



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESCUELA DE GEOLOGÍA



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO GUARUMO, EN
CHIRIQUÍ GRANDE, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO, PARA LA
INTERPRETACIÓN DEL ORIGEN DEL ABANICO ALUVIAL.**

TESIS

Para optar por el título de

Licenciatura en Ingeniería Geológica

ESTUDIANTE:

Nicole Leong

ASESOR

Eric Chichaco

Campus Harmodio Arias Madrid, Ciudad de Panamá, 2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a mi abuela, a mis padres, a mis amigos y a mi pareja que de alguna manera lograron apoyarme para culminar mis estudios.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que estuvieron involucradas de alguna manera con mi trabajo. A los profesores Eric Chichaco y al profesor Arkin Tapia, por guiarme durante este camino, por medio de sus conocimientos. Al profesor Eric Gutiérrez, por el apoyo brindado con el análisis petrográfico; y a la Magíster Yadira Echeverría, por su apoyo con el Sistema de Información Geográfica.

Finalmente, agradezco a la Facultad de Ingeniería, al profesor Elías López y al Instituto de Geociencias por todo su apoyo.

Índice

Resumen.....	1
Abstract	3
Introducción	5
Planteamiento del Problema	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Justificación	8
Metodología	9
Zonación de un abanico aluvial	13
Morfología de los abanicos aluviales	16
Formación de abanicos aluviales	17
Causas de la formación de un abanico aluvial	18
Factores que controlan el desarrollo y la modificación de los abanicos aluviales	18
Estudios de abanicos aluviales	21
Peligros de vivir en zonas de cause de un abanico aluvial	23
Maneras de mitigar el daño en un abanico aluvial	25
Capítulo 2: Marco Teórico	27
Capítulo 3: Características Biofísicas del Espacio	34

Área de Estudio	34
Acceso	34
1.1. Clima y temperatura:	36
1.2. Precipitación:	36
1.3. Vientos	38
1.4. Evaporación	38
1.5. Humedad	39
1.6. Topografía	40
1.7. Características de Población y Vivienda	40
1.8. Salud	42
1.9. Abastecimiento y Saneamiento Hídrico	42
1.10. Red Eléctrica	43
1.11. Vivienda	43
1.12. Salud	44
Capítulo 4: Marco Geológico	45
Marco Tectónico	45
Ensenada Ballena-Carretera Ballena	46
Análisis Macroscópico de M-17 y M-14	47
Análisis Macroscópico de M-19, M-20 y M-21	50
Análisis Macroscópico de M-16	51

Quebrada Bajo	53
Análisis Macroscópico de M-15	55
Análisis Macroscópico de M-2	56
Petrografía de M-2	56
Camino hacia los tanques de la Petroterminal	57
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-1	57
Quebrada Platanarito	59
Chiriquí Grande	60
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-3	60
Carretera Punta Peña	62
Confluencia de los ríos Guabo y Pejebobo	64
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-4	65
Río Guarumo.....	68
Terraza del río Guarumo	70
Comunidad de Oriente	71
Las Lajas, río Guabo	72
Dique en el río Guabo	73
Análisis Macroscópico de M-6 y M-7	74
Petrografía de M-6 y M-7	75
Región La Gloria a Nueva Estrella	77

Sendero del río La Gloria-Almirante	78
Muestreo en la zona de la Cordillera	79
Entrada del Laboratorio del Smithsonian	79
Análisis Macroscópico de M-18	80
Cordillera	80
Cabello de Ángel #1	80
Análisis Macroscópico de M-12 y M-13	81
Sobre Carretera.....	81
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-5	82
Río Guarumal	83
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-8 y M-9	83
Cabello de Ángel #2	85
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-10 y M-11	85
Muestras tomadas cerca del río La Gloria.....	87
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-23	87
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-24 y M-24.2	89
Comunidad la estrella.....	90
Análisis Macroscópico y Petrografía de M-25	90
Alteraciones hidrotermales	92
Conclusiones.....	97

Recomendaciones.....	99
Bibliografía	100
Anexos	103

Índice de figuras

Figura 1. Abanico aluvial al pie de la Sierra Alhamilla.....	12
Figura 2. Abanico aluvial Las Lajas, Chiriquí.....	12
Figura 3. Representación esquemática de un abanico aluvial	13
Figura 4. Se puede observar un esquema general del abanico aluvial	14
Figura 5. Sectores de un abanico aluvial.	16
Figura 6. Relaciones geomorfológicas en un abanico aluvial.....	17
Figura 7. Los abanicos aluviales en el Valle de El General de Costa Rica.	22
Figura 8. Abanicos aluviales del Valle de Zonda, Argentina.....	23
Figura 9. Depósitos debido a un evento de aludes torrenciales	24
Figura 10. Casa arrastrada por flujos detríticos en Caraballeda	25
Figura 11. Vista oblicua hacia el abanico aluvial de Caraballeda.....	27
Figura 12. Columna estratigráfica de la región norte y sur del Archipiélago	33
Figura 13. Promedio de temperatura anual de la Estación Changuinola.	36
Figura 14. La lluvia promedio en Chiriquí Grande.	37
Figura 15. Datos históricos de las lluvias de Estación Rambala	37
Figura 16. Datos históricos de viento de la Estación Aeropuerto de Bocas.	38
Figura 17. Datos históricos de evaporación de la Estación Changuinola.....	38
Figura 18. El porcentaje en varios niveles de comodidad de humedad	39
Figura 19. Datos históricos de humedad relativa de la Estación Changuinola.....	39
Figura 20. Evolución de la población por distrito año (2000-2020).....	41
Figura 21. El servicio de salud en la región de Chiriquí Grande.....	42
Figura 22. Sistema de abastecimiento hídrico por distrito.....	42

Figura 23. Los servicios sanitarios de Chiriquí Grande.	43
Figura 24. Distribución de viviendas en Chiriquí Grande	44
Figura 25. Cantos rodados angulosos y subredondeados	46
Figura 26. Bloque depositado en el sitio.	46
Figura 27. Subintrusivo andesítico con presencia de xenolitos en su matriz..	48
Figura 28. Canales de erosión en suelo rojizo del suelo y rodados.	48
Figura 29. Bloque de diorita.	49
Figura 30. Se observan canales de erosión.	50
Figura 31. Muestra AACHGR-M19.....	51
Figura 32. Bloque masivo de un subintrusivo diorítico.	52
Figura 33. Afloramiento muy meteorizado.....	53
Figura 34. Bloque de 1.5 m de altura aproximadamente.....	54
Figura 35. Tamaño a escala de un afloramiento subintrusivo diorítico.....	54
Figura 36. Afloramiento con presencia de disyunción columnar	55
Figura 37. Basalto afanítico con pirita diseminada.	56
Figura 38. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M2.....	57
Figura 39. Muestra de mano AACHGR-M1	58
Figura 40. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M1	58
Figura 41. Bloques de basalto que forman una pequeña cascada.....	59
Figura 42. Bloques rodados de roca subintrusiva diorítica.....	60
Figura 43. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M3.....	61
Figura 44. Cambio de tonalidad en el sitio	61
Figura 45. Fracturas observadas en basalto meteorizado	62
Figura 46. Brecha volcánica alterada en el escarpe del deslizamiento	63

Figura 47. Material deslizado en la carretera Punta Peña.....	64
Figura 48. Confluencia río Guabo y Pejebobo.....	65
Figura 49. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M4.....	66
Figura 50. Meteorización biológica presente en la zona	66
Figura 51. Afloramiento de andesita 4.8 m de altura.....	67
Figura 52. Planos de fractura en andesita.....	68
Figura 53. Estratificación gradada normal en la terraza del río Guarumo	69
Figura 54. Deposición de sedimentos (coluviales y aluviales) del río Guarumo.....	70
Figura 55. Diferentes terrazas en el río Guarumo.	71
Figura 56. Gran bloque observado en la parte media del río	72
Figura 57. Basalto columnar altamente meteorizado	73
Figura 58. Imagen representativa del dique subintrusivo andesítico.....	75
Figura 59. Muestra de mano AACHGR-M-6 y muestra de mano AACHGR-M7.....	75
Figura 60. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M6.....	76
Figura 61. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M7.....	76
Figura 62. Bloques masivos encontrados en el río La Gloria	78
Figura 63. Bloque masivo de brecha volcánica	79
Figura 64. Muestra AACHGR-M18.....	80
Figura 65. En la muestra AACHGR-M12 y muestra AACHGR-M13.....	81
Figura 66. Muestra AACHGR-M5.....	82
Figura 67. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M5.....	83
Figura 68. Muestra AACHGR-M8.....	84
Figura 69. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M8.....	84
Figura 70. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M9.....	85

Figura 71. Muestra AACHGR-M10 y muestra AACHGR-M11	86
Figura 72. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M10.....	86
Figura 73. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M11.....	87
Figura 74. Muestra AACHGR-M23.....	88
Figura 75. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M23.....	88
Figura 76. Muestra AACHGR-M24 y muestra AACHGR-M24.2.....	89
Figura 77. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M24.....	90
Figura 78. Muestra de mano AACHGR-M25.....	91
Figura 79. Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M25.....	91
Figura 80. Zonas de alteración hidrotermal por Lowell and Gilbert	94

Índice de Anexos

Anexo 1. Archipiélago de Bocas del Toro	103
Anexo 2. Depósitos de sedimentos	103
Anexo 3. Muestra AACHGR-M15	104
Anexo 4. Afloramiento de basalto con disyunción columnar	104
Anexo 5. Bloque diorítico	105
Anexo 6. Deslizamiento rotacional en la carretera de Punta Peña	105
Anexo 7. Deposición de sedimentos en la confluencia del río Guabo y Pejebobo	106
Anexo 8. Fotografía aérea del Sur de la cuenca del abanico aluvial	106
Anexo 9. Muestra AACHGR-M9	107
Anexo 10. Fotografía área del río Guarumo	107
Anexo 11. Mapa de Locación del área de estudio, en Chiriquí Grande	108
Anexo 12. Mapa de elevaciones en Chiriquí Grande	109
Anexo 13. Mapa geológico de Chiriquí Grande	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Formaciones geológicas con el mapa geológico de Panamá	28
Tabla 2. Distribución de la población en Chiriquí Grande	40
Tabla 3. Población general de Chiriquí Grande	41
Tabla 4. Cantidad de hospitales y puestos de salud	44
Tabla 5. Tabla de Generalidades de las rocas observadas en campo	111

Resumen

Los abanicos aluviales, son deposiciones planares en forma de cono, que se extienden desde una zona de ápice o salida, en la base de un sistema montañoso, de una gran cantidad de material de suelo, roca y vegetación; desprendido desde la parte alta de una región. Estos, al explayarse, modifican el terreno preexistente; además, se pueden generar otros depósitos, aumentando su volumen y extensión.

En Panamá, son pocos los estudios específicos de abanicos aluviales realizados, en donde algunas regiones, como la provincia de Bocas del Toro, con características particulares, presentan formas de abanicos en la zona de costa, cartografiadas en ocasiones como sistemas deltaicos.

En el presente trabajo, se describen las características geológicas en la cuenca del río Guarumo, que contiene el área de Chiriquí Grande, provincia de Bocas del Toro. La cuenca del río Guarumo es parte de la cuenca hidrográfica N°93, entre el río Changuinola y Cricamola. En principio, el trabajo se basó en lo descrito en el mapa geológico de Panamá a escala 1:250 000 (Dirección General de Recursos Minerales, 1991), en donde afloran tres (3) formaciones geológicas: Formación Las Lajas, Formación Virigüa, y la Formación Guayabito.

Uno de los propósitos del trabajo fue el de mejorar y ampliar la información geológica del área, para obtener un nuevo mapa geológico, a escala 1:50 000. Además, el de comprender el origen de las rocas que conforman el abanico aluvial de Chiriquí Grande. Se efectuó un análisis fotogeológico, para identificar las distintas unidades geológicas, por medio de su drenaje, pendiente, alineamientos, entre otros.

Posterior a esto, se realizó una campaña de campo, en la que se recorrió gran parte del área de interés, en donde se efectuó una descripción espacial, de la forma del terreno, se describió, in situ, cada afloramiento, se seleccionaron dos muestras de mano (con diámetro de 10 cm), para su análisis microscópico.

De lo anterior, se logró caracterizar (7) subunidades geológicas, se hizo una descripción macroscópica a veinticinco (25) muestras de rocas, y de estas, se efectuaron catorce (14) descripciones microscópicas. Esto dio como resultado la identificación de diferentes rocas, donde las más características fueron: intrusivos dioríticos, basaltos porfídicos, andesitas porfídicas, brechas volcánicas, subintrusivos andesíticos y tobas de lapilli.

Las rocas intrusivas en el sector noreste del abanico presentaban muy bajo contenido en cuarzo, siendo clasificadas como dioritas. Otra particularidad fue la presencia de olivino en un basalto (aunque también se presenta en otra muestra, al sur del abanico, pero en forma de espectro, es decir, se transformó en otros minerales posteriores), es algo inusual en la zona. Las rocas en general difieren mucho en el sector este y oeste, pues en el oeste, predominan las rocas volcánicas, y en el este, predominan las rocas intrusivas.

Se obtuvo como producto tres (3) mapas: El mapa de recorrido, mapa de elevaciones y el mapa geológico.

Palabras clave: Abanico aluvial, cuenca, descripción macroscópica y microscópica, rocas volcánicas, rocas intrusivas.

Abstract

Alluvial fans are cone-shaped planar depositions that extend from an apex or outlet zone, at the base of a mountain system, of a large amount of soil, rock and vegetation material; detached from the upper part of a region. These, when expanding, modify the pre-existing terrain; moreover, other deposits can be generated, increasing their volume and extension.

In Panama, there are few specific studies of alluvial fans done, where some regions, such as the province of Bocas del Toro, with particular characteristics, present fan shapes in the coastal area, sometimes cartographed as deltaic systems.

In the present assignment, the geological characteristics of the Guarumo river basin, which contains the Chiriquí Grande area, Bocas del Toro province, are described. The Guarumo river basin is part of hydrographic basin No. 93, between the Changuinola river and Cricamola river. In principle, the assignment was based on what was described in the geological map of Panama at a scale of 1:250,000 (General Directorate of Mineral Resources, 1991), where three (3) geological formations outcrop: Las Lajas Formation, Virigua Formation, and the Guayabito Formation.

One of the purposes of the assignment was to improve and expand the geological information of the area, to obtain a new geological map, at a scale of 1:50,000. Furthermore, to understand the origin of the rocks that conform the alluvial fan of Chiriquí Grande. A photogeological analysis was carried out to identify the different geological units, through their drainage, slope, alignments, among others.

Subsequently, a field campaign was done, in which a large part of the area of interest was covered, where a spatial description was made, of the shape of the terrain, each outcrop was described in situ, two samples were selected hand (with a diameter of 10 cm), for microscopic analysis.

From the above, it was possible to characterize (7) geological subunits, a macroscopic description was made of twenty-five (25) rock samples, and of these, fourteen (14) microscopic descriptions were made. This resulted in the identification of different rocks, where the most characteristic were: dioritic intrusives, porphyritic basalts, porphyritic andesites, volcanic breccias, andesitic subintrusives, and lapilli tuffs.

The intrusive rocks in the northeast sector of the fan had a very low quartz content, being classified as diorites. Another peculiarity was the presence of olivine in a basalt (although it also occurs in another sample, to the south of the fan, but in the form of a spectrum, that is, it was transformed into other later minerals), which is something unusual in the area. The rocks in general differ greatly in the eastern and western sectors, since in the west, volcanic rocks predominate, and in the east, intrusive rocks predominate.

Three (3) maps were obtained as a product: The route map, elevation map and the geological map.

Keywords: Alluvial fan, basin, macroscopic and microscopic description, volcanic rocks, intrusive rocks.

Introducción

Un abanico aluvial es una zona de deposición de sedimentos, situados en la base de una montaña o en un frente montañoso. Se caracterizan por ser lugares con una fuerte pendiente en un valle estrecho, pero que, en la base, hay una caída abrupta del gradiente. Cuando la corriente fluvial baja por esta pendiente, posee una alta carga de sedimentos, que, al llegar a la base, la cual es una llanura amplia, estos se liberan y se desplazan formando un cono o abanico en la base del frente montañoso.

Estas formaciones al estar ubicadas en ambiente ya sea de montaña, llanura y zonas costeras se convierten en ambientes de transición.

Los abanicos aluviales se pueden dividir, de acuerdo con diversas características, pero la forma más sencilla para zonificarlo es en tres partes: cabecera, ubicada en la parte alta de la cuenca, se pueden encontrar sedimentos gruesos; el cuerpo del abanico, ubicado en la parte media de la cuenca, donde se encuentran sedimentos de tamaño medio y el pie del abanico, el cual está ubicado ya en la parte baja de la cuenca, donde están los sedimentos finos.

