo, plagioclasa alterando a sericita y biotita. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA- PSM 120**  
**Nombre de la Roca: ESQUISTO ANFIBÓLICO**

**Composición mineralógica**

La roca presenta textura nematogranoblástica principalmente y mirmequitica en algunos cristales, con una foliación bien definida de continua a espaciada en algunas partes, definiendo una estructura de esquistosa a bandeada, con el tamaño de los cristales medio.

**Minerales Principales:** Cuarzo, Hornblenda, Plagioclasa

**Minerales Menores:** Epidota, Muscovita

**Minerales Accesorios:** Zircón

**Minerales Secundarios:** Sericita (Plagioclasa).

**Cuarzo:** Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos. Los individuos presentan formas irregulares, distribuidos al azar por toda la muestra sin seguir la foliación de la roca, en contacto con epidota, anfíbol, plagioclasa, epidota, muscovita y algunas veces con zircón. Se encuentra intercrecido en cristales de plagioclasa, formando la textura mirmequitica.

**Hornblenda:** Individuos xenoblásticos de color verde a marrón, relieve alto, con la exfoliación en dos direcciones típica de los anfíboles, alargados siguiendo la dirección de esquistosidad. Se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa, anfíbol, epidota y muscovita.

**Plagioclasa (Albita):** Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, y en algunos casos alargados siguiendo la dirección principal de exfoliación, algunos con las maclas polisintética características de la albita, en contacto neto con cuarzo, anfíbol, epidota y muscovita, presentan colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción de 0 a 12°. Presenta intercrecimiento de cristales de cuarzo de tamaños pequeños, originando la textura mirmequitica y en algunos casos se encuentra alterada moderadamente a sericita.

La Sericita aparece en agregados escamosos finos, y se desarrolla en forma de parches en el centro de las plagioclasas.

**Epidota:** Individuos heteroblásticos, subidioblásticos siguiendo la dirección de la foliación, de la variedad, con birrefringencia fuerte de segundo y tercer orden, con extinción paralela, se asocia a anfíbol, cuarzo, plagioclasa y muscovita.

**Muscovita:** Individuos de hábito hojoso, incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos, distribuidos heterogéneamente en la roca, de formas alargadas siguiendo la dirección de esquistosidad y en contacto con anfíbol, epidota, cuarzo y plagioclasa.

**Zircón:** Individuos incoloros con alto relieve, xenoblásticos de tamaño muy fino, birrefringencia muy alta. Se encuentra en contacto neto con el Cuarzo.

#### **TIPO COPOSICIONAL**

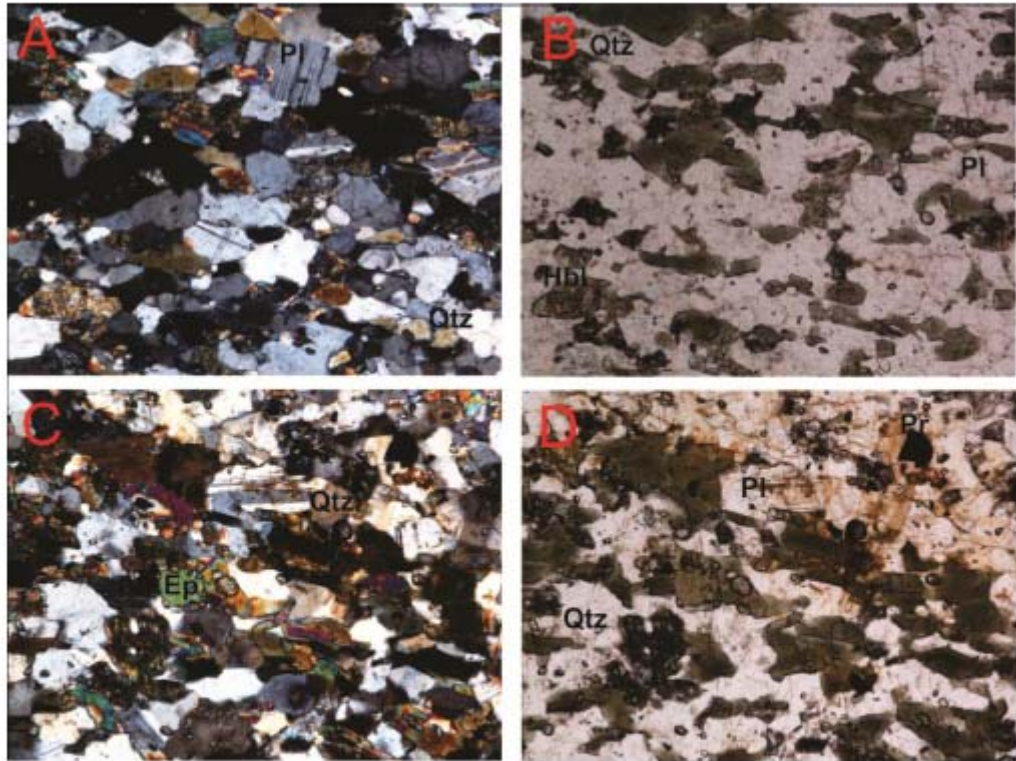
Mágico

#### **PARAGENESIS MINERAL.**

Hornblenda + Epidota + Plagioclasa (Hbl + Ep + Pl)

#### **FACIES DE METAMORFISMO.**

Epidota-Anfibolita



**Figura 20. ESQUISTO ANFIBÓLICO, A y B).** Asociación de plagioclasa, cuarzo y hornblenda, **C y D).** Asociación de Epidota, cuarzo, plagioclasa y un cristal de pirita oxidado. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

**MUESTRA PSM 124**  
**Nombre de la Roca: GRANODIORITA**

Roca plutónica mesocrática, presenta textura en general hipidiomórfica, localmente presenta textura gráfica, con distribución inequigranular, mostrando ser fanerítica con cristales de tamaño medio a fino. Compuesta principalmente por Plagioclasa, Cuarzo, Hornblenda, Feldespato Alcalino, Biotita y Muscovita. Presenta reemplazo de biotita por clorita debido a la alteración.

**Composición Mineralógica**

**Plagioclasa:** Individuos subhedrales, inequigranulares, distribuidos homogéneamente por toda la muestra, presentan maclas tipo Albita y Carlsbad. Se observa intercrecimiento de Cuarzo y Feldespato Alcalino o textura gráfica, se encuentra en contacto con Biotita, cuarzo, Hornblenda, feldespato alcalino y biotita, algunos cristales presentan alteración a sericita.

La Sericita como una variedad cristalina diminuta de la muscovita, se encuentra en su mayoría reemplazando los cristales hacia el centro y en sus planos de exfoliación, como producto de la alteración hidrotermal.

**Cuarzo:** Individuos incolores de bajo relieve, con colores de interferencia blanco grisáceos de primer orden, subhedrales, inequigranulares, se presenta intercrecido en plagioclasa formando la textura gráfica, en contacto con plagioclasa, feldespato, biotita y muscovita. Algunos cristales presentan extinción onculante.

**Hornblenda:** Individuos de color verde, relieve moderadamente alto, subhedrales, heterogéneamente distribuidos por la roca, con la exfoliación que caracteriza a los antiboles, en contacto con plagioclasa, cuarzo, antíbol, feldespato, biotita y muscovita.

**Feldespato Alcalino (Microclina):** Individuos anhedrales a subhedrales, con maclas polisintética tipo enrejada, es frecuente el intercrecimiento con plagioclasa formando la textura gráfica. Se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa, Hornblenda, biotita y muscovita.

**Biotita:** Individuos subhedrales de color marrón, con hábito tabular, distribuidos heterogéneamente en la roca, en contacto con cuarzo, plagioclasa, hornblenda, feldespato, biotita y muscovita, en algunos casos se encuentran alteradas a clorita.

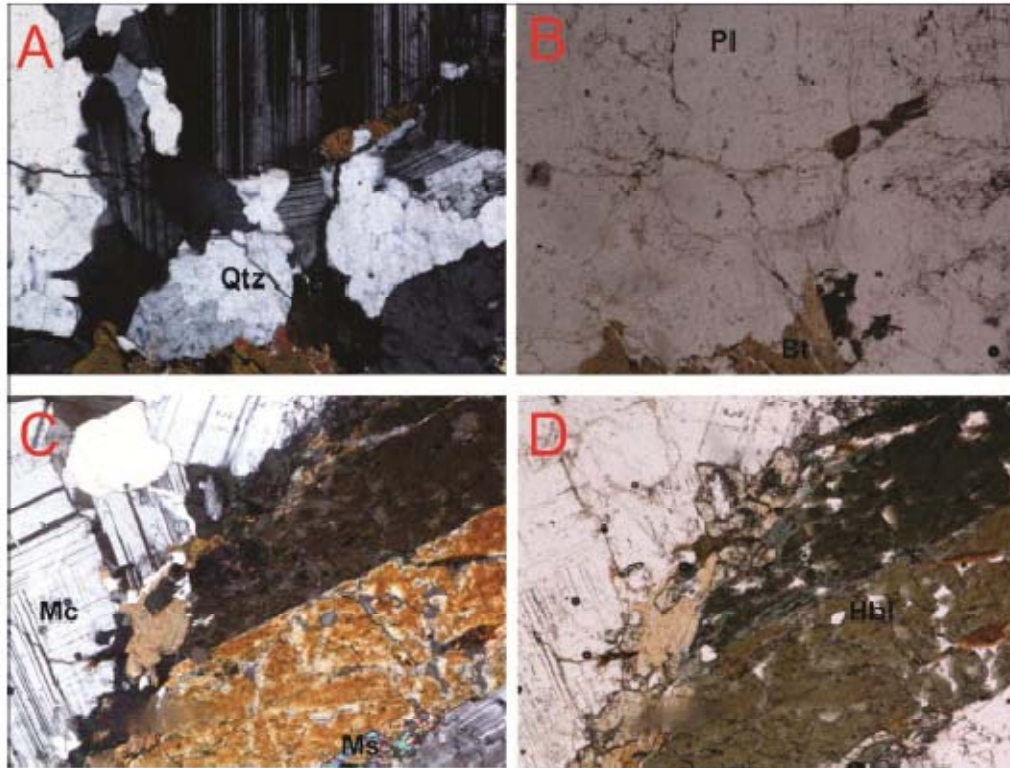
La Clorita se presenta en la mayoría de los casos hacia los bordes de los cristales de Biotita, mostrando una birrefringencia azul anómala berlín, como productos de alteración.

**Muscovita:** Individuos incoloros anhedrales a subhedrales, con hábito tabular, se presenta en poca cantidad y distribuida heterogéneamente en la roca. Está en contacto con cuarzo, plagioclasa, Hornblenda, feldespato, biotita y en algunos casos se encuentra sobre impuesta en otros cristales.