En la región de Bocas del Toro, en su parte baja, se observan depósitos Cuaternarios (Mapa Geológico de Panamá, 1991) los que corresponden a la transición de un ambiente de montaña a una zona marina, batial. El material desprendido de la parte de la Cordillera Central (flanco norte) corresponden a rocas ígneas, las cuales, por diferentes circunstancias, se desprendieron y en su recorrido se depositaron en la zona de costa, formando así, estos afloramientos sedimentarios del Cuaternario.

Unos de estos abanicos, es el estudiado en el presente documento, el cual se localiza en la región de Chiriquí Grande, provincia de Bocas del Toro. Este estudio se enmarca desde la región montañosa correspondiente a la Cordillera Central, hasta la zona de costa. Para comprender mejor la geología y el origen del abanico, se consideró estudiarlo por medio de la cuenca que lo contiene; en este caso es, la cuenca 93 que comprende entre las cuencas de los ríos Changuinola y Cricamola; siendo el río principal la cuenca el Guarumo, que además contiene los aportes de los ríos Pejebobo y Guarumalito

La base de este estudio, según el Mapa Geológico de Panamá, indica que en la zona existen las siguientes formaciones geológicas: Formación las Lajas que corresponde a los depósitos Sedimentarios del Cuaternarios; Formación Virigüa cuyo origen es de rocas volcánicas efusivas del Mioceno-Plioceno; y, por último, la Formación Guayabito la cuales son descritas como rocas intrusivas.

Planteamiento del Problema

Existe una propuesta de investigación relacionada a un tema interdisciplinario, en el área de Ciencias de la Tierra, referente al Abanico Aluvial de Chiriquí Grande, su origen y el nivel de peligrosidad. En este sentido, se trabajará en los levantamientos geológicos y geomorfológicos, con la finalidad de mejorar la información existente en esta temática.

Objetivo General

Elaborar un mapa geológico detallado, a escala 1:50 000, de la cuenca del río Guarumo, que permita contribuir con la identificación de los rasgos que dieron origen al Abanico Aluvial en Chiriquí Grande.

Objetivos Específicos

- Definir en la cuenca hidrográfica como unidad geográfica para los estudios relacionados a la geología.
- Clasificar las muestras de roca y las disposiciones lito-estratigráficas en la zona.
- Seleccionar las rocas características de la zona, para realizar secciones delgadas y su posterior análisis microscópico.
- Interpretar los resultados obtenidos en el análisis petrográfico.
- Utilizar la herramienta ArcGIS (SIG) para la generación del mapa geológico.

Justificación

Dentro del marco del proyecto **"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEOFÍSICA DEL ABANICO ALUVIAL DE CHIRIQUÍ GRANDE, PARA COMPRENDER EL PROCESO DE FORMACIÓN, EVOLUCIÓN, DINÁMICA Y PELIGROSIDAD DURANTE EL CUATERNARIO"**; en este documento se busca identificar y caracterizar las formaciones geológicas. Por un lado, por la carencia de un estudio a detalle de la zona, definir, dentro de lo posible, la litoestratigrafía del abanico aluvial en Chiriquí Grande.

Hay que resaltar que, la escala del mapa geológico de Panamá, elaborado en 1991 por el MICI, 1991, es muy amplia (1:250 000), no tiene información específica de las formaciones geológicas, por lo que se requiere elaborar un mapa, a mayor detalle, con información reciente de la litología de la zona que pueda ser un aporte esencial para lograr caracterizar el abanico.

Como se mencionó anteriormente, esta investigación es un aporte a la temática general; pero igualmente, se constituye un primer modelo de la dinámica cuaternaria en esta zona, en la primera cartografía/mapeo geológico elaborada en la escuela de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá; al tiempo en que se valoriza, enormemente, los trabajos con rasgos multidisciplinario con un objetivo común. Obviamente, se amplía el conocimiento científico y se deja un aporte para la provincia de Bocas del Toro, que puede ser útil en temas de gestión de riesgos.

Metodología

Previamente se realizó un planteamiento del problema para así poder saber cuáles serían los objetivos principales en el trabajo. Se procedió a realizar una recopilación de datos de primer orden, los cuales serían todos aquellos relacionados con la geología de Panamá o estudios vinculados con la zona de estudio, también están los datos de segundo orden, los cuales serían los relacionados con conceptos de abanico aluvial.

Luego de la recopilación de los datos se procede a presentar una propuesta investigativa en el cual se plantean dos giras de campo, las cuales tienen como finalidad y producto qué es un mapa geológico; antes de realizar las giras de campo se tiene que hacer una observación de fotografías aéreas del terreno, para así saber cómo es la topografía del lugar y planear dónde podrían ser los posibles puntos de interés de toma de muestras.

El trabajo de campo 1, que tiene como objetivo recolectar las muestras más representativas del sitio, observar la geomorfología, depósitos sedimentarios en las cuencas correspondientes e interpretar cómo se pudo haber formado el abanico aluvial. Posterior a esto, se procede a realizar la gira de campo 2, la cual su objetivo será realizar trabajos geofísicos y reforzar la información ya obtenida sobre la geología del sitio en el trabajo de campo 1. Estos trabajos tienen como resultado un resumen, el cual se describe por sí solo, ya que es producto de todo el trabajo realizado en campo.

Seguidamente de los trabajos de campo, se procede a realizar los análisis petrográficos de las muestras obtenidas en campo, por medio de secciones delgadas

que se observan por medio del microscopio óptico, aquí se observan las propiedades de los minerales presentes en las rocas, para así describirlas de acuerdo con lo observado. Con todos los resultados de los trabajos de campo y de laboratorio, se puede llegar al producto que es la cartografía geológica en el software ArcGIS, junto con la redacción del trabajo final.

Capítulo 1: Marco Conceptual

Generalidades

Un abanico aluvial es una forma de relieve deposicional originada en la base o pie (piedemonte) de un frente montañoso, genéticamente asociada a las cargas sólidas (sedimentos) de un curso de agua (río o quebrada) que drena desde un área topográficamente elevada a un área más baja y plana adyacente, sedimentación que es promovida principalmente por los fuertes cambios (diminución) de pendiente experimentados por el cauce a lo largo de su recorrido (*Méndez et al., 2016*).

Un Abanico o cono aluvial se define como un depósito de sedimentos-gravas, arenas y sedimentos más finos que se acumula en la base más llana, de un frente montañoso, allí donde el relieve se amplía y disminuye la pendiente de un torrente. (Colombo, 2010). De acuerdo con (Gómez-Villar, 1996) la historia del conocimiento de los abanicos aluviales o conos de deyección se remonta al siglo pasado en el que son objetos de poca atención y por consiguiente los trabajos son escasos.

Los abanicos aluviales constituyen una gran acumulación de materiales clásticos en una zona donde existe una marcada ruptura de pendiente, teniendo en cuenta que la geometría de la zona de acumulación podrá condicionar la morfología de los abanicos aluviales (Colombo, 2010).

La superficie de un abanico aluvial forma un segmento de un cono que radia pendiente abajo desde el punto donde la corriente abandona el área-fuente (Blissenbach, 1954, Bull, 1972, 1977; Wasson, 1975; Nilsen y Moore, 1984). Esa forma semicónica, un perfil radial, generalmente cóncavo, de longitud limitada (Anstey, 1965, 1966), y unos

perfiles transversales convexos, junto con la pendiente superficial, son los aspectos más característicos de un abanico aluvial (Gómez-Villar, 1996).



Figura 1. Abanico aluvial al pie de la Sierra Alhamilla (provincia de Almería). Cordilleras Béticas. En las zonas distales del abanico se observan extensos cultivos bajo plástico. Fuente: *Elorza, 2008*.

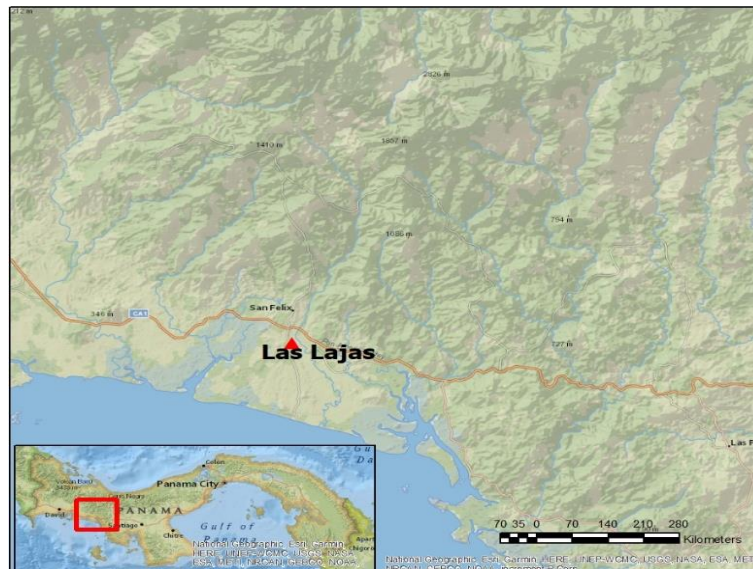


Figura 2. En las Lajas, provincia de Chiriquí, también existe la formación de un abanico aluvial. Elaborado por: *Nicole Leong*.

La forma general de un abanico aluvial individual es muy parecida a la de un cono con el vértice en la desembocadura del canal principal (Colombo, 2010).

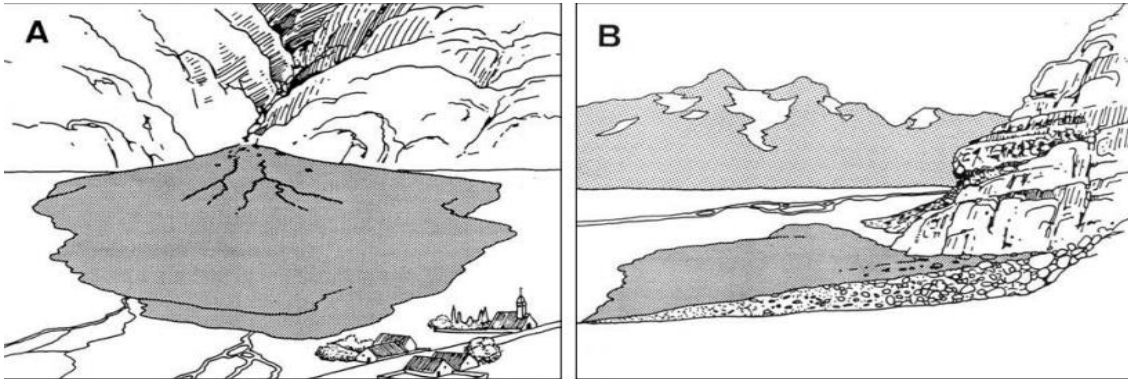


Figura 3. Representación esquemática de un abanico aluvial en un valle suizo. Aspecto General (A) aquí se aprecia la diversificación en el canal principal (la forma de un cono). Sección radial (B) en la que se manifiesta la distribución general de la granulometría de los clastos. Ilustración por Font i Sagué 1905, mencionado en el documento de Colombo 2010.

Zonación de un abanico aluvial

El abanico aluvial se puede dividir en función de sus características morfológicas principales. Así se pueden considerar los siguientes términos, según Colombo, 2010:

1. **Ápice (*ápex*):** Zona topográficamente más elevada del abanico. Acostumbra a coincidir con la zona de contacto del abanico con el frente montañoso.
2. **Cabecera (*fanhead*):** Parte superior del abanico inmediata al ápice.
3. **Bahía del abanico (*fan bay*):** Corresponde a la zona apical cuando esta penetra en el frente montañoso.
4. **Cañón (*Canyon*):** Cause principal que, profundamente excavado en el frente montañoso favorece el transporte de los flujos de sedimentos que formarán el abanico.
5. **Atrincheramiento del abanico (*fanhead entrenchment*):** Encajamiento del canal principal en la zona apical del abanico.

6. **Punto de intersección (*intersection point*):** Lugar donde se interseca la superficie de la cabecera del abanico con el tálveg del canal principal encajado, que acostumbra a tener un gradiente menor.
7. **Lóbulo de abanico (*fan lobe*):** Acumulación de materiales de granulometría gruesa en la zona de punto de intersección. Puede constituir un pequeño abanico (*suprafan*) sobre impuesto al abanico aluvial mayor.
8. **Pie del abanico (*fan toe*):** Zona topográfica más baja del abanico que coincide con su base y donde se produce la interrelación con otros sistemas sedimentarios diferentes.
9. **Segmentos del abanico (*fan segment*):** Sector del abanico que se halla limitado por rupturas geomórficas de pendiente.
10. **Incisión del abanico (*fan incision*):** Encajamiento sobre el abanico de un canal que desemboca fuera de sus límites.

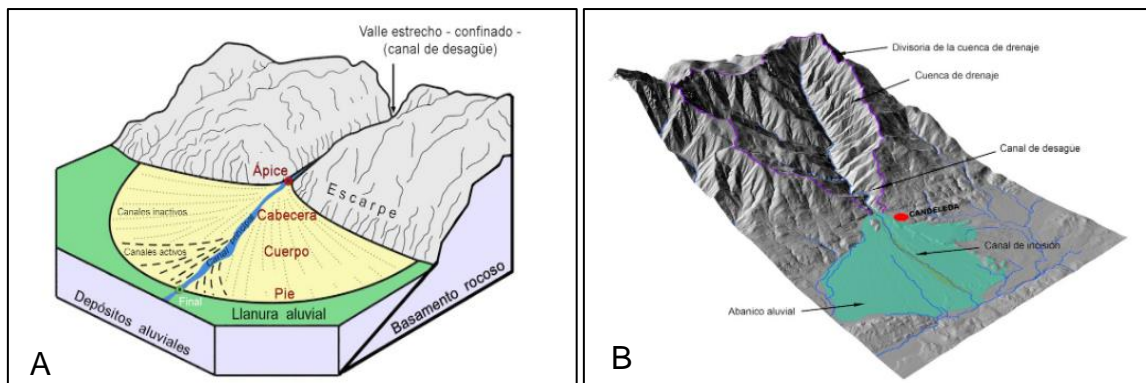


Figura 4. En la figura (A) se puede observar un esquema general del abanico aluvial. Representación artística por: Gabriel Castilla. En la Figura (B) Localización general del abanico aluvial del río Garganta de Santa María en Candeleda, en esta imagen se puede ver el canal de incisión, el lóbulo del abanico, que sería lo que está de color turquesa. Representación por: Javier Elez. Fuente: *Cañamero, s.f.*

Atendiendo a la situación del punto de intersección y a la distribución areal de las facies sedimentarias importantes se estableció la siguiente zonación de acuerdo con Erich Blissenbach 1952, quien fue mencionado por Colombo 2010, en su documento:

1. **Proximal:** es la que representa los materiales con granulometría más gruesa y se encuentra inmediata a la cabecera del abanico. Abarca desde el ápice hasta la zona del punto de intersección.
2. **Media:** presenta materiales de granulometría intermedia y se halla ubicada entre la zona del punto de intersección y el área del pie del abanico.
3. **Distal:** es la que muestra los materiales de granulometría más fina y se halla situada a partir del pie del abanico hacia las zonas más alejadas. Sus paleocorrientes y sus facies deposicionales se hallan directamente relacionadas a los estudios evolutivos de desarrollo del abanico. Corresponde a la zona en la que los materiales del abanico se indentan con los de otros sistemas deposicionales relacionados.

En la **figura 5** se observa el esquema planimétrico idealizado de un abanico aluvial, es decir, los sectores en los que se encuentra dividido un abanico aluvial los cuales son: **1) cabecera (zona apical)** del abanico. Caracterizada por la acumulación de detritos de granulometría gruesa y muy gruesa, transportados por flujos no confinados (arroyada en manto, sheet flood) y/o flujos masivos (debris flows); **2) cuerpo del abanico.** Caracterizado por el transporte de materiales de granulometría media-gruesa mediante cursos acuosos de tipo trenzado (braided) **3) pie del abanico.** Caracterizado por la acumulación de materiales de granulometría fina, mediante la

expansión por pérdida del encajamiento de diversos tipos de corrientes tractivas. En las zonas más alejadas se produce el tránsito a otros sistemas deposicionales. (Colombo, 2010)



Figura 5. Sectores de un abanico aluvial Fuente: *Colombo, 2010*.

Morfología de los abanicos aluviales

Usualmente, la superficie de los abanicos aluviales muestra diversos causes abandonados o activos con una disposición generalmente radial, y focalizados en la zona apical. Esto sugiere, una dispersión radial de las paleocorrientes principales que han contribuido decisivamente a su generación (Colombo, 2010).