**SEGÚN EL DIAGRAMA QAPF PARA CLASIFICACIÓN DE ROCAS  
PLUTÓNICAS (STRECKEISEN)**

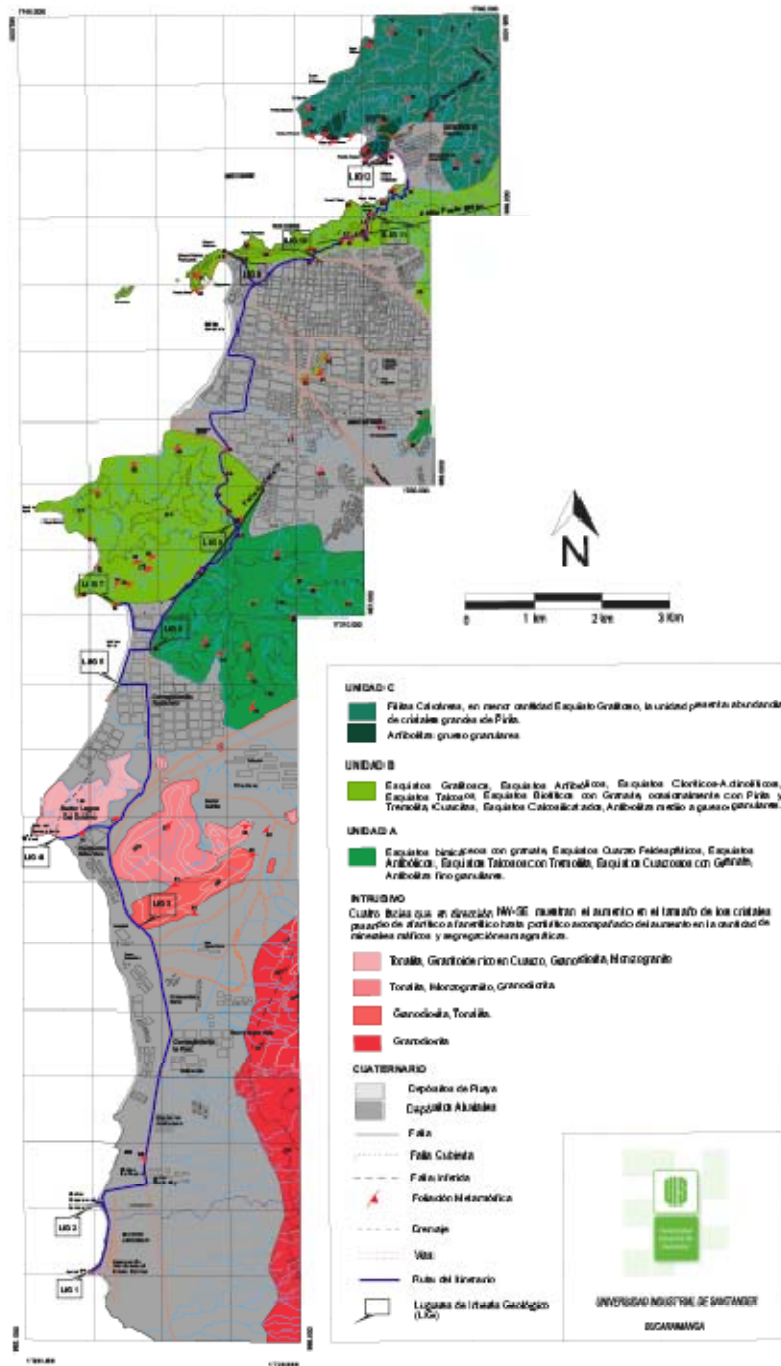
<b>PRICIPALES</b>	<b>MÁFICOS</b>	<b>RECÁLCULO</b>
Pl= 37%	Hbl= 20%	Q= 32%
Qtz= 22%	Bt= 10%	P= 55%
Feld.A= 9%	Ms= 2%	A= 13%

**NOMBRE DE LA ROCA= 4. GRANODIORITA.**

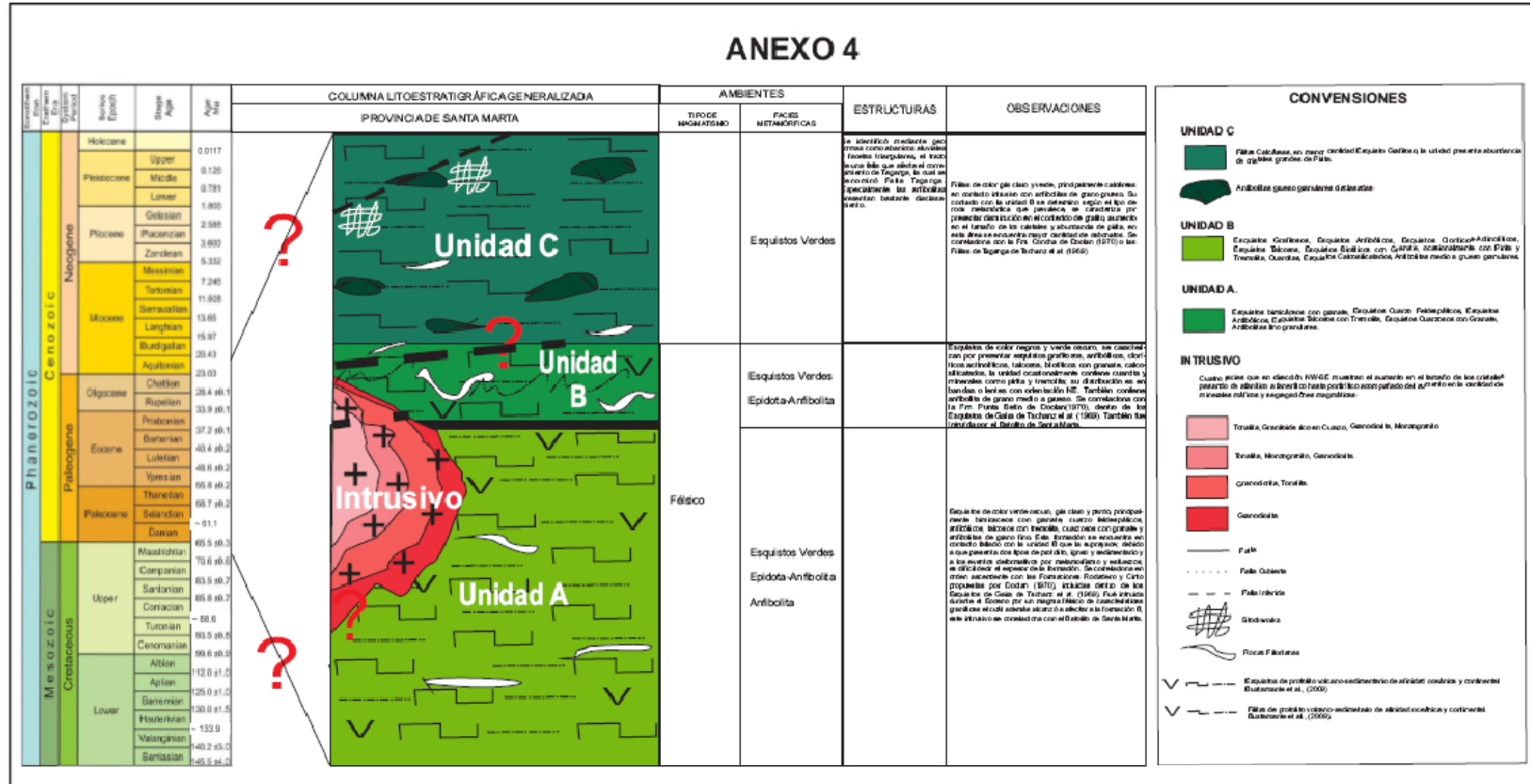


**Figura 22. GRANODIORITA, A y B).** Asociación de cuarzo, plagioclasa y biotita. **C y D).** Asociación de Moscovita, hornblenda, cuarzo y microclina. (Imágenes tomadas con microscopio de luz transmitida-aumento 10X)

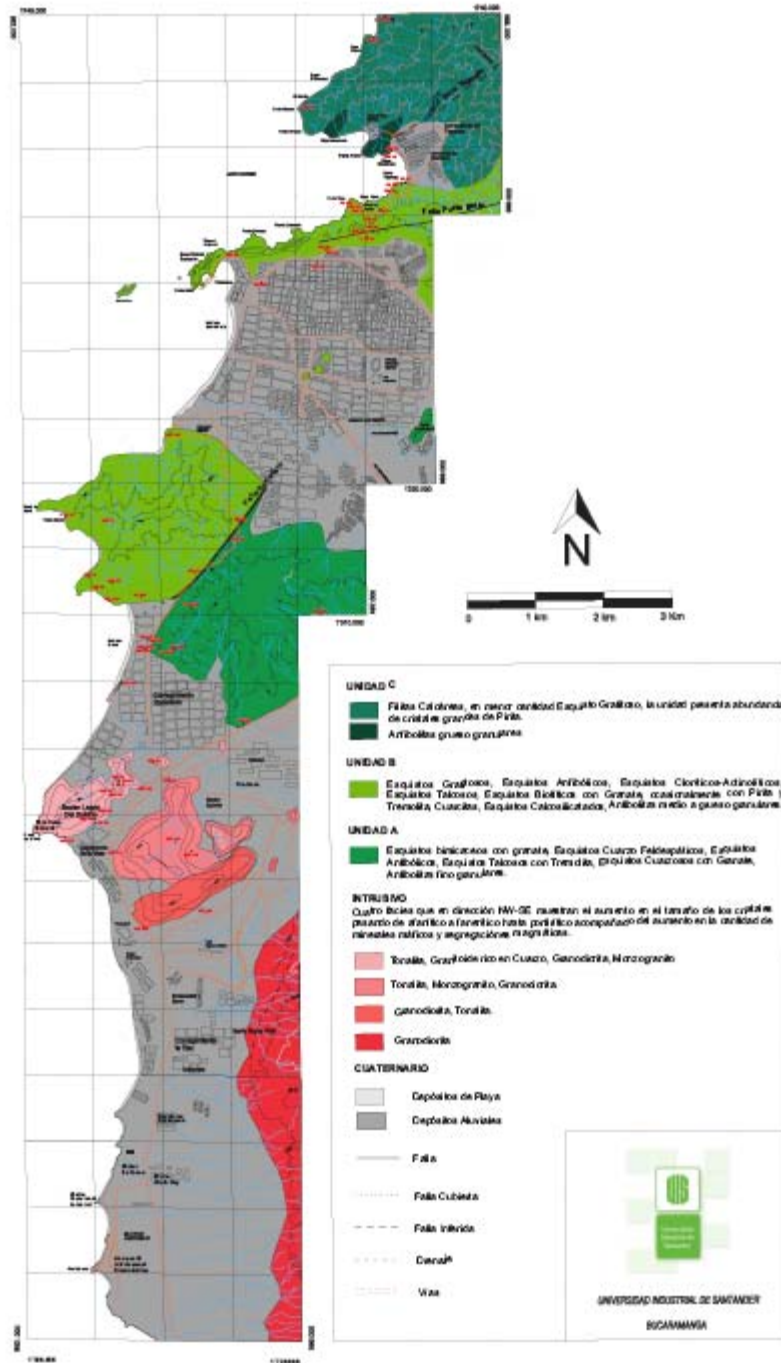
### ANEXO 3 MAPA GEOLÓGICO RUTA DEL ITINERARIO



## Anexo 4. Columna Litoestratigráfica Generalizada



## Anexo 5. Mapa Geológico de Muestras



## Anexo 6. Formato de Encuesta

NOMBRE: \_\_\_\_\_, OCUPACIÓN: \_\_\_\_\_, ENTIDAD: \_\_\_\_\_

Por medio de esta encuesta se pretende recolectar la opinión de profesionales versados en conceptos como geodiversidad patrimonio geológico y geoconservación, de manera que puedan dar una valoración objetiva sobre Lugares de Interés Geológico (LIG), ya localizados sobre una ruta geológica en la Franja Costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga, Provincia Geotectónica de Santa Marta. Con el fin de producir un Itinerario geológico del área.



Basados en Bruschi (2007), se tomaron los siguientes criterios, de gran importancia para cada LIG, (previamente visitado por la tesista y que será sujeto a valoración): **Valor Intrínseco** (valor científico), **Potencial de Uso** (utilidad social) y **Grado de Amenaza** (urgencia de actuar).

Se necesita valorar cuantitativamente los indicadores que representan cada criterio anteriormente nombrado (ver tabla 1), estableciendo parámetros de medida de -5 a 5 con el fin de calificar también los que influyen negativamente sobre el LIG, todo mediante un juicio de valor colectivo. Para un mejor entendimiento del significado de los indicadores, se sugiere ver el glosario al final de la encuesta.