En el documento de *Colombo, 2010*, se menciona que cuando hay un retroceso por erosión de un frente montañoso, el cual ha condicionado la existencia de los abanicos aluviales, esto puede realizarse de tal manera que dé lugar a la forma de una penillanura inclinada (pediment) que a su vez puede quedar recubierta de materiales aluviales (**ver Figura 6**) tomado de (Denny, 1967) en forma de abanicos aislados o

abanicos coalescentes formando una bajada o glasis de acumulación tomado de (Blissenbach, 1954; Williams, 1969; Colombo 1975).

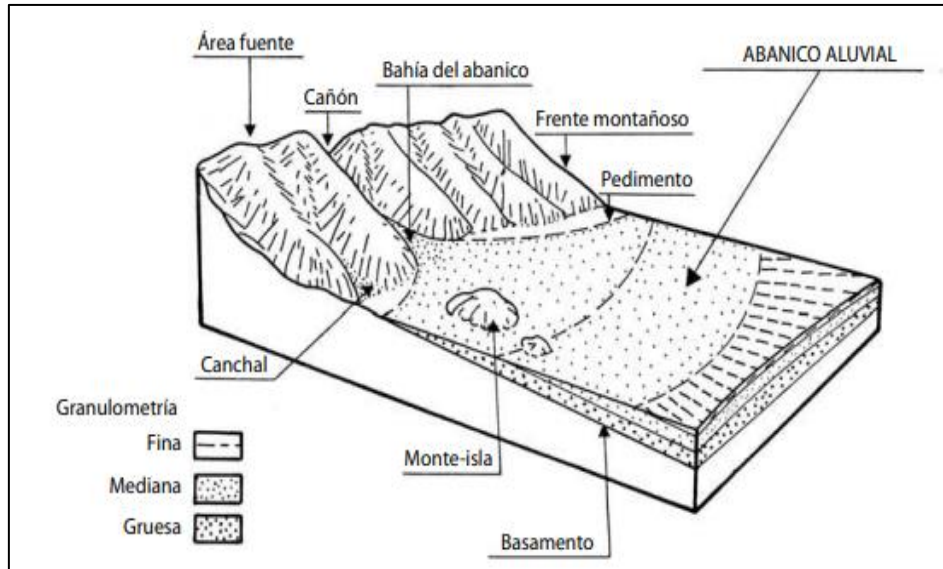


Figura 6. Relaciones geomorfológicas en un abanico aluvial. Fuente: Williams, 1969, tomado de Colombo, 2010.

Formación de abanicos aluviales

Los abanicos aluviales se forman allí donde corrientes confinadas, muy cargadas de sedimentos, procedentes de una cuenca de alimentación de un área montañosa, con fuertes pendientes y elevada capacidad de transporte, salen a zonas más llanas con pendientes más suaves. Es, pues, un requisito imprescindible para su creación la yuxtaposición entre tierras llanas y áreas montañosas tomado de (Deany, 1967; Rachocki, 1981; Abalos, 1987) a la vez que constituyen un ambiente de transición entre ambas. Los abanicos pueden formarse también en áreas montañosas, cuencas entre montañas y uniones de valles (Harvey, 1989; Gómez-Villar, 1996).

Causas de la formación de un abanico aluvial

Colombo (2010), describe que desde épocas antiguas se había intentado establecer algún tipo de sistematización respecto al origen y significado de los abanicos aluviales, ya desde 1841 con Surrel y en 1873 con Drew.

Por lo tanto, existen muchas teorías sobre las causas de formación de un abanico aluvial, descritas por diferentes autores en diferentes épocas, donde la más común es que un abanico aluvial es la reducción drástica de pendiente en un canal que transporta sedimentos propuesto por Cotton 1952, Blissenbach 1954, Allen et al., 1981 (Gómez-Villar, 1996), pero otros autores opinan que tal pendiente no existe; el autor Bull 1977, afirma que el hecho que la acumulación de sedimentos ocurra debido a un cambio abrupto de pendiente de la corriente- teoría introducida por Chamberlain & Salisbury en 1990 (Gómez-Villar, 1996), pero otros piensan que esta teoría no tiene fundamento.

A partir de los trabajos realizados predominantemente sobre abanicos aluviales, que en la actualidad se hallan ubicados en zonas geográficas de una gran aridez climática, se supuso que el desarrollo de los abanicos aluviales estaba controlado perfectamente por el clima. En ese contexto se propuso la hipótesis del equilibrio climático para explicar la génesis y desarrollo de los abanicos, sin tener en cuenta los posibles condicionantes tectónicos (Colombo, 2010).

Factores que controlan el desarrollo y la modificación de los abanicos aluviales

Los abanicos y sus cuencas son unidades hidrológicas que funcionan como sistemas abiertos y cambios climáticos o tectónicos en las cuencas, así como el

aprovechamiento humano de ellas (Mateau Bellés, 1982), afectan a la proporción, modo y lugar de deposición de sedimentos en el abanico (Bull, 1964a) tomado de (Gómez-Villar, 1996). Para Wasson (1978) ciertos factores (cambio en el confinamiento de las corrientes, suministros continuados desde las cuencas, ausencia de procesos efectivos para remover los depósitos) pueden determinar la existencia de los abanicos, pero no explican su desarrollo, que está controlado por otros factores que son: **fluctuaciones climáticas y cambio gradual en la naturaleza del sedimento aportado a los abanicos**. Frostick & Reid (1989) destacan el papel fundamental de la tectónica en la creación de los abanicos, pero advierten la importancia de los factores tiempo y clima.

También están los factores climáticos y geológicos (Carryer, 1966) los cuales pueden considerarse como favorables para la creación y preservación de los abanicos aluviales, aunque la identificación de los mismos y sus efectos sobre la formación de estos son objeto de discusiones (Gómez-Villar, 1996).

Factores para el desarrollo de los abanicos aluviales:

a) Tectónicos

En grandes escalas de tiempo y regiones tectónicamente activas, este factor, a menudo, es visto como el principal control de la localización de los abanicos aluviales (Bull 1977) tomado de (Gómez-Villar, 1996).

Los abanicos aluviales de gran espesor son considerados depósitos orogénicos (Bull 1977) tomado de (Gómez-Villar, 1996), no solo por la actividad tectónica que favorece el aporte de sedimentos desde áreas montañosas y el aumento de la competencia de transporte, sino también porque el lugar de deposición sobre su superficie está

controlado por el ritmo y magnitud de elevación del frente montañoso (Bull, 1964a, 1968a). Este autor propuso dos fases de desarrollo de los abanicos aluviales en relación con la elevación diferencial del bloque montañoso con respecto al valle.

- Cuando la proporción de elevación es mayor que la proporción de incisión del cauce, la pendiente de este aumenta y el área de deposición se localiza adyacente al frente montañoso. Una elevación tectónica continuada da lugar a la acumulación de gruesos depósitos de abanicos aluviales.
- Si la proporción de incisión excede a la de elevación, los abanicos se desarrollan asociados con pendientes de causas progresivamente más suaves y las zonas de deposición cambian abanico abajo cuando la corriente incide en la cabecera del mismo y surge sobre la superficie en su zona media. Esta situación puede estar asociada con una disminución de la proporción de elevación.

b) Factores climáticos y de vegetación

Los abanicos aluviales no están restringidos a zonas climáticas específicas (Wasson, 1977) tomado de (Gómez-Villar, 1996), es decir que pueden desarrollarse en cualquier tipo de clima. Hay diferentes perspectivas del desarrollo de abanicos aluviales por efecto climático de acuerdo a diferentes autores, por ejemplo, *Carryer, 1965*, explica que las variaciones climáticas proporcionan las causas para una rápida producción de detritus y suficiente potencia para transportar los sedimentos resultantes del abanico tomado de (Gómez-Villar, 1996).

Asimismo, Lecce 1990, indica que los cambios climáticos influyen en el desarrollo de los abanicos aluviales porque causan una variabilidad en la magnitud y frecuencia de los procesos fluviales que alteran los rasgos de morfología de estos depósitos. Blissenbach 1954, considera que, de todas las alteraciones climáticas posibles, la

variación en la cantidad de precipitación es la que tiene un efecto más marcado sobre el desarrollo del abanico, afectado a su morfología: un aumento de precipitación supone una incisión en su superficie y el desarrollo de pendientes más suaves, de acuerdo con Eckis, 1928, mientras que un descenso en la precipitación da lugar a periodos de crecimiento y pendientes superficiales más marcadas. (Gómez-Villar, 1996), estos autores coinciden en que el clima es el factor que va afectando la morfología del abanico con el tiempo.

c) Factores topográficos y litológicos

El clima y la tectónica se pueden considerar como variables independientes en los episodios iniciales de la formación de abanicos aluviales, si estos sistemas son considerados como un todo y es estudiada su historia geológica completa (Wells, 1977) tomado de (Gómez-Villar, 1996).

La litología del área-fuente influye en la proporción de sedimentos aportados a los abanicos aluviales por medio de una relación inversa entre la resistencia de la roca y proporción de erosión -el diaclasamiento y fraturación de la roca favorecen su erodibilidad (Hooke & Rohrer, 1977) tomado de (Gómez-Villar, 1996). El tipo de roca del área fuente juega un papel importante en el control del tamaño de los sedimentos, en las características de transporte (Harvey, 1989) y de los procesos deposicionales y, en consecuencia, en la morfología y tamaño de los abanicos aluviales (Bull, 1962; Denny, 1965; Leece, 1991) tomado de (Gómez-Villar, 1996).

Estudios de abanicos aluviales

De acuerdo con una publicación sobre los conos de deyección en el **Valle General en Costa Rica**, se mencionan dos factores esenciales para la formación de conos de

deyección o abanicos aluviales en ese sector y son: la orogénesis cuaternaria del sitio, la cual se mantiene activa actualmente, y el deshielo brutal a los pies de la Cordillera de Talamanca. Aunque lo anteriormente mencionado, sea esencial para la formación de abanicos aluviales, también se mencionan distintas maneras en el que pueden formarse (ya que en la zona de Valle General hay varios conos de deyección): debido a depósitos aluviales en un período determinado, erosión debido a tormentas tropicales y tectonismo (Bergoeing, 2011). Lo que significa que la formación de abanicos aluviales puede presentar este mismo patrón en diferentes sitios que se presenten, pero variaría debido a la zona climática y factores exógenos involucrados.

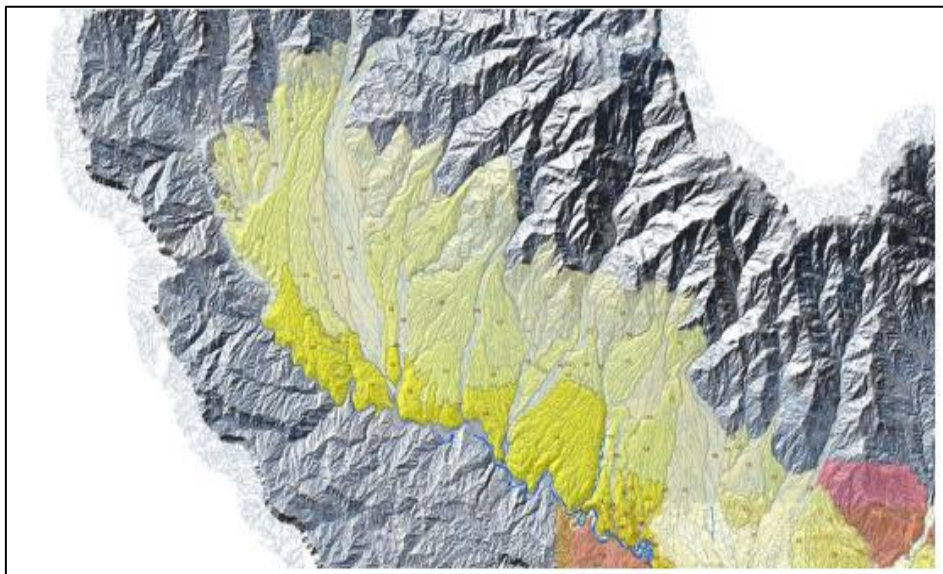


Figura 7. En el color amarillo los abanicos aluviales en el Valle de El General de Costa Rica. Fuente: *Bergoeing, 2011*.

Otro estudio de abanico aluvial, es del valle de Zonda, provincia de San Juan, Argentina, este es un excelente lugar para estudiar abanicos aluviales, debido a la topografía del sitio y a las condiciones climáticas son óptimas para el desarrollo de estas geformas (Suvires, 2013) tomado de (*Flores et al., 2017*).

En la región del valle de Zonda hay dos tipos de abanicos aluviales. Por un lado, está el abanico aluvial de Ullum-Zonda, que está en una zona de escasas precipitaciones, alimentado por el deshielo de los glaciales. Por otro lado, hay abanicos aluviales pequeños en los piedemontes en el valle de Zonda. Estos abanicos aluviales se componen sobre todo de sedimentos transportados por las corrientes que descienden desde los afloramientos rocosos inmediatos y que circulan por canales o causes efímeros. (Flores et al., 2017)

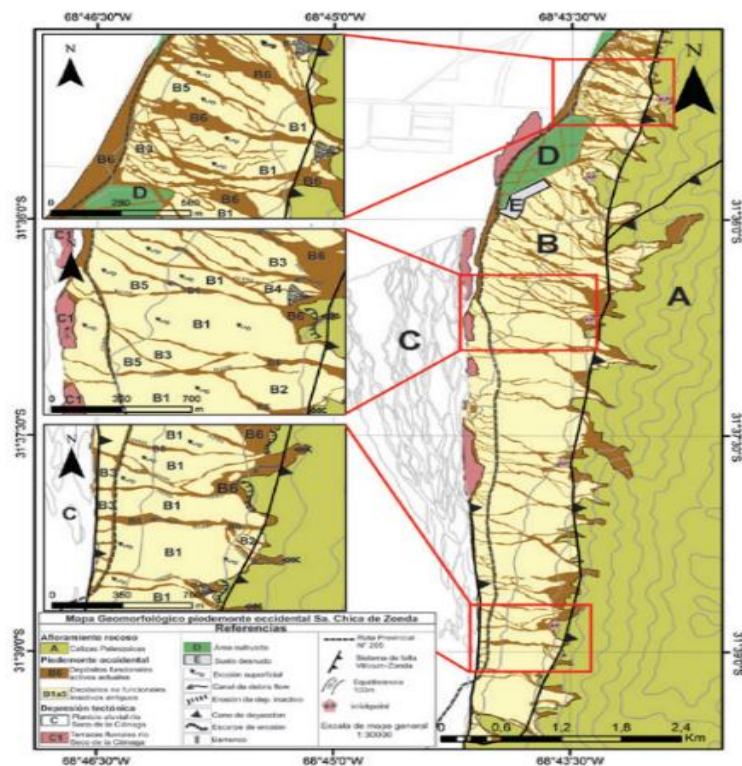


Figura 8. Abanicos aluviales del Valle de Zonda, Argentina. Fuente: Flores et al., 2017.

Peligros de vivir en zonas de cause de un abanico aluvial

La ocurrencia de estos eventos es parte de la evolución natural de los complejos montañosos, lo cual ha dado como resultado de su balance morfodinámico, entre otros rasgos, la génesis de los abanicos aluviales asociados a la sedimentación caótica y

agresiva de recurrentes episodios de aludes torrenciales, los cuales son la expresión del explayamiento terminal de los materiales transportados por los cursos de agua desde las áreas montañosas de fuertes pendientes, hacia sus salidas en el frente de la montaña (Méndez et al., 2016).

Las condiciones caóticas, y la cantidad de material transportado en lugares, donde ocurren eventos de abanicos aluviales, son escenarios de amenaza geomorfológica y consecuentemente vulnerabilidad y riesgo, para las poblaciones asentadas en estos lugares, un ejemplo es, aludes ocurridos en diciembre de 1999, en la región litoral central de Venezuela (ver figura 9) (Méndez et al., 2016).