Tabla1. Ejemplo de cómo valorar los indicadores en cada LIG que se presentara a continuación.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	5
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	3
	Interés Científico	4
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	Mineralógico, Estructural= 2
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	3
	Fragilidad	-3
	Seguridad	-1
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	5
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	-5
	Estado de Conservación	-2

1. Ubicados en las playas del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar. X=1721255; y=982956; Z=9m. (flecha roja)

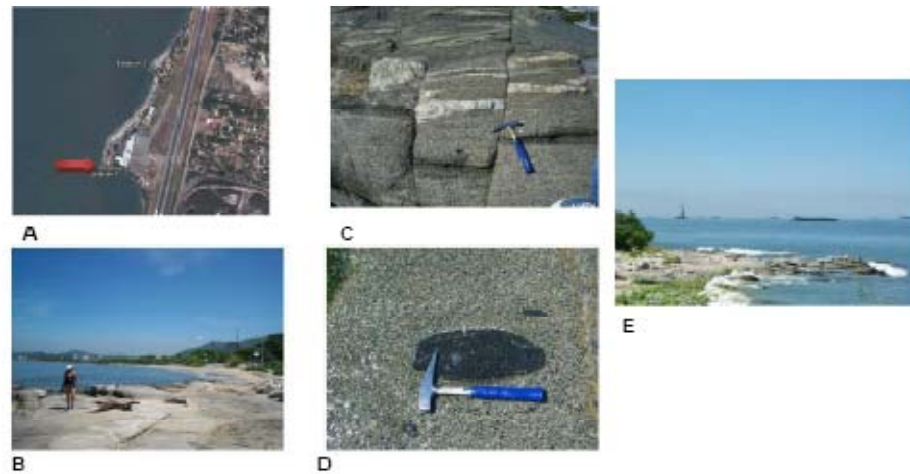


Figura 1. A. Ubicación del LIG en google earth, B. Plataforma de abrasión de aprox. 250 m sobre las playas del aeropuerto internacional Simón Bolívar. Az. 80. La litología corresponde al Batolito de Santa Marta (cuerpo ígneo intrusivo félsico, Granodiorita), presenta enclaves máficos. C. Roca ígnea de textura granítica secuencia afectada por microfallas normales de poco desplazamiento. D. Enclave máfico de forma subredondeada de unos 25 cm. E. Desde esta estación se observa el transporte de carbón por parte de los buques.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

3. Margen derecho de la vía que va del que va del Aeropuerto internacional simón Bolívar al corregimiento el Rodadero más conocida como la vía Ciénaga – Santa Marta. Dentro del restaurante Puerto Esperanza. 200 m antes del ingreso principal a las instalaciones de Ecopetrol, costado derecho de pozos colorados. X=1726297; Y=983690; Z=14m.

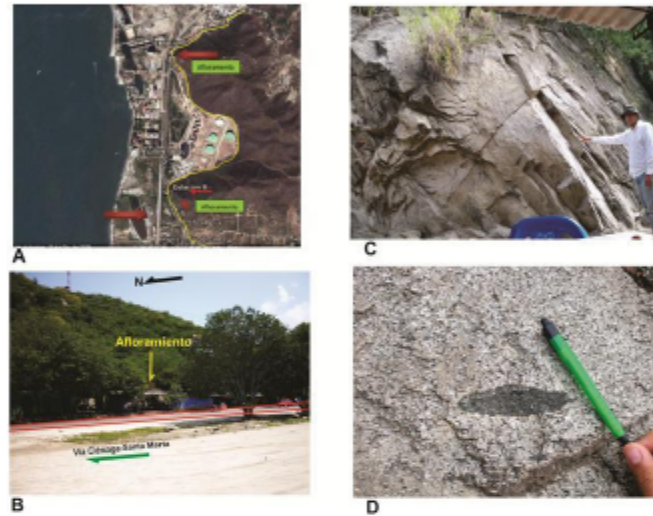


Figura 3. A. Figura de google earth, donde se localiza este LIG. B. Restaurante Pto. Esperanza, se observa q el afloramiento esta dentro del restaurante, ubicado al margen derecho de la vía Ciénaga-Santa Marta, en dirección Norte. C. Afloramiento, de roca ígnea de composición granítica afectado por erosión esferoidal, Agradecimientos al Grupo 5 de campo II del Segundo periodo del 2010. D. Enclave máfico de 12 cm.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

4. Ubicados en la base del Cerro la Gloria, en límites con el condominio Sierra Laguna. X= 1727586; Y= 982507; Z= 15 m.



Figura 4. Acantilado con altas pendientes ubicado en el cerro la gloria. se puede ver el trazo de un falla inferida, es la única parte donde escasea la vegetación y esto se debe a la erosión del mar. A un costado del acantilado se observa una playa cubierta por rocas a la que se le denomina playa rocosa, gracias a los procesos de meteorización y erosión se observa formas redondeadas, diaclasadas, fracturadas, grietas por efectos del agua y el viento. El granito encontrado allí es de cristales gruesos (Granodioritas félsicas del Batolito de Santa Marta) con enclaves de tamaños finos. Se observan venas pegmatíticas de espesores que oscilan entre 2 y 10 cm.

CRITERIOS DE EVALUACION	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Raridad	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, educativas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

5. Desde la vía nacional que conduce del aeropuerto internacional Simón Bolívar al municipio de Taganga a la altura del municipio del Rodadero, desviando por la calle 12 hasta la playa, caminando durante 10 minutos y girando por la izquierda sobre la línea de costa. se encuentra un afloramiento de roca metamórfica esquistos Anfibólicos de la Fm. Rodadero (Doolan, 1970), intruido por el Batolito de Santa Marta. COORDENADAS: X=1730157; Y= 983424; Z=9m



Se presentan esquistos como roca caja los cuales presentan una alternancia de tonos verdes y parduscos con numerosos cuerpos lenticulares de composición granodiorítico emplazados concordantemente con respecto a la foliación metamórfica, como también cuerpos ígneos de igual composición pero que cortan la foliación de la roca a bajo ángulo. En la parte alta del afloramiento predomina el intrusivo cuyos cristales planares y elongados presentan una orientación preferencial, evidenciando así un grado bajo de metamorfismo, lo que a su vez puede indicar que el cuerpo ígneo intruyó los esquistos durante el metamorfismo o en una etapa tardía del mismo. Por otro lado se observo que el intrusivo presenta unas zonas pegmáticas donde el tamaño de los cristales es más grueso y la foliación es ausente, también se encontraron cuerpos tabulares a manera de diques de composición intermedia de 30 cm de espesor aprox., que intruyen concordantemente la foliación metamórfica de los esquistos e inclusive los cuerpos granodiorítico. Adicionalmente se encuentran fragmentos de esquistos a manera de xenolitos dentro del intrusivo granodiorítico.



Desde acá se observa la panorámica de la saliente de punta Cabeza de Negro, el stack o pilar Morro de Gaira, al fondo las colinas aserradas características de roca metamórfica. Se observan acantilados en las que su desarrollo ha sido favorecido por la foliación. Y se observa el complejo turístico del rodadero.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

6. Ubicados en la Carrera 4 con calle 10, al lado del Restaurante Pez Caribe, sobre el costado izquierdo de la vía que conduce a una zona residencial. X=1730638; Y=983888; Z=15m.

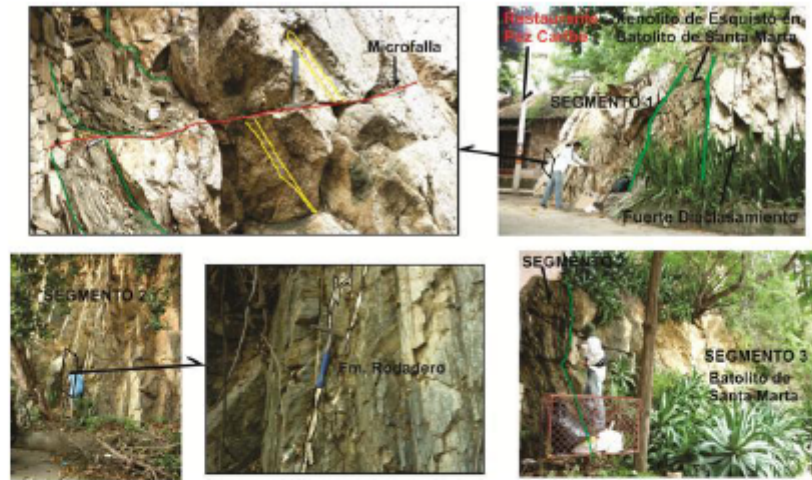


Figura 5. Este LIG se considera una zona de contacto entre el Batolito de Santa Marta y la Fm. Rodadero (Doolan, 1970). Afloramiento de 140 m de ancho y hasta 6 de alto, presenta intercalación entre roca metamórfica e ígnea, se divide en tres segmentos de izquierda a derecha según la litología dominante, en el primer segmento se observa predominio de roca ígnea Batolito de Santa Marta, hasta de 60 metros de ancho, con xenolitos de esquistos acunándose hacia la parte superior del afloramiento, presenta venas de pegmatita entre 3 y 10 cm de espesor que cortan el cuerpo ígneo de forma paralela a la foliación del cuerpo metamórfico., las cuales presentan desplazamientos, al parecer por una microfalla; el segundo segmento está conformado por roca metamórfica de 40 m de ancho, Fm. Rodadero, los cuales presentan venas de cuarzo paralelas a la foliación de hasta 4 cm de grosor y el tercer segmento, de nuevo predomina el cuerpo ígneo durante los siguientes 60 metros, en este segmento se pueden identificar lentes de cuarzo desde 1 hasta 3 cm de espesor cerca a contacto con el anterior segmento.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

7. Ubicados Acantilados al norte de las playas del Rodadero. La estación se realiza después de pasar las playas del Rodadero por los acantilados en dirección a Playa blanca, en la primera Saliente que forma una Playa de bolsillo bajo la Discoteca BuruKuca. X= 1731141; Y= 983273; Z= 3 m.



Figura 6. Detalles del afloramiento Az 122, en la parte superior se resalta un xenolito de cuarzo, a la izquierda las venas paralelas a la foliación y a la izquierda un dique de gran tamaño cortando la foliación a bajo ángulo y lentes de cuarzo de menor tamaño.

Pasando la saliente encontramos una playa de bolsillo, es decir una playa limitada por dos acantilados uno de los cuales ya se analizó anteriormente, luego caminando por la misma cerca de 80 m hasta llegar a la siguiente saliente o límite final, en las COORDENADAS: X= 1731220; Y= 983168; Z= 3 m, se observa la actividad pesquera del lugar. Al fondo se distingue una panorámica que capta desde las playas del Rodadero y su actividad turística, hasta el Cerro la Gloria, Az. 250°.



Se nombraron las unidades según Doolan, (1970)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

8. Bajando el alto del Ziruma, en dirección a Santa Marta. Al margen izquierdo de la vía que va del Rodadero a Santa Marta, bajando del alto del Ziruma, a 1,5 Km del batallón, se detalla un afloramiento. Una vez terminada la visita al afloramiento, cruzando la calle al margen derecho de la Vía se observa una panorámica de la ciudad de Santa Marta y el Batallón. X=1/32336; Y=985083; Z=89m.