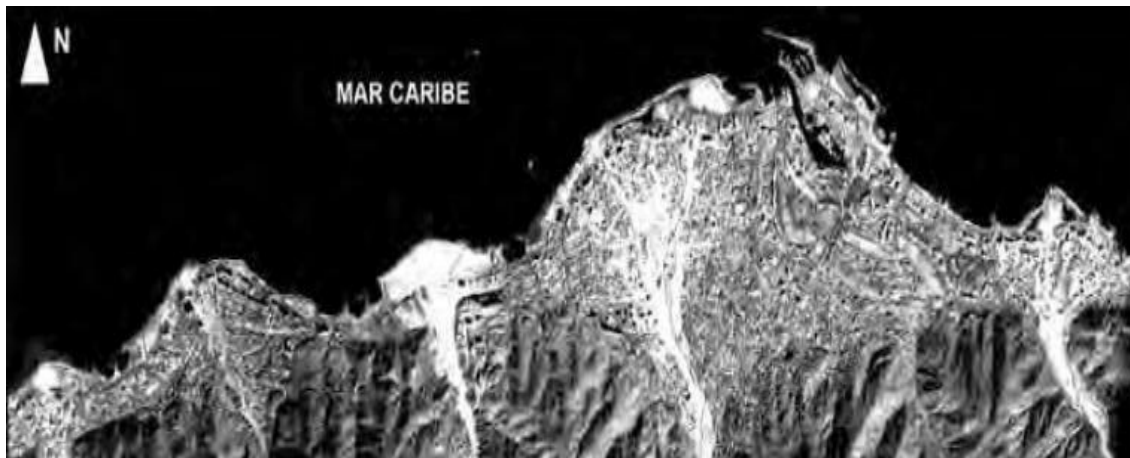


Figura 9. En color blanco se destacan los depósitos debido a un evento de aludes torrenciales en diciembre de 1999, en la vertiente norte del macizo el Ávila, estado Vargas, Venezuela, esto ocurrió sobre los abanicos aluviales (de izquierda a derecha) Macuto, Punta El Cojo, Camurí Chiquito, Punta Caribe y Punta Cerro Grande. Fuente: satélite "IKONOS" con resolución espacial de 1 metro por Centro de Procesamiento Digital de Imágenes [CPDI], 1999, Baruta tomada de Méndez et al., 2016.

Los abanicos aluviales son zonas dinámicas con mucha actividad geomórfica. Los **flujos detríticos** (deslizamientos de tierra de movimiento rápido que ocurren en una gran variedad de ambientes. Por lo general, se componen de agua y material, principalmente arena, grava y piedras) y las inundaciones repentinas ocurren

episódicamente en ambiente como estos y ponen en gran riesgo a muchas comunidades, durante eventos de lluvia intensa y prolongada.

Estas inundaciones, por lo general, ocurren con poco o ningún aviso; se mueven a gran velocidad y tienen una gran capacidad de transportar sedimento. Donde ocurren estos eventos son en abanicos aluviales altamente activos. También existen abanicos aluviales menos activos donde el levantamiento y el asentamiento tectónico han canalizado los flujos de tal manera que gran parte del abanico no se afecte durante las inundaciones (*Larsen et al., 2002*).



Figura 10. Casa arrastrada por flujos detríticos en Caraballeda, Vargas, Venezuela, 1999 de 1999. Fuente: *Larsen et al., 2002*.

Maneras de mitigar el daño en un abanico aluvial

Se pueden utilizar diversas estrategias para mitigar el daño provocado por abanicos aluviales, estas medidas mencionadas en el documento de *Larsen et al., 2002*:

- Medidas estructurales a gran escala para el control de inundaciones, como represas.

- Eludir el área afectada.

Como indica el amplio desarrollo del abanico aluvial en Caraballeda, Venezuela, donde no existen represas, ninguna de las dos estrategias se ha utilizado a cabalidad, lo cual contribuyó a la tragedia de diciembre de 1999.

La reglamentación en el uso de tierras puede utilizarse para reducir los riesgos, al limitar el tipo o la cantidad de desarrollo en áreas de alto riesgo. Las áreas susceptibles a eventos peligrosos pueden ser utilizadas como parques y áreas para pastoreo de ganado. En las áreas de alto riesgo donde sea inevitable el desarrollo y la reconstrucción, construir un edificio de manera que el largo de este quede orientado de forma paralela a la dirección del flujo, minimizará el ancho del edificio expuesto al flujo detrítico. Además, orientar las calles paralelas a la dirección del abanico, permite que las calles sirvan de canales secundarios en caso de inundación, lo cual limitaría los posibles daños a las estructuras. El estudio continuo, los avisos de peligro y el desalojo del área son estrategias no estructurales para mitigar los daños y así reducir la pérdida potencial de vidas. Los sistemas de avisos tempranos basados en los pronósticos del tiempo e información sobre la precipitación de lluvia, pueden mejorar significativamente las respuestas de los manejadores de emergencias para alertar y desalojar comunidades amenazadas.

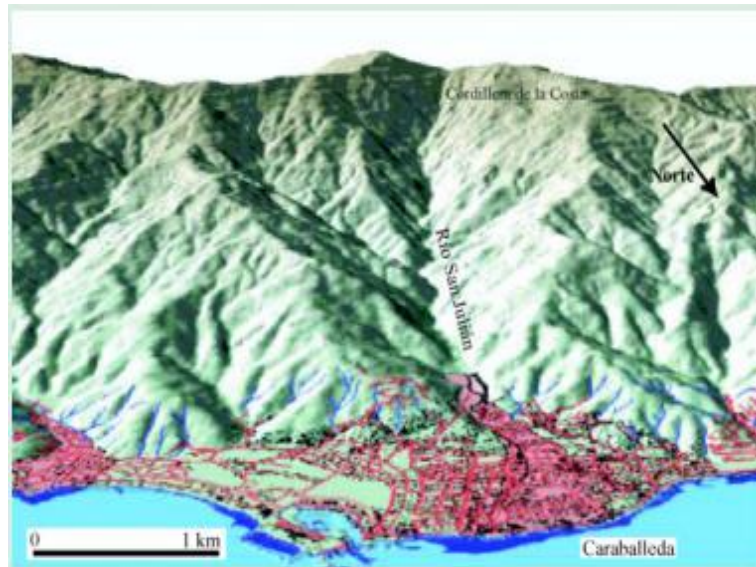


Figura 11. Vista oblicua hacia el sur en la cuenca del Río San Julián y el abanico aluvial de Caraballeda, Vargas, Venezuela. Fuente: P. Delfín Ministerio de Recursos Ambientales y Naturales de Venezuela. (Larsen *et al.*, 2002).

Capítulo 2: Marco Teórico

La formación del Istmo de Panamá, como un puente terrestre que se conoce hoy fue el resultado de dos procesos geológicos interconectados: la tectónica de placas y el vulcanismo. El movimiento de las distintas placas tectónicas que forman Centro y Suramérica movieron la base ígnea del Istmo de a su actual posición mientras que el vulcanismo, provocado por la subducción de las placas del Pacífico, agregó material al arco insular que es la espina dorsal del Istmo (Coates y Obando 1996) tomado de (O'Dea *et al.*, 2007).

De acuerdo con el Mapa Geológico de Panamá 1:250 000 (MICI, 1991) Hoja N°1, en la parte norte de la provincia de Bocas del Toro, se encuentran las siguientes formaciones:

Tabla 1. Formaciones geológicas de acuerdo con el mapa geológico de Panamá a escala (1:250,000) en los alrededores al área de estudio. Fuente: *Dirección General de Recursos Minerales, 1991*.

Formación	Símbolo	Grupo	Formas	Contenido
Las Lajas	QR-Ala	Aguadulce	Sedimentarias	Aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados, lutitas carboníferas, depósitos de tipo delta.
Guayabito	TMPL-TAgy	Tabasará	Plutónicas	Granodioritas, monzonitas
Virigua	TM-CAvi	Cañazas	Volcánicas	Andesitas, basaltos, brechas, tobas, bloques sub-intrusivos, discos swarns, sedimentos volcánicos.

Pese a que se han realizado investigaciones en la parte norte, ningún investigador ha mencionado la formación de un abanico aluvial en la cuenca del río Guarumo. Uno de los investigadores que ha realizado estudios al norte de Bocas del Toro es Arthur D. Cohen (1990), quien describió los depósitos de turba. Él describe que los depósitos de turba están ubicados en Changuinola, en la costa noroeste, cerca de la frontera con Costa Rica y es solo al sureste del río Changuinola. La turba se ha formado en la parte superior de sedimentos no consolidados recientes. Al sureste bordeando las faldas de una cadena montañosa se encuentra un depósito compuesto de arenisca, lutita, y rocas volcánicas del Cretácico Superior al Eoceno (*Cohen et al., 1990*).

Otro de los investigadores que ha contribuido con la cartografía geológica en Bocas del Toro fue Anthony Coates, quien para el año 2005, realizó trabajos en la parte norte de Bocas del Toro, específicamente en el archipiélago de Bocas del Toro. Coates, describe de forma separada las secuencias geológicas de la región norte y sur del archipiélago de Bocas del Toro (**ver Anexo 1**), porque él menciona que estas tienen diferentes componentes (*Coates et al., 2005*). Estas regiones comprenden:

- La región norte: comprende Cayo Swan, Colón, Pastora, San Cristóbal, Carinero, Islas Bastimentos y Cayos Zapatillo.
- La región sur: comprende las islas de Popa, Isla Venado, Cayo Agua, Escudo de Veraguas y Península Valiente.

Generalmente, en la región norte del archipiélago de Bocas del Toro afloran sedimentos de arrecifes de coral en aguas poco profundas que datan del Plioceno-Pleistoceno Tardío, los cuales se superponen de forma discordante en un arco volcánico basáltico, que data del Mioceno Medio (Isla Bastimento), esta zona también descansa sobre una lutita siliciclástica de >2500 m de grosor (Isla Colón) que data del Plioceno Tardío (*Coates et al., 2005*).

La región sur revela un conjunto de arco volcánico más extenso de rocas del Mioceno inferior y medio, que incluye una secuencia de lodo de aguas profundas, basalto y sedimentos volcánicos gruesos, que rastrean el inicio y ascenso de un arco volcánico activo en la región de Bocas del Toro (*Coates et al., 2005*).

A continuación, se mencionan diferentes formaciones presentadas por Coates 2005, en la región sur:

Formación Punta Alegre: Esta formación se encuentra sobre un grueso flujo volcánico erosionado de brecha volcánica. Presenta una edad de 19-18.3 Ma. Tomado de (*Coates, 2003*).

Formación Valiente: Esta formación está superpuesta a la formación Punta alegre. Presenta una litología compleja, porque representa un conjunto de facies, tanto terrestres como marinas, sedimentarias e ígneas, que están asociadas a un arco

insular volcánico emergente activo. Hay presencia de basaltos columnares, brecha de flujo basáltico, toba piroclástica, entre otros materiales de origen marino. El rango de edad de esta formación es de 16.5-11.5 Ma.

Grupo Bocas del Toro: Basaltos columnares, rocas piroclásticas y fluvialitas de la formación Valiente requirieron la emergencia de partes del creciente arco volcánico. Alrededor de hace 12 Ma, el arco se había vuelto inactivo y estudios en Darién (tomado de *Coates et al., 2004*) sugieren que la colisión del extremo sur del arco volcánico centroamericano con América del Sur se inició al mismo tiempo. Estos eventos pueden explicar las principales discordancias en el Archipiélago de Bocas del Toro sobre la formación Valiente, lo que significa una extensa aparición y erosión del arco volcánico hace 11.5-7.2 Ma.

Tobobe Sandstone: Esta unidad es un conglomerado de guijarros, que pasa a una arenisca de cuarzo, dura y limpia. De acuerdo con los fósiles datados en este sitio, indican que esta formación es del Mesiniano 7.2-5.3 Ma.

Formación Nancy Point: consiste en conchas, fango, arenisca limosa, limolita fangosa con capas vulcanoclásticas gruesas y areniscas bioclásticas. De acuerdo con fósiles marinos datados, esta formación es del Mesiniano 7.2-5.3 Ma. El mismo rango de edad que Tobobe Sandstone.

Formación Shark Hole Point: Consiste en limolita arcillosa micácea que está penetrantemente bioturbada. El rango de edad de esta formación es del Plioceno temprano 5.3-3.6 Ma.

Formación escudo de Veraguas: Litológicamente esta formación consiste en la parte superior de 1.8 Ma. Contiene limolita arcillosa penetrantemente bioturbada y arcilla limosa con frecuentes concreciones. La parte inferior es de 3.5 Ma. y está más endurecida.

Formación Cayo de Agua: Esta formación es consistentemente de grano más grueso, con granos y gránulos de basalto común, guijarros fosfatados y fragmentos de madera. La edad de esta formación en la base es de 5.0-3.5 Ma. y en la parte superior 3.7-3.4 Ma. lo que sugiere que es un equivalente contemporáneo en aguas poco profundas de la formación Shark Hole Point y la parte más baja de la formación Escudo de Veraguas.

Las islas de la región norte del archipiélago de Bocas del Toro tienen una historia geológica diferente a la región sur. Los basaltos columnares del arco volcánico de la formación Valiente forman el basamento que subyace a la sucesión marina del Neógeno Tardío, como en la región Sur. Al momento de la descripción del documento no había una datación de estos basaltos mencionados, pero Coates (2005) presume que forman parte de un arco volcánico que se extinguió y se enfrió en el Mioceno Medio 12 Ma. En toda la región norte los sedimentos se superponen discordantemente sobre el basalto de la formación Valiente, y estos son del Plio-Pleistoceno.

Formaciones que afloran en la región norte (*Coates et al., 2005*):

Formación Valiente: Esta aflora extensamente en Punta Valiente, pero también hay presencia en la costa noroeste de la Isla Bastimento, donde hay espectaculares exposiciones de la misma. Esta unidad de basaltos columnares probablemente forme

parte de todo el basamento del archipiélago de Bocas del Toro. En Coates, 2003, se menciona que esta formación está compuesta por cinco diferentes litofacies que son: litofacies de lava basáltica y flujos de brecha, litofacies piroclásticas, litofacies vulcanoclásticas de grano grueso, litofacies de turbiditas y debris marino, litofacies de arrecifes de coral.

Fish Hole miembro de la Formación Old Bank: estas formaciones son mencionadas en (*Klaus et al., 2012*). La formación Old Bank aflora en las islas Bastimento y Colón. Esta formación se superpone discordantemente en restos volcánicos de la formación Valiente y varía su edad cerca del Medio/Tardío Mioceno y cerca del Plioceno Temprano/Tardío. La formación Fish Hole aflora al borde noreste de la isla Bastimentos. De acuerdo a las dataciones por isotopos de estroncio para la formación Old Bank va del Mioceno Tardío al Plioceno Tardío (6.4-2.4) (Mcneill et al., pers. comm.) tomado de (*Klaus et al., 2012*). Y para la formación Fish Hole las edades van de 5.8 a 5.6 Ma. (Mcneill et al., pers. comm.) tomado de (*Klaus et al., 2012*).

La Gruta y Ground Creek miembros de la Formación Isla Colón: La formación Isla Colón incluye dos miembros: La Gruta y Ground Creek. El miembro la Gruta aflora en la Isla Bastimentos e isla Colón, mientras que, el miembro Ground Creek solo se encuentra en Isla Colón. Basado en la datación por isotopos de estroncio y magnetoestratigrafía, la formación tiene un rango de edad que va desde 2.2 a 1.4 Ma. (Mcneill et al., pers. comm.) tomado de (*Klaus et al., 2012*).

Mimitimbi, Hill Point, Swan Cay miembros de la formación Urracá: El miembro Mimitimbi está expuesto a lo largo de la orilla del río Mimitimbi en el noreste de la costa de isla Colón. El miembro Hill point se presente en el sureste de la costa de isla Colón,

y los depósitos marinos de Swan Cay están al norte de isla Colón. De acuerdo con las dataciones de isótopos de estroncio, estudios paleomagnéticos y restricciones bioestratigrafías (biostratigraphy constrain) la formación Urracá es del Pleistoceno Medio (1.2-0.8 Ma) (McNeill et al., pers. comm.) tomado de (Klaus et al., 2012).

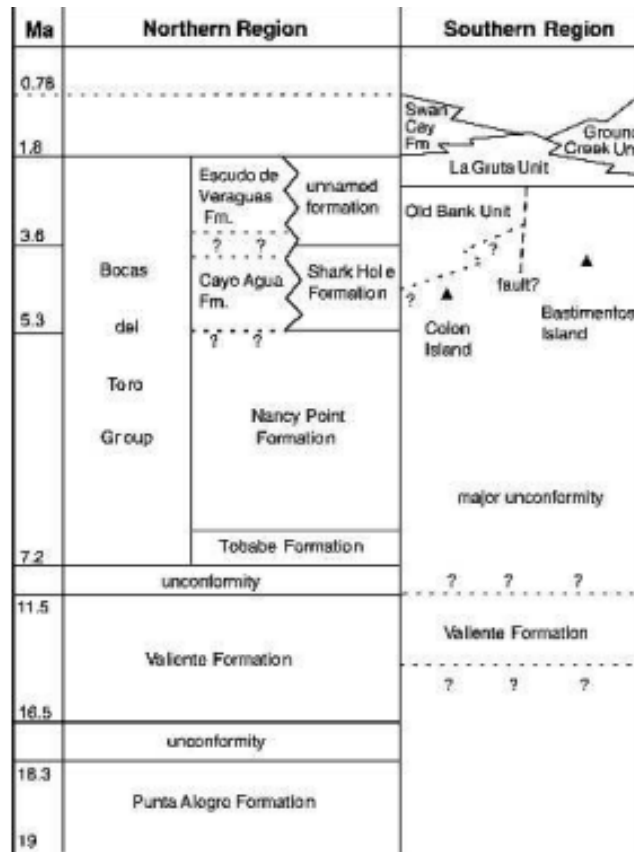


Figura 12. Columna estratigráfica de la región norte y sur del Archipiélago de Bocas del Toro, con sus edades en millones de años. Fuente: Coates et al., 2003

Capítulo 3: Características Biofísicas del Espacio (Chiriquí Grande, Bocas del Toro)

Área de Estudio

Acceso

El acceso a la zona de estudio, saliendo del Campus Universitario Octavio Méndez Pereira, hacia el puente Centenario con dirección hacia el occidente del país, utilizando la carretera Panamericana. Sobre esta vía, único enlace entre la ciudad capital y las provincias de occidente; se recorrió un total de 428 Km hasta la comunidad de Chiriquí, provincia de Chiriquí. Desde este sitio se giró hacia el norte, cruzando la Cordillera Central y así, llegar a Bocas del Toro, descendiendo desde los 1 200 msnm hasta los, prácticamente, 5 msnm, para establecernos en la comunidad de Chiriquí Grande.

La zona de estudio lo comprende la cuenca del río Guarumo la cual se encuentra en los distritos de Chiriquí Grande y el área Comarcal Ngäbe Buglé, Distrito de Jirondai corregimiento de Burí, ubicado en la provincia de Bocas del Toro, Panamá. El área de la cuenca comprende unos 468 km².

Chiriquí Grande pertenece a la cuenca hidrográfica n°93 (entre el río Changuinola y el río Cricamola). La parte alta de esta cuenca, está al sur de la Cordillera Central, presenta la máxima elevación está por el orden los 2300 msnm. Asimismo, se observa una cuenca media, y sobre todo una cuenca baja constituida por los depósitos sedimentarios del Cuaternario. Presenta un tipo de cuenca exorreica, donde la

desembocadura es al norte de Bocas del Toro, específicamente en la Laguna de Chiriquí (Mar Caribe).

Se observan diferentes tipos de patrones en toda la cuenca; el río Guarumo presenta un patrón de drenaje meándrico y anastomosado, con varios meandros abandonados (5), visibles en las fotografías aéreas. En la desembocadura de este río se presenta un patrón de drenaje dicotómico, formando un pequeño delta. Al sur, en la confluencia del río Pejebobo y Guabo, dicotómico-trenzado; al oeste de estos ríos, en el río Guarumito, se presenta un patrón de drenaje radial-centrífugo, también hay patrones de drenaje paralelos y sub-paralelos que provienen de las elevaciones al suroeste de la cuenca. De igual modo, en los ríos que se encuentran en la costa se observaron pequeños patrones de drenaje meándricos, y paralelos, como en el río la Gloria.

La cordillera de Talamanca, mejor conocida como Cordillera Central, se extiende de oeste a este, sirviendo de divisoria de agua, que a la postre forman los drenajes en la región. Los cerros de mayor elevación, en la zona de estudio, se observan precisamente en la divisoria de agua, siendo los de mayor relevancia los cerros: La Mina con 640 msnm, Cerro Picacho con 580 msnm, Cerro Miramar con 520 msnm, Cerro Punta Peña con 448 msnm.

En los distritos de Chiriquí Grande y Jirondai, comarca Ngäbe Buglé predominan 3 formaciones geológicas que son: la formación Las Lajas, conformada por sedimentos consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados, lutitas carbonosas y deposiciones deltaicas; la formación Virigua TM-CAvi, una formación volcánica, compuesta por andesita, basalto, brechas, tobas, bloques sub-intrusivos, diques

swarns y sedimentos volcánicos, también está la formación Guayabito TMPL-TAgy, una formación de rocas intrusivas, compuesta por granodioritas y monzonitas.

1.1. Clima y temperatura:

La temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es muy caliente y opresivo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 21 °C o sube a más de 33 °C (*Weather Spark, s.f.*).

De acuerdo a datos históricos obtenidos de Hidrometeorología Etesa (*Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*), de la estación Changuinola Sur, provincia de Bocas del Toro, el promedio de temperatura anual es de 23,8 °.

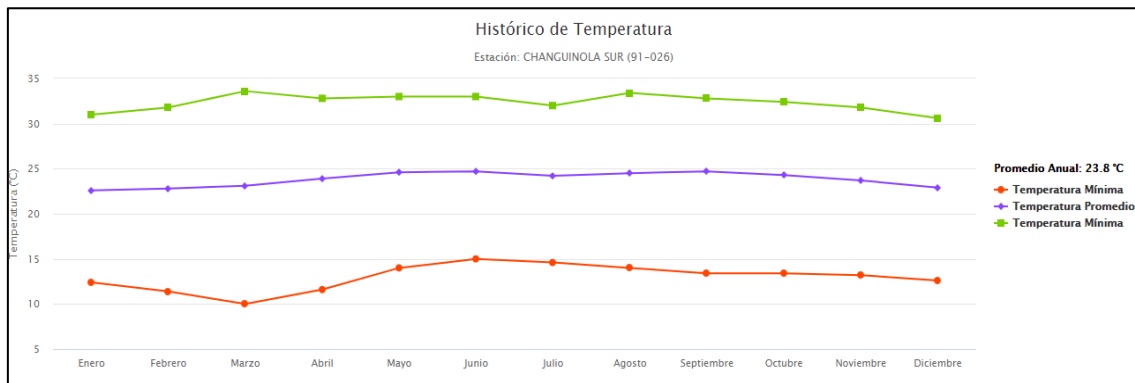


Figura 13. Promedio de temperatura anual de la Estación Changuinola, obtenido de los resultados promediados desde el año 1972 con 42 años de registro. Fuente: *Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*

1.2. Precipitación:

El período de lluvia en Chiriquí Grande dura 7.3 meses. La temporada más seca dura 4.7 meses. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 28 de octubre, con una acumulación total promedio de 220mm. La fecha aproximada con

la menor cantidad de lluvia es el 26 de febrero, con una acumulación total promedio de 18 milímetros. Datos aproximados de (*Weather Spark, s.f.*).

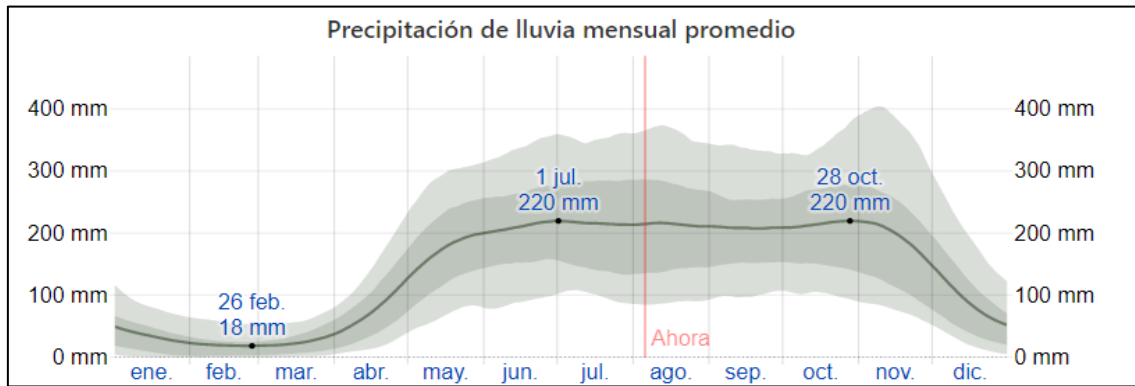


Figura 14. La lluvia promedio en Chiriquí Grande (línea sólida) acumulada en un periodo móvil de 31 días centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. Fuente: *Weather Spark, s.f.*

De acuerdo con los datos históricos obtenidos de Hidrometeorología Etesa (*Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*), de la Estación Rambala, provincia de Bocas del Toro, el promedio de lluvia anual es de 238mm.

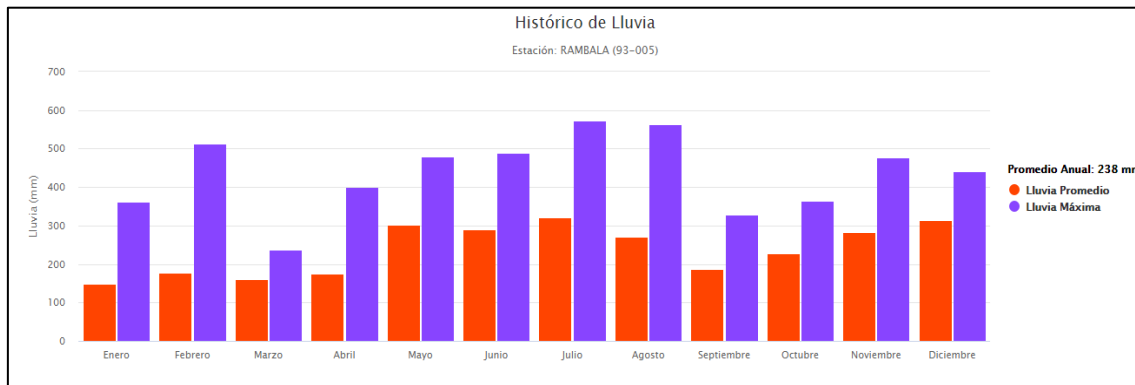


Figura 15. Datos históricos de las lluvias de Estación Rambala, promediados del año 1974 al año 2000. Fuente: *Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*

1.3. Vientos

De acuerdo con los datos históricos obtenidos de la Estación Aeropuerto de Bocas, provincia de Bocas del Toro, los vientos calculados a 10m sobre el suelo, tienen un promedio anual de 1,9m/s.

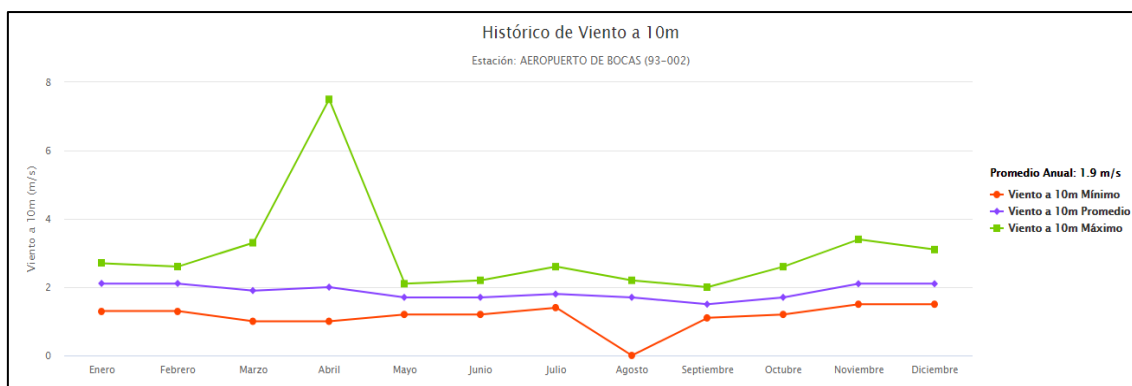


Figura 16. Datos históricos de viento de la Estación Aeropuerto de Bocas a 10m sobre el suelo, en m/s, promediados desde el año 1972 con 49 años de registro. Fuente: *Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*

1.4. Evaporación

De acuerdo con los datos históricos obtenidos de la Estación Changuinola Sur, el promedio de evaporación anual es de 54,4mm.

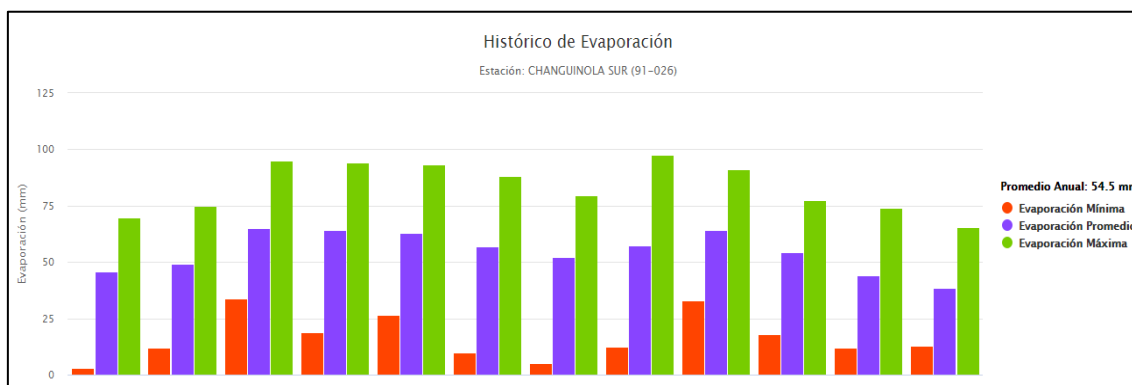


Figura 17. Datos históricos de evaporación de la Estación Changuinola, promediados desde el año 1979 con 42 de registro. Fuente: *Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*

1.5. Humedad

El nivel de humedad percibido en Chiriquí Grande, debido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece entre el 4% del 96% (*Weather Spark, s.f.*).

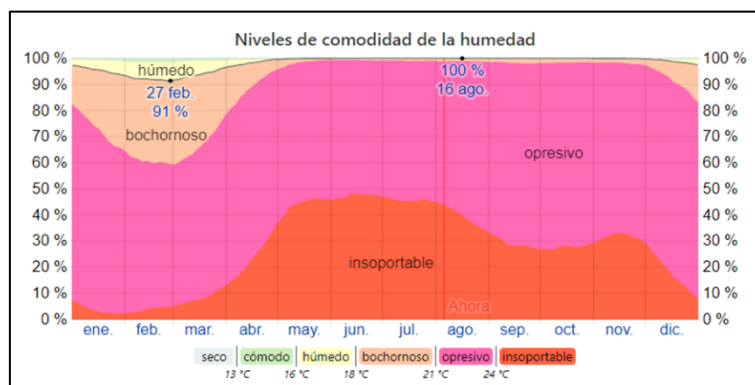


Figura 18. El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío. Fuente: *Weather Spark, s.f.*

De acuerdo a los datos históricos de la estación Changuinola Sur, provincia de Bocas del Toro, de Hidrometeorología Etesa (*Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*), el promedio de humedad relativa es de 86,5%.

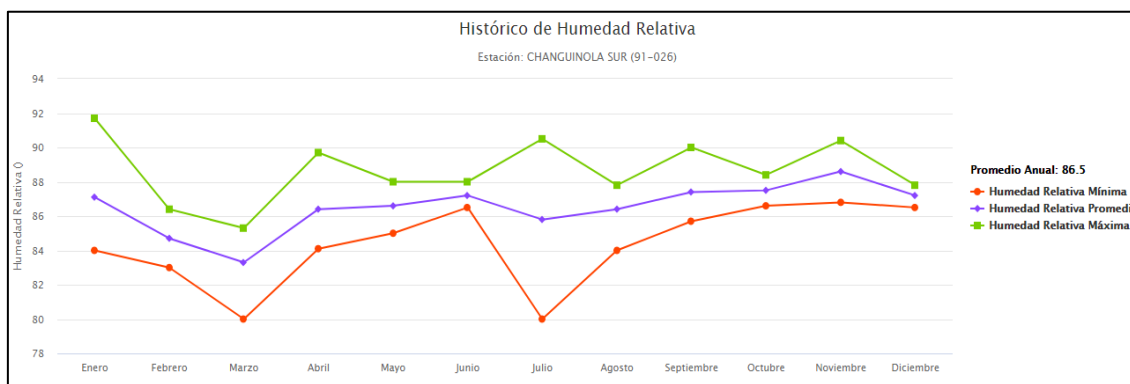


Figura 19. Datos históricos de humedad relativa de la Estación Changuinola, promediados desde el año 1979 con 42 años de registro. Fuente: *Empresa de transmisión eléctrica, S.A., s.f.*

1.6. Topografía

Las coordenadas geográficas de Chiriquí Grande son latitud 8.946°, longitud -82.118°, y elevación 35m.

La topografía en un radio de 3km de Chiriquí Grande tiene variaciones muy grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 495m y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 73m. En un radio de 16km contiene variaciones muy grandes de altitud (1,144m). En un radio de 80km también contiene variaciones extremas de altitud (3,452m).