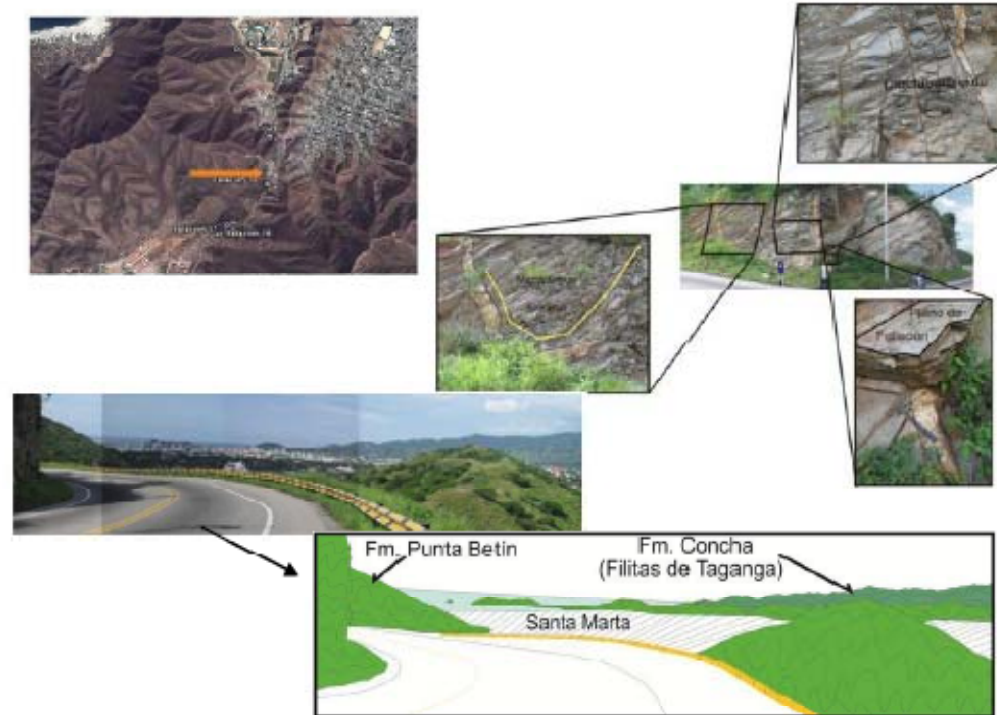


Figura 7. En el afloramiento de esquistos Anfibólicos, donde se detalla un sinclinal a la derecha, la familia de diaclasas que predomina en él y el plano de foliación, en la panorámica se observa el mar Caribe, Punta Betín y en general la ciudad de Santa Marta, sentada sobre colinas conformadas por rocas de la Fm. Punta Betín. (Doolan, 1970). Al fondo se observa la Fm. Concha (Doolan, 1970) o Filitas de Taganga (Lischanz, 1969).

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSICO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variación de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, recreativas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

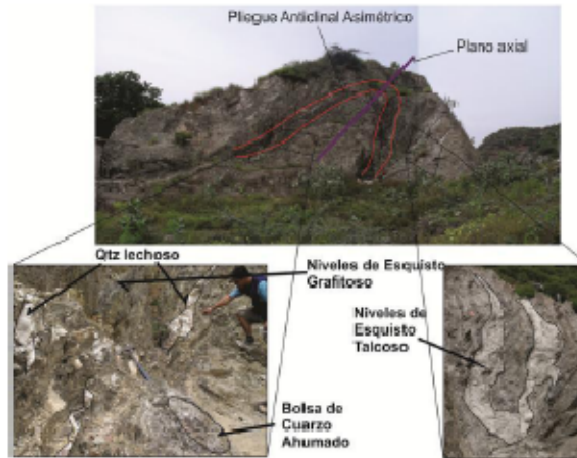
9. Sobre el Cerro Punta Betín; saliendo de las instalaciones de INVEMAR las cuales están ubicadas dentro de la Sociedad Portuaria de Santa Marta. Tomamos la vía que sube al Cerro. COORDENADAS: X=1736483; Y=934916; Z=25m.



Figura 8. A. Al margen izquierdo de frente al mar en dirección este, un afloramiento de roca metamórfica Esquisto clorítico-actinolítico de la Fm. Punta Betín, donde se identifica una plataforma de abrasión y el inicio de formación de una caverna por procesos erosivos como resultado de la acción de las olas que socaban la base del acantilado. B. Desde este lugar también se puede observar en una panorámica algunas playas de bolsillo, al margen derecho a lo lejos parte de la bahía de Taganga y se hace la diferenciación de las dos formaciones Concha y Punta Betín. Se presenta contaminación por aguas negras y desechos orgánicos. Se propone recuperar el lugar.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

10. Ubicados en el Barrio Nacho Vives, al margen izquierdo de la vía alterna que conduce al Puerto de Santa Marta, llamada Vía del Ferrocarril, ubicados frente al túnel construido para carros y que conduce a las playas de Santa Marta, en la Carrera 11 con Alterna exactamente. COORDENADAS: X=1736342; Y=986031; Z=18m



Se observan clastos de carbonato magnesita, también muestra numerosas venillas entrecortándose, la roca es ligeramente calcárea. El afloramiento presenta diaclasamiento muy pronunciado cortándolo casi en rombos, se observan alternancias entre niveles de esquistos de color gris oscuro y verde claro, guardando la apariencia de capas estratificadas. Muestra una estructura de pliegue anticlinal asimétrico, presenta venas de cuarzo lenticulares que llegan a medir hasta 20 cm de ancho en su flanco izquierdo, también se encuentran lentes redondeados de material silíceo negro y lechoso, cuarzo ahumado asemejando bolsas ovaladas, las cuales se presentan en diferentes tamaños, se observa una que sigue la foliación de la roca metamórfica de 7cm a lo largo y 5cm a lo ancho, otra que corta la foliación de 35cm a lo largo y 30 de ancho. Al margen derecho del afloramiento, flanco derecho del pliegue se observan 2 niveles de esquisto talcoso y en el izquierdo, niveles de esquisto grafítico, característico de la Fm Punta Betín. Todo el afloramiento presenta bastante replegamiento mostrando estructura milonítica, lo que sugiere el trazo de una falla, al parecer una estribación de la falla Jordán. Este LIG presenta contaminación por basuras y desechos orgánicos, por lo que se sugiere rescatar el lugar.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRÍNSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

11. Mirador de Taganga. Por la vía que va de Santa Marta a Taganga a la altura del Mirador, una vez detallada la panorámica desde el mirador al margen izquierdo de la vía, de Taganga y las playas que siguen en dirección a playa Grande, cruzando al margen derecho de la vía se detalla un afloramiento de roca metamórfica esquistosa. COORDENADAS: X=1737054; Y=987059; Z=76m.

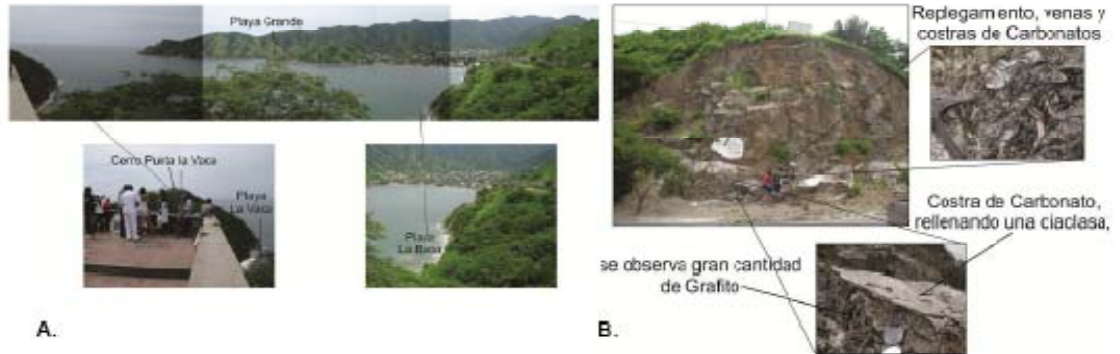


Figura 9. A. Panorámica de Taganga, Az 100 desde donde se pueden identificar los distintos aspectos geomorfológicos que demarcan las Filitas de Taganga (Tschanz, 1969) o Fm. Concha (Doolan, 1970) su alrededor y la actividad turística en torno a ello como el Cerro Punta la Vaca, la Playa la Vaca Az 10 y Playa la Baha, Az 125. B. Afloramiento de filita con grafito, Az 225, y con niveles carbonosos a manera de costras, presenta fuerte replegamiento, estructura milonítica, lo que sugiere el trazo de una falla, también muestra venas de cuarzo y en especial algunas que siguen fracturas las cuales están rellenas también por carbonatos.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRÍNSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