El área en un radio de 3km de Chiriquí Grande está cubierta de agua (54 %) y árboles (39 %), en un radio de 16km de agua (49 %) y árboles (43 %) y en un radio de 80km de agua (45 %) y árboles (37 %) (*Weather Spark, s.f.*).

1.7. Características de Población y Vivienda

El distrito de Chiriquí Grande cubre una superficie de 207.3 km² y cuenta con una población 14,973 habitantes (estimaciones del año 2020), posee 70 lugares poblados.

Está compuesto por 6 corregimientos (subdivisiones):

Tabla 2. Distribución de la población en los diferentes corregimientos de Chiriquí Grande. Fuente: *Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010-2020.*

Corregimiento	Habitantes
Chiriquí Grande (cabecera)	4,477
Miramar	1,562
Punta Peña	3,333
Punta Robalo	1,210
Rambala	2,315
Bajo Cedro	2,076

Tabla 3. Población general de Chiriquí Grande clasificada por grupos de mujeres, hombres, niños y personas de la tercera edad. Fuente: *Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010-2020*.

Población	No. De Habitantes	Porcentaje
Mujeres	7,167	47.87%
Hombres	7,806	52.13%
Niños	5,858	39.12%
Personas de la Tercera Edad	966	6.45%
Total, de habitantes	14,973	100%

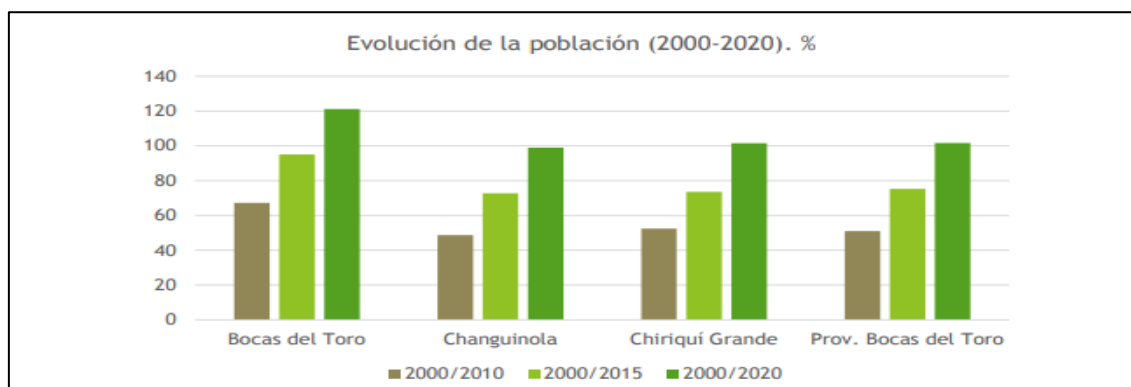


Figura 20. Evolución de la población por distrito año (2000-2020) Fuente: *Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio, 2018*.

1.8. Salud

El servicio de sanidad en el distrito de Chiriquí grande comparado con otros distritos.

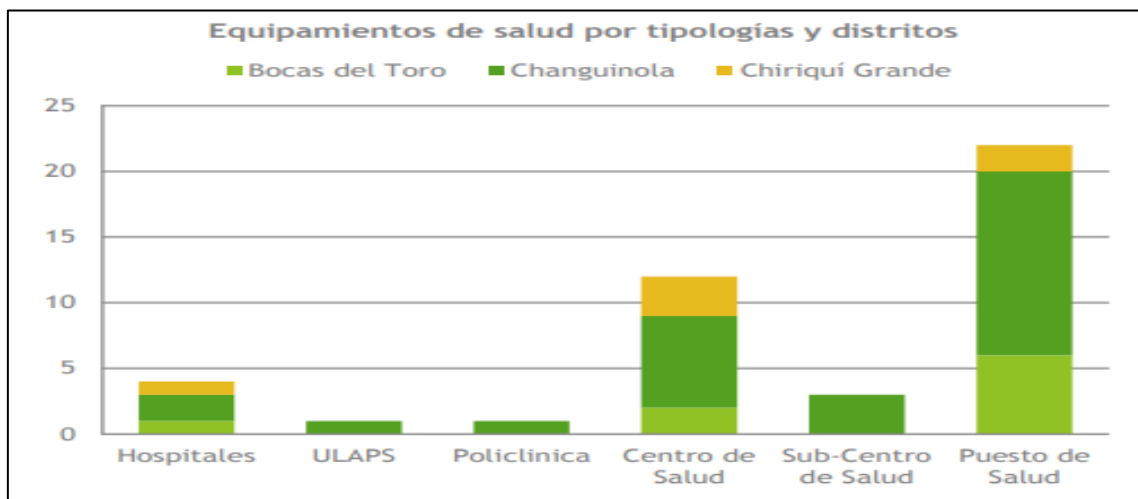


Figura 21. El servicio de salud se encuentra muy limitado en la región de Chiriquí Grande, a comparación de otros distritos. Fuente: Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio, 2018.

1.9. Abastecimiento y Saneamiento Hídrico

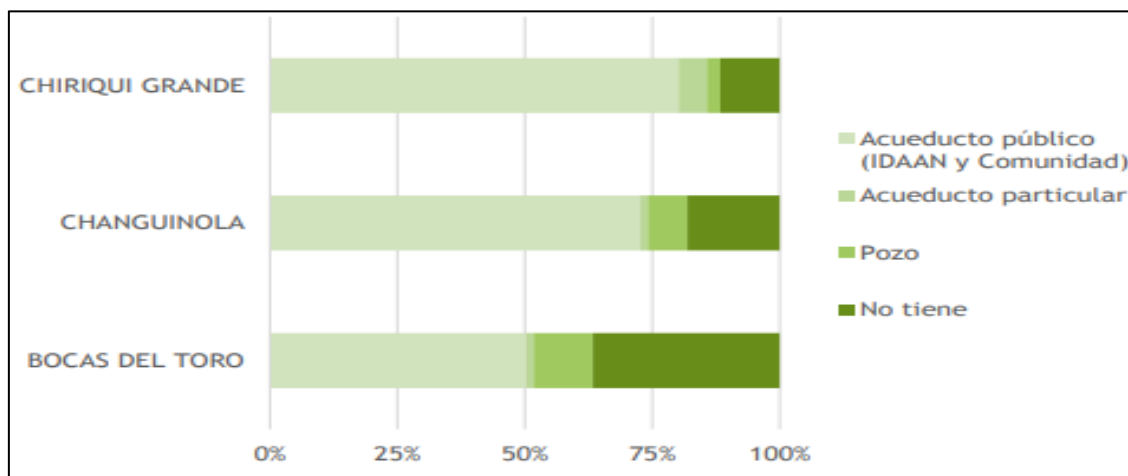


Figura 22. Aquí se muestra el Sistema de abastecimiento hídrico por distrito, y las comparaciones con Changuinola y Bocas del Toro. Fuente: Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio 2018.

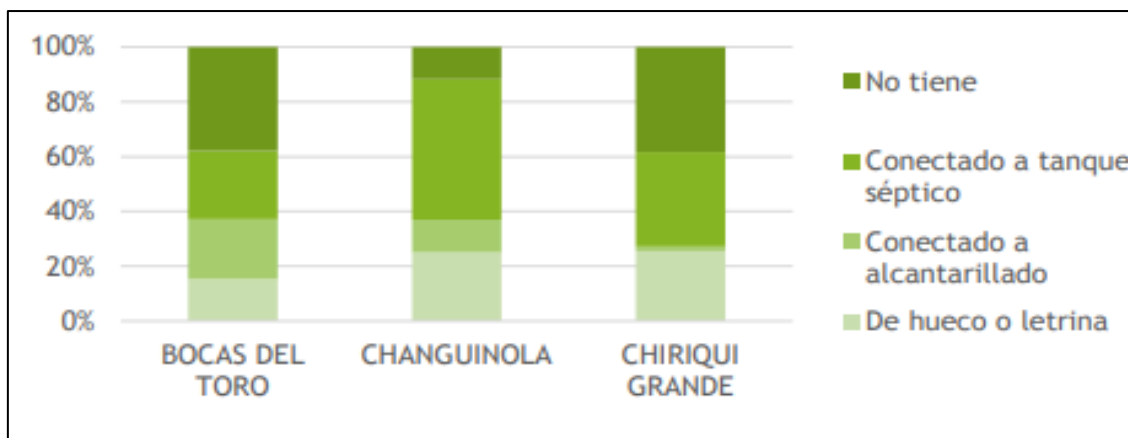


Figura 23. Los servicios sanitarios de Chiriquí Grande comparados con otros distritos de Bocas del Toro. Fuente: Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio, 2018.

Existen graves carencias en la red de saneamiento, estando conectadas a la red de alcantarillado tan solo el 13% de las viviendas de la provincia, especialmente grave en Chiriquí Grande.

1.10. Red Eléctrica

Cerca del 40% de la población está desconectada de la red eléctrica, principalmente en los distritos de Chiriquí Grande y Bocas del Toro, donde utilizan queroseno o diésel como método de abastecimiento eléctrico alternativo (Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio, 2018).

1.11. Vivienda

El parque de viviendas de Bocas del Toro está compuesto por 29,853 unidades, localizadas principalmente en el distrito de Changuinola (74.2%), seguido a gran distancia de Bocas del Toro (16.1%) y Chiriquí Grande (9.7%) (Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio, 2018).

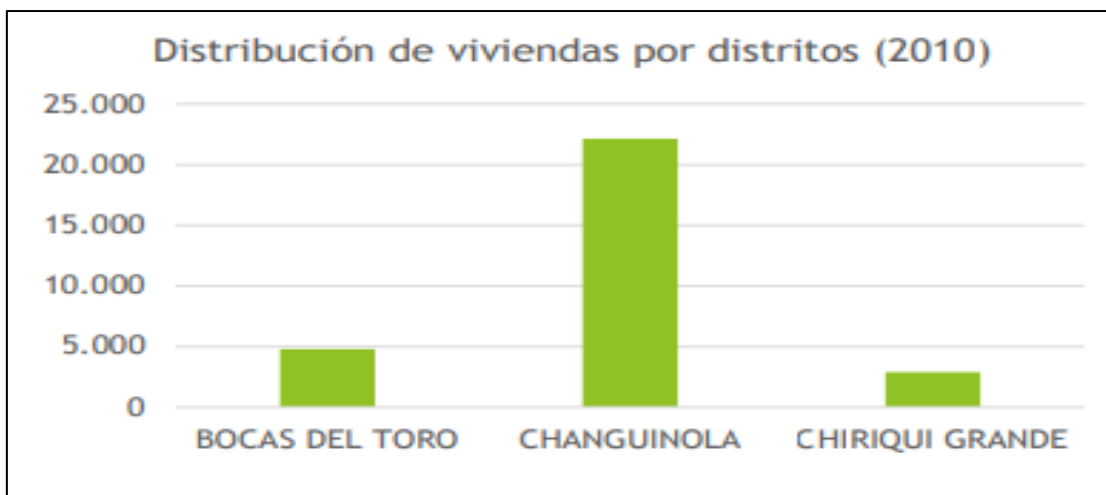


Figura 24. Distribución de viviendas en Chiriquí Grande comparada con otros distritos, dónde la menos cantidad de viviendas en esta región se encuentra en Chiriquí Grande. Fuente: *Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM), Junio, 2018.*

El distrito de Chiriquí Grande presenta la densidad edificatoria más elevada de la provincia (14 viv/km²), muy baja si se compara con otros territorios de Panamá.

1.12. Salud

El servicio sanitario en el distrito resulta limitado, a comparación de otros distritos con solo un hospital y pocos puestos de salud.

Tabla 4. Cantidad de hospitales y puestos de salud en comparación con otros distritos en Bocas del Toro. Fuente: *INEC, 2014-2018.*

Distrito	Total	Hospitales	Centros de salud y policlínicas	Subcentros y puestos de salud
Bocas del Toro	7	1	2	4
Changuinola	26	3	8	15
Chiriquí Grande	6	1	3	2

Capítulo 4: Marco Geológico

Marco Tectónico

La región de Bocas del Toro está situada en la Microplaca de Panamá (MPP), en la zona noroccidental de la misma. La MPP, se encuentra rodeada de cuatro placas mayores: La Placa Sudamericana al este, la de Nazca al sur, Coco al suroeste y Caribe al noroeste y norte (*Mann et al., 1990*). Se trata de una compleja región tectónica en donde al menos se muestran tres zonas de uniones triple (*Vergara, 1988*). Los límites tectónicos principales han sido descritos por Mann et al., (1990), Adamek, (1986); Adamek et al. (1987); Vergara (1988); Camacho (1992, 1994). La cuenca está posicionada en la plataforma marginal del arco volcánico de América Central y expuesta a altas cargas de sedimentos provenientes de levantamientos que exponen rocas volcánicas de la Cordillera de Talamanca (*Klaus et al., 2012*).

Geología

La región de estudio, que corresponde a la cuenca del río Guarumo, fue dividida en cuatro zonas de prospección, (1) la zona Este, donde se observó un cerro con características no concordantes con la región, (2) la zona central que comprende desde el ápice hasta la zona de costa deltaica, (3) La zona occidental, del abanico, (4) la zona media y alta de la cuenca, específicamente sobre la carretera y (5) sobre el río Pejebobo (**para ver mapa de recorrido ver anexo 11**).



Figura 25. Cantos rodados angulosos y subredondeados en ensenada Ballena. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Ensenada Ballena-Carretera Ballena

En ballena en las coordenadas **0381174 E, 0986297 UTM- Z17**, este lugar se encuentra ubicado en las afueras de la cuenca del abanico aluvial, específicamente al NE, se observaron depósitos de rocas altamente meteorizadas, y un bloque rodado masivo (**ver figura 26**), el cual estaba sepultado, que sobresalía del resto de las rocas subredondeado.



Figura 26. Bloque depositado en el sitio. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Se tomó una muestra **AACHGR-M17**.

Análisis Macroscópico de M-17 y M-14

Las muestras tomadas están altamente meteorizadas, presentan cristales visibles de minerales máficos como anfíboles, biotita, también hay presencia sulfuros de hierro como pirita y calcopirita diseminada, presenta magnetita, en una matriz granular de origen intermedio. Se determinó que la muestra **AACHGR-M17** es un **subintrusivo diorítico**.

En ballena, en las coordenadas **0380949 E, 0986242 N UTM- Z17** a unos 40 m aproximados, de la parada anterior, se observaron bloques y cantos rodados meteorizados, con bordes redondeados, por el de transporte. Se tomó como referencia el bloque más grande del sitio, el cual estaba sometido a un proceso de meteorización esferoidal. No se pudo tomar muestra de esta por su dureza. Justo detrás de este bloque, se observa una roca bastante representativa del sitio, la cual, sí se pudo muestrear **AACHGR-M14**; es una roca granular subintrusiva (diorita), menos alterada que la parada anterior, presenta más cristales máficos (anfíboles) y también magnetita, está menos alterada que la muestra anterior. El bloque presenta xenolitos (**ver figura 27**) y muy poca presencia de cuarzo en su matriz.



Figura 27. Subintrusivo andesítico con presencia de xenolitos en su matriz. Foto por: *(Nicole Leong)*.

A unos 20 m de la parada anterior, se observan rocas sepultadas intrusivas y meteorizadas, con parte de un suelo residual. En esta zona se producen pequeños canales de erosión (**ver figura 28**). Esta erosión que se observa es conocida como en surcos, debido a la precipitación que erosiona el suelo en la pendiente del talud.



Figura 28. Canales de erosión en suelo rojizo del suelo y rodados. Foto por: *(Nicole Leong)*.

A unos 30 m de este lugar, se observó un canto rodado de roca sana de unos 2 m de diámetro preferencial (**ver figura 29**); a su alrededor se observaban rocas meteorizadas y suelo residual.



Figura 29. Bloque de diorita menos alterada que el resto de las rocas representativas, se encuentra sepultado entre mucho suelo residual y rocas meteorizadas. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En el punto con coordenadas **0380313 E, 0986095 N UTM- Z17** a unos 64 msnm, se observó un afloramiento con alto grado de meteorización, con canales de erosión (surcos), pero a diferencia de un punto anteriormente visto, este tiene una coloración oscura en la parte superior, y una coloración gris clara, en la parte inferior (**ver figura 30**). Aquí siguen aflorando rocas subintrusivas, pero muy meteorizadas. Se observa una alternancia de colores entre colores claros, oscuros y rojizos.

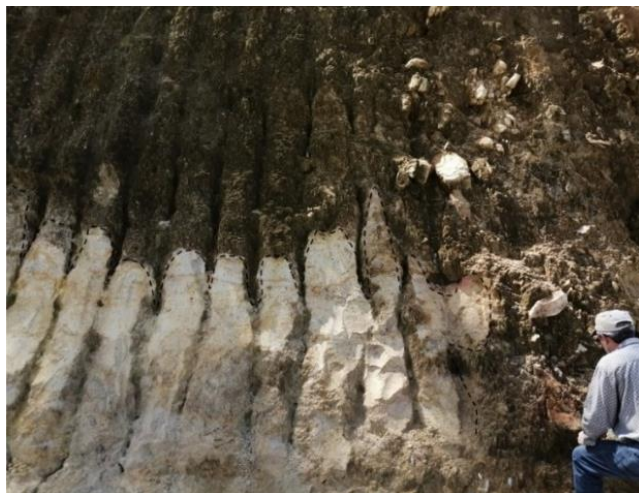


Figura 30. Se observan canales de erosión y un contacto entre un suelo marrón oscuro en la parte superior y en la parte inferior roca de coloración gris claro. Foto por: (Nicole Leong).

En el punto con coordenadas **0379086 E, 0986365 N UTM- Z17**, a unos 25 msnm, en este lugar se observó la construcción de un pequeño puente sobre la quebrada Limón, existiendo una gran variedad de rocas producto del transporte del río y de la intervención antrópica. Se caminó unos 10m dentro de la quebrada para tomar tres muestras representativas en esa zona **AACHGR-M19, M-20, M-21**.

Análisis Macroscópico de M-19, M-20 y M-21

La muestra **M-19** se describió como un subintrusivo andesítico, es una roca granular, con grandes cristales, se observa a simple vista un cristal desarrollado de hornblenda de 3 cm de tamaño, aproximadamente; también la presencia de minerales máficos (anfíboles y biotita), y óxidos como magnetita diseminada, y sulfuros como pirita, en una matriz intermedia; presenta xenolitos (**ver figura 31**). La muestra **M-20** se describió como un basalto afanítico, y la **M-21** como un subintrusivo andesítico, textura afanítica y presenta xenolitos.



Figura 31. Muestra **AACHGR-M19**, de subintrusivo andesítico tomado en Limón. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En las coordenadas **0378767 E, 0986519 N UTM- Z17** a unos 72 msnm, en este punto había un bloque masivo de aproximadamente 1.5m de altura, muy fracturado, lo que significa que esta ha pasado por procesos de compresión (**ver figura 36 A**). Se tomó una muestra de roca muy sana **AACHGR-M16**.

Análisis Macroscópico de M-16

La muestra **AACHGR-M16** se tomó en el bloque y corresponde a una roca granular de origen intermedio, con presenta minerales máficos (anfíboles y biotita), y también magnetita, visibles en su matriz. Es similar a rocas descritas anteriormente, un subintrusivo diorítico con minerales máficos. (**ver figura 32 B**)

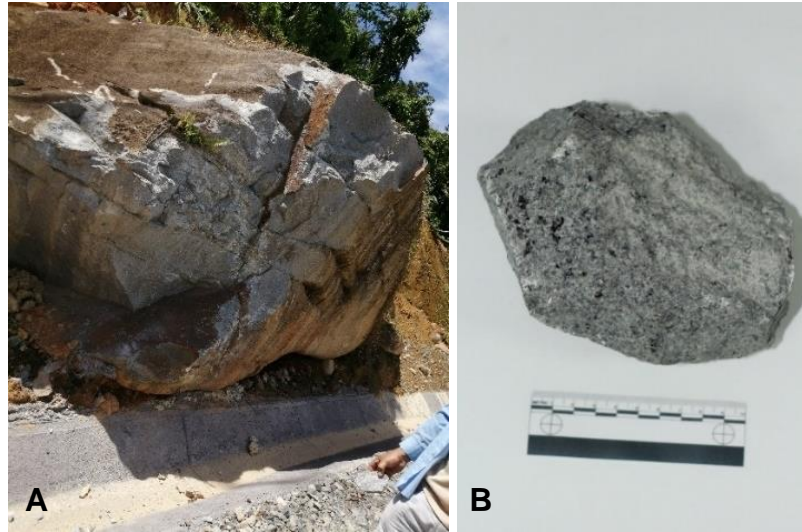


Figura 32. (A): Bloque masivo de un subintrusivo diorítico con fracturas debido al transporte, (B): Se observa la muestra tomada de ese bloque **AACHGR-M16**. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En el punto con las coordenadas **0377546 E, 0987823 N UTM- Z17**, se observó un afloramiento con un alto grado de meteorización; se ve en partes que solo hay suelo residual. También, se puede resaltar la diferencia de tonalidades de forma intercalada (rocas de tonalidad rojizas con suelo residual, roca grisácea, suelo residual, rocas meteorizadas marrón rojizas) (**ver figura 33**), producto de diferentes tipos de procesos químicos, que han ido transformando y desgastando la roca, por lo que ha ido cambiando su tonalidad a un color más marrón y rojizo. Otra observación, es que se puede encontrar roca sana con presencia de minerales máficos entre las rocas meteorizadas. Existen partes del afloramiento con disyunción columnar en basalto, no tan evidente debido a la meteorización. También, en una pequeña muestra que se tomó se observan xenolitos.

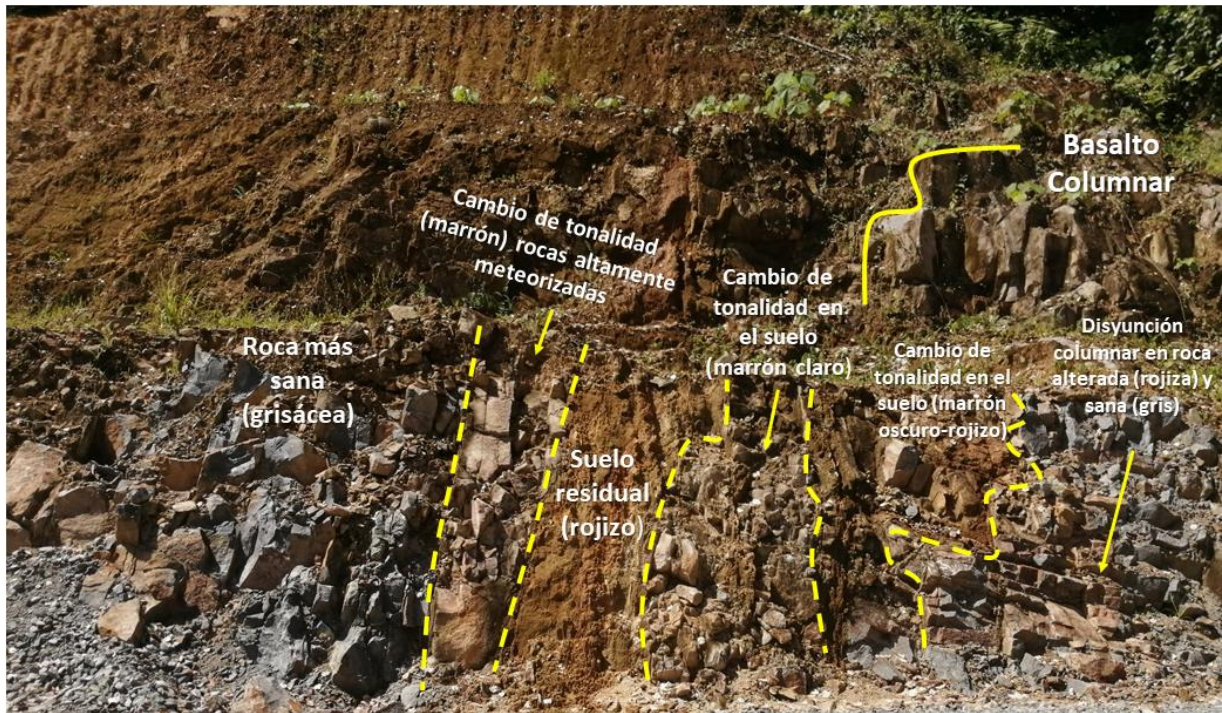


Figura 33. Afloramiento muy meteorizado, con disyunción columnar en basalto visible en algunas partes. Foto por: (Nicole Leong).

Quebrada Bajo

En las coordenadas **0376853 E, 0988288 N UTM- Z17** está ubicado un sitio perteneciente a los flancos del abanico, en la parte media de la cuenca, el sitio llamado **Quebrada Bajo**, aquí se observó un bloque subintrusivo de 1.5 m aproximadamente, no se determinó si era un afloramiento, o si se encontraba sepultado (**ver figura 34**). Aquí se observan depósitos rodados provenientes de la cordillera, y en algunos puntos donde se observa meteorización esferoidal. (**Ver Anexo 2**)



Figura 34. Bloque de 1.5 m de altura aproximadamente. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En las coordenadas **0376598 E, 0988782 N UTM- Z17**, perteneciente aún a **Quebrada Bajo**, aquí se encuentra un afloramiento de un subintrusivo diorítico (**ver figura 35**). Este afloramiento se encontraba muy fracturado, y se tomó muestra **AACHGR-M15**. A diferencia de las rocas anteriormente observadas, esta muestra posee un mayor % de minerales máficos y magnetita diseminada.



Figura 35. Tamaño a escala de un afloramiento subintrusivo diorítico. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Análisis Macroscópico de M-15

En la muestra **AACHGR-M15**, esta muestra presenta una mineralización más oscura que las vistas anteriormente en Ballena, con lupa se ven abundantes cristales de pirita (FeS_2) y magnetita diseminada en toda la roca, lo grisáceo en la muestra es un tipo de plagioclasa, no presenta cristales de cuarzo visible, su matriz está compuesta de minerales máficos (anfíboles y biotita) y plagioclasa. Esta roca es un **subintrusivo diorítico con mayor % de minerales oscuros (máficos) y magnetita (ver anexo 3)**.

En las coordenadas **0376500 E, 0988784 N UTM- Z17**, perteneciente a Quebrada Bajo, se encontró afloramiento volcánico (**ver figura 36**), altamente meteorizado, las rocas presentan disyunción columnar (**para ver el afloramiento completo ver anexo 4**), posee una coloración variante entre marrón a marrón rojizo. Se tomó una muestra en el sitio **AACHGR-M2 (ver figura 37)**.



Figura 36. Afloramiento con presencia de disyunción columnar en rocas altamente meteorizadas. Foto por: *(Nicole Leong)*.



Figura 37. Basalto afanítico con pirita diseminada. Foto por: (Nicole Leong).

Análisis Macroscópico de M-2

De acuerdo con lo observado macroscópicamente en la muestra **AACHGR-M2**, se describió que es un basalto con una matriz afanítica, con pequeños cristales de pirita (FeS_2) y calcopirita (CuFe_2).

Petrografía de M-2

En las observaciones de lámina delgada en el microscopio óptico (**ver figura 38 A y B**), se determinó que la muestra **AACHGR-M2**, no presenta alteraciones, tiene algunos fenocristales de plagioclasa anortita, abundante magnetita diseminada y piroxenos. Se describió que la roca es un **basalto porfídico no vidrioso**.

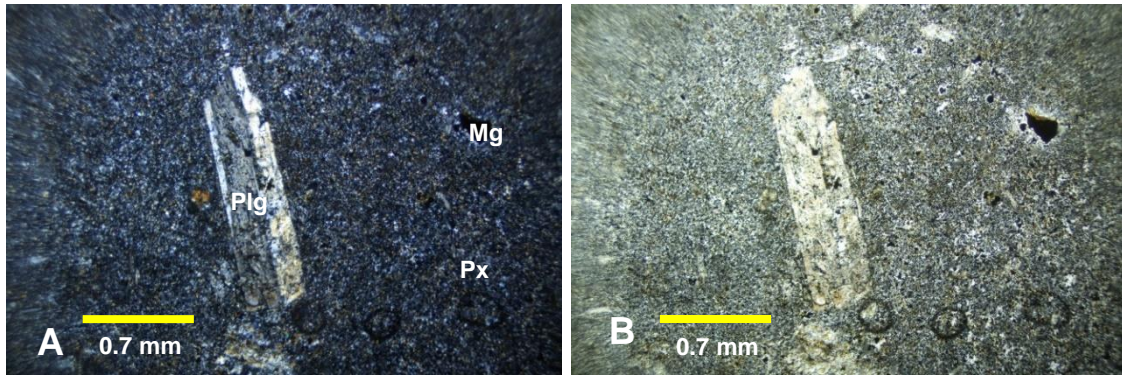


Figura 38. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M2:** En Nicole cruzados (A): fenocristal de plagioclasa anortita que sobresale en una matriz compuesta de magnetita y piroxenos. Nicles paralelos (B) se observan minerales opacos (magnetita y sulfuros). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI-Departamento de Investigaciones Geológicas y Mineras).

Camino hacia los tanques de la Petroterminal

En un camino hacia los tanques de la petroterminal, en las coordenadas **0373548 E, 0988516 N UTM- Z17**, a unos 78 msnm, se encontraron bloques masivos de roca intrusiva diorítica, y también seguía la presencia de basaltos masivos, estos bloques (**ver anexo 5**) pudieron haber llegado a esta zona por desprendimiento, debido a la forma angulosa de sus bordes. El tipo de suelo era un suelo amarillo-rojizo que es típico del suelo residual basáltico. En la muestra se observa un alto grado de meteorización en la parte superficial de la roca.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-1

Se tomó muestra de uno de los bloques representativos de la zona **AACHGR-M1**, se observan grandes cristales máficos, poca presencia de cuarzo en su matriz, sulfuros y magnetita diseminada (**ver figura 39**).



Figura 39. Muestra de mano **AACHGR-M1**, matriz compuesta por feldespato potásico, minerales máficos como anfíboles, biotita y magnetita diseminada. Foto por: (Nicole Leong).

De acuerdo con los análisis petrográficos, se encontraron cristales de feldespato potásico abundante, fenocristales de biotita, poca presencia de cuarzo, anfíboles, magnetita y sulfuros (opacos). Se describió que la roca es una **diorita**. (ver figuras 40 A y B)

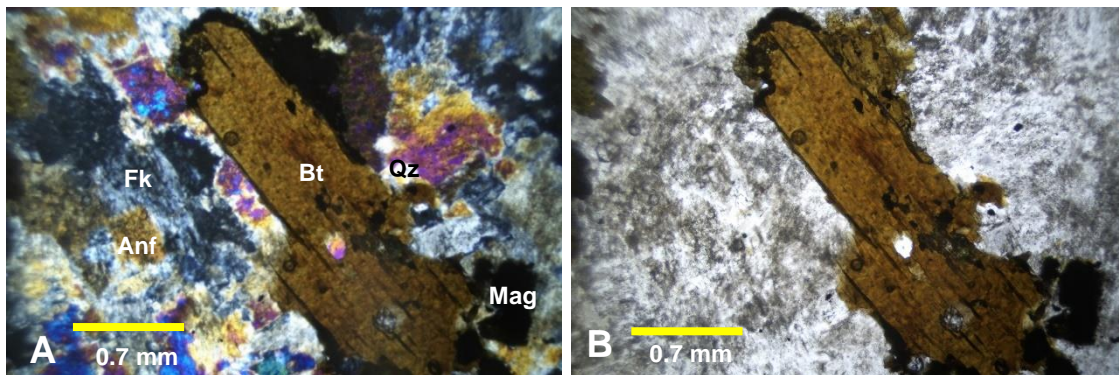


Figura 40. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M1**: Nícoles cruzados (A) se observa un fenocristal de biotita (Bt), rodeado por cristales de feldespato potásico (Fk), pequeños cristales de cuarzo (Qz), anfíboles (Anf) y cristales de magnetita (Mag). Nícoles paralelos (B): se observa la biotita y los minerales opacos (magnetita y sulfuros). **Se tomó con un objetivo 5x**. Foto por: (MICI- Departamento de Investigaciones Geológicas y Mineras).

Quebrada Platanarito

En las coordenadas **0373547 E, 0988533 N UTM- Z17**, corresponden a la **quebrada Platanarito**. En esta quebrada se observaron bloques masivos producto de transporte o desprendimientos en la zona, y hay una pequeña cascada. Se observaron afloramientos tipo lava, la misma continuidad basalto-andesita que se ha observado anteriormente.

Los bloques, de origen volcánico (basalto) y la forma en la que están superpuestos es un indicador de la dinámica fluvial, que, según las condiciones pasadas, pudo generar cambios en la geoforma (saltos de agua) y, por ende, en el curso de la quebrada. **(Ver figura 41)**



Figura 41. Bloques de basalto que forman una pequeña cascada. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Chiriquí Grande

En las coordenadas **0371360 E, 0983879 N UTM- Z17**, a unos 149 msnm, en este camino se observaron bloques masivos de roca de origen subintrusivo (**ver figura 42 A**).