12. Acantilado a 10 minutos de las playas de Taganga en dirección a playa Grande. Ingresando a Taganga por la calle principal y luego desviando por la calle 11 hasta el acantilado que limita la playa en dirección a playa grande, caminando por el borde e este durante 10 minutos. COORDENADAS: X=1737988; Y=987348; Z=3m.

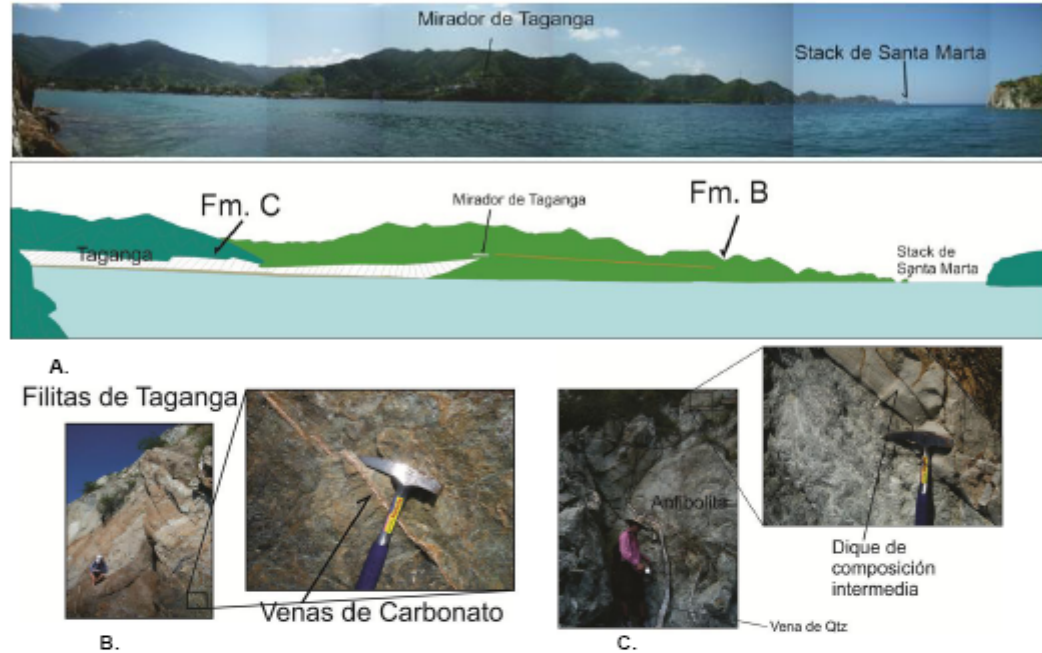


Figura 10. A. Panorámica donde se observa el Mirador de Taganga, y al fondo a la derecha el Stack de Santa Marta. B. Secuencia de roca perteneciente a las Filitas de Taganga o Fm Concha, con venas de carbonato, las cuales van cortando la foliación de la roca con ángulos de 35°. C. Niveles de anfibolita de 8 m de ancho y 2 ½ m de alto, intruyendo el cuerpo metamórfico esquistoso, afectada por venas de cuarzo de espesores entre 0,5 a 1 cm, y otras desde 5 hasta 10cm que siguen un mismo patrón de diaclasamiento. En este LIG, además se pueden observar especies animales como erizos y peces de diferentes colores, debido a la transparencia del agua y además la actividad turística que se lleva a cabo en estas playas.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES A VALORAR	PUNTAJE (-5 a 5)
VALOR INTRINSECO	Rareza	
	Buen Ejemplo de Proceso Geológico	
	Interés Científico	
	Variedad de Categorías Temáticas, (Cuales)	
POTENCIAL DE USO	Accesibilidad	
	Fragilidad	
	Seguridad	
	Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas)	
GRADO DE AMENAZA	Calidad Ambiental	
	Estado de Conservación	

## GLOSARIO

**Rareza:** Indicador que se refiere a si el LIG se considera por sus características geológicas únicas.

**Buen ejemplo de proceso geológico:** Indicador que se refiere a si el LIG tiene la posibilidad de ilustrar procesos geológicos que lo han modelado a partir de su observación.

**Interés Científico:** Indicador que se refiere a si el LIG tiene interés o significado en la historia geológica, mostrando registro de información científica.

**Variedad de Categorías Temáticas:** Variedad de Categorías Temáticas: Cuando se habla de Categorías temáticas, es referente a la litología, geomorfología, estratigrafía, estructural, tectónica y mineralogía, por lo que se desea valorar si el LIG contiene más de una de las categorías nombradas anteriormente.

**Accesibilidad:** Indicador que se refiere a si el LIG presenta acceso fácil.

**Fragilidad:** Indicador que se refiere al grado de fragilidad que presenta el LIG ante posibles actuaciones humanas.

**Seguridad:** Indicador que se refiere a si el LIG es seguro para los visitantes, en cuanto a cualquier actividad natural del afloramiento o a lo concerniente con el orden público del área.

**Posibles Actividades a Realizar (científicas, didácticas, turísticas):** Indicador que se refiere a si el LIG presenta potencial de uso con el fin de enfocarlo al desarrollo sostenible del área, si puede aportar algún tipo de conocimiento a la sociedad en general.

**Calidad Ambiental:** Indicador que pretende valorar el grado de contaminación ambiental que tiene el LIG.

**Estado de Conservación:** Indicador que se refiere a si el LIG preserva sus elementos geológicos o están siendo destruidos.