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-3

La muestra **AACHGR-M3** (**ver figura 42 B**), se observa está bastante fresca (aunque sus minerales se encontraban meteorizados), masiva y sin fracturas. Esta roca presenta una tonalidad verdosa (debido a la clorita), con plagioclasas (puntos blancos visibles), y no presenta cuarzo.

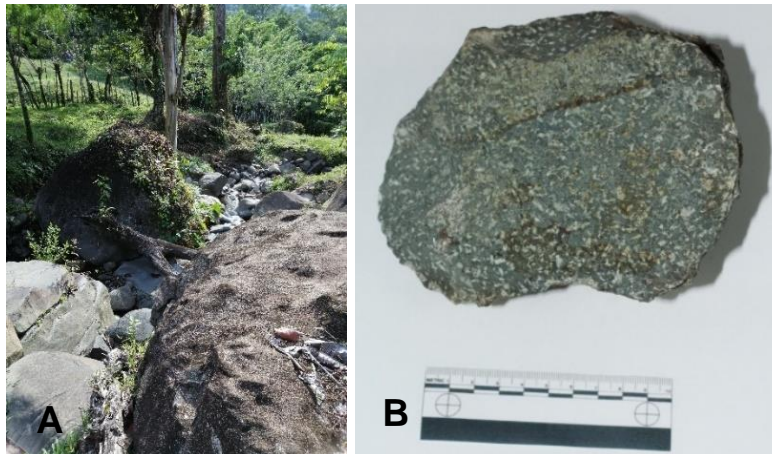


Figura 42. (A): Bloques rodados de roca subintrusiva diorítica. (B): Muestra de roca (**AACHGR-M3**) tomada en uno de los bloques representativos. Foto por: *(Nicole Leong)*.

El análisis microscópico de la muestra **AACHGR-M3** (**ver figura 43 A y B**), muestra que es una roca granular, presenta plagioclasa andesina, magnetita, anfíboles, pequeños cristales de cuarzo y una leve alteración hidrotermal, donde la clorita se encuentra alterando a las plagioclasas y a otros minerales máficos. Se describe como un **subintrusivo andesítico con una leve alteración hidrotermal**.

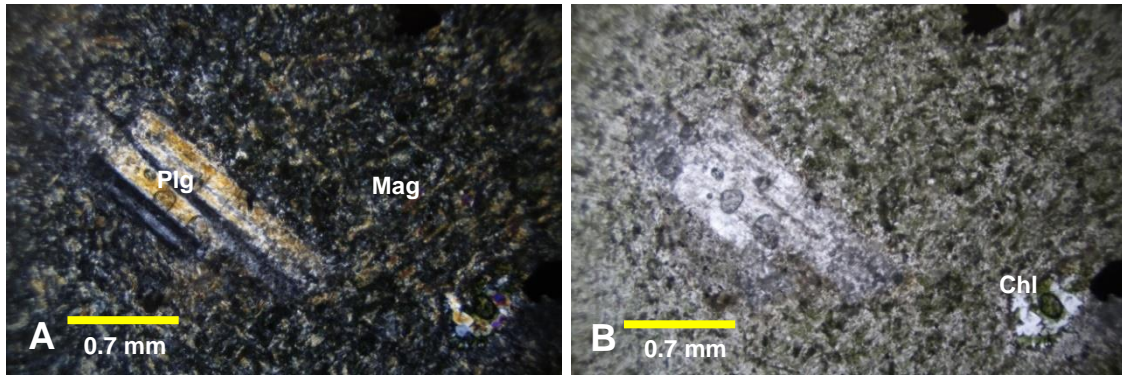


Figura 43. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M3:** Nícoles cruzados (A): se observa fenocristal de plagioclasa (Plg), sobre una matriz de plagioclasas y minerales máficos y magnetita (Mag), que están siendo alterados por clorita (verde). Nícoles paralelos (B): se observa el color verdoso de la clorita (Chl). Se observan algunas burbujas en la muestra debido al pegamento (bálsamo) que se utiliza. **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

En las coordenadas **0370729 E, 0984482 N UTM- Z17**, elevación de 114 msnm, se observó un cambio de tonalidad de los suelos observados anteriormente, el color de estos es marrón oscuro. Los sitios, anteriormente observados, se observó suelos con tonalidad rojiza, propia de la meteorización, in situ, de rocas con características básicas (basaltos) (**ver figura 44**), el cual es muy plástico.



Figura 44. Cambio de tonalidad en el sitio. Foto por: (Nicole Leong).

Carretera Punta Peña

Punta Peña se encuentra localizado en la parte media del abanico aluvial. En este sitio se recorrieron lugares a lo largo de la carretera y caminos de penetración para algunas fincas de Punta Peña, se ven casos de deslizamientos en los diferentes taludes al borde de la carretera por inestabilidad, y también en algunos cerros; la presencia de circos gravitacionales es el relejo de algunas inestabilidades, visibles a la distancia. Estos deslizamientos y desprendimientos son provocados debido a la situación climática en la región de estudio.

En las coordenadas **0369754 E, 0982999 N UTM- Z17 (*)**, a unos 125 mns, se observó un pequeño afloramiento de basalto en el talud de la carretera Punta Peña (**ver figura 45**), muy meteorizado, con los siguientes planos de fractura:

- F1: N185 °/67° NW
- F2: N118°/ 53° SW



Figura 45. Fracturas observadas en basalto meteorizado en la carretera Punta Peña. Foto por: (Nicole Leong).

A unos 40 m a partir del afloramiento anterior, y en un pequeño cerro ubicado en la carretera de Punta Peña, se observó un deslizamiento rotacional (**ver Anexo 6**). En el mismo se pudo observar un suelo húmico de color oscuro, por debajo de este se observaron fragmentos de rocas (algo alteradas por la meteorización) angulosos de composición variada envuelta en una matriz arcillo - arenosa, lo que permite clasificarla como una brecha volcánico sedimentaria (**ver figura 46**), en estas evidencias, hay diferentes tonalidades en los clastos de rocas acumulados en el sitio, debido a todos los procesos químicos a los que han sido sometidas las rocas. No se pudo tomar muestra, debido a la alteración de estas, pero las evidencias eran claras en el suelo residual y en las pocas rocas que había.



Figura 46. Brecha volcánica alterada en el escarpe del deslizamiento. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En el lugar con las coordenadas **0369695 E, 0983127 N UTM- Z17**, se observó otro deslizamiento en la carretera. El material observado es concordante con el punto

anterior, siendo estas rocas del granular (entre subintrusivos andesíticos y dioritas). Más adelante, en las coordenadas **0369576 E, 0983821 N UTM- Z17**, a unos 64 msnm, se encontró nuevamente roca volcánica básica-intermedia, que difiere del material intrusivo visto anteriormente. A unos 38 m aproximadamente de las rocas observadas anteriormente, en las coordenadas **0369614 E, 0983850 N UTM- Z17**, se observó un deslizamiento de ladera, con material deslizado (cantos rodados redondeados y subredondeados) (**ver figura 47**), lo que permite interpretarla como una intercalación de rocas volcánicas efusivas e intrusivas.



Figura 47. Material deslizado en la carretera Punta Peña. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Confluencia de los ríos Guabo y Pejebobo

En la carretera de Punta Peña, se encontró un afloramiento de roca volcánica, medianamente sano, por lo que se tomó una muestra para análisis petrográfico **AACHGR-M4**, esto fue en las coordenadas **0369576 E, 0983733 N UTM- Z17**, a 64

msnm; desde este punto se puede observar la confluencia de los ríos Guabo y Pejebobo (**ver figura 48**). Al ser una confluencia de dos grandes ríos, se observaron grandes deposiciones de sedimentos, iniciando en esta zona se va formando un segundo abanico aluvial más pequeño, observado en las fotografías aéreas (Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia": Autoridad Nacional de Administración de Tierras., 1981), este pequeño abanico, se formó posterior al abanico principal, que es el que abarca la cuenca del río Guarumo.



Figura 48. Confluencia río Guabo y Pejebobo. Foto por: (Nicole Leong).

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-4

En la muestra **AACHGR-M4** se presenta densa, sin cristales visibles, poco meteorizada, con una matriz color gris oscuro y plagioclasa.

En la muestra **AACHGR-M4 (ver figura 49)** se observó plagioclasa de tipo andesina, anfíboles y magnetita diseminada. Presenta una alteración hidrotermal de tipo arcillificación. **Se describió la roca como una andesita con leve alteración hidrotermal.**

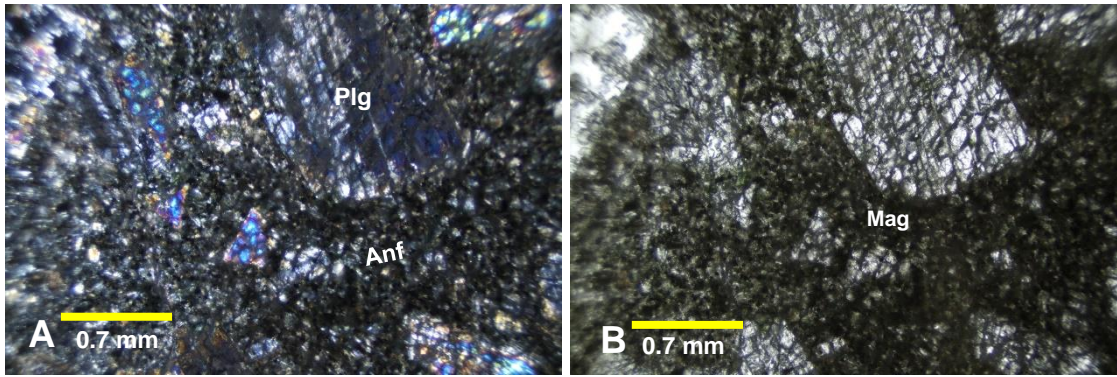


Figura 49. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M4:** Nicoles cruzados (A): se observan fenocristales de plagioclasa (Plg), en la matriz de fondo se observan pequeños cristales de anfíboles (Anf). Nicoles paralelos (B): se observan minerales opacos, como magnetita (Mag) diseminada en la matriz de la roca. **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

En la misma zona de Punta Peña, se observó un afloramiento de roca volcánica en las coordenadas **0369554 E, 0984727 N UTM- Z17**, a 58 msnm, aquí se observaron planos de fracturas, las rocas observadas se encuentran bioperturbadas (**ver figura 50**), también, fue evidente la presencia de un proceso de reptación y caída de rocas.



Figura 50. Meteorización biológica presente en la zona. Foto por: (Nicole Leong).

En la terraza del río Güabo, en las coordenadas **0369537 E, 0984698 N UTM- Z17**, se encontró un afloramiento de andesita de aproximadamente 4.8 m de altura (**ver figura 51**). Se desconoce si hay otro tipo de roca subyacente a este depósito, producto de la construcción un dique cuya finalidad es la de mitigar las crecidas del río, que décadas anteriores generaron múltiples inundaciones de aguas debajo de Punta Peña.



Figura 51. Afloramiento de andesita 4.8 m de altura. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En este afloramiento también se observaron fracturas y diaclasas en múltiples rumbos y ángulos de buzamientos, evidenciando esfuerzos tectónicos importantes. (**ver figura 52**). En un costado al afloramiento, se observó acumulación de cantos rodados imbricados y sedimentos arenosos y arcilloso que denota una posible terraza de inundación de una gran avenida de tiempo reciente.

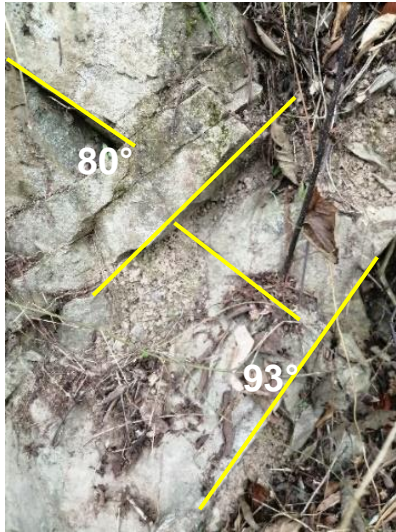


Figura 52. Planos de fractura en andesita. Foto por: (Nicole Leong).

Río Guarumo

La manera para efectuar el reconocimiento geológico en la zona suroccidental de la cuenca, tiene una única fórmula que es realizar una caminata por sobre el río Guarumo. Es así como se decide caminar por el sendero rumbo a la comunidad de Burí (ahora Barrio Nuevo), observando los depósitos imbricados del acantilado del río.

El primer depósito observado fue en la confluencia de los ríos Guarumo y Güarumito; se trata de depósitos sedimentarios de granulometría variada, de esta manera se puede hacer una descripción lito – estratigráfica de la siguiente manera de lo más profundo a la superficie de la terraza: **1)** clastos grandes de tamaño que se aproximan al metro de diámetro; **2)** un segundo estrato con rodados de tamaño variados con algunos bloques muy grandes; **3)** un tercer estrato con clastos de tamaño variable y pocas decenas de cm; **4)** un suelo residual se observa arcilloso; **5)** sobreyaciendo al suelo residual, se observó un suelo arcilloso con partículas de arena; **6)** en la parte superior se observa un suelo arcilloso con presencia de material orgánico e

intervención antropogénica (**ver figura 53**). Este orden de **deposición** sería una **estratificación gradada normal**.

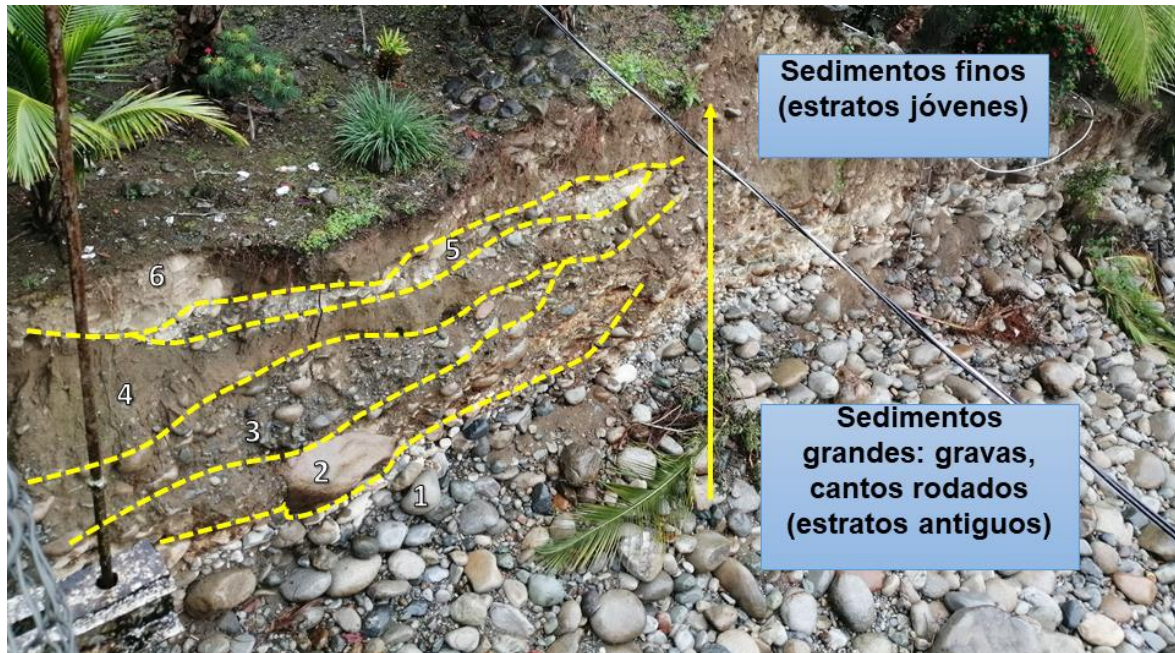


Figura 53. Estratificación gradada normal en la terraza del río Guarumo. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En la margen oeste del río Guarumo, nace de la confluencia con el río Guarumito se observó que la maya del dique estaba rota (**ver figura 54**), lo más probable que esta situación haya ocurrido por las crecidas constantes, producto de los aportes de los diferentes cauces agua arriba.



Figura 54. Deposición de sedimentos (coluviales y aluviales) del río Guarumo. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Terraza del río Guarumo

La siguiente descripción fue en la terraza del Río Guarumo con coordenadas en **0369437 E, 0984697 N UTM- Z17**, a unos 48 msnm, aquí se observaron pequeñas capas de deposiciones de sedimentos (coluviales y aluviales), producto de múltiples inundaciones; estos van desde cantos rodados de tamaño medio (menores a 10 cm), también había otra acumulación de sedimentos, con clastos de tamaños más pequeños. En esta terraza, se observan diferentes horizontes de suelo de tipo arenoso y arcilloso, que se han depositado por las diferentes crecidas, y presencia material orgánico como troncos (**ver figura 55**). También la estratificación en esta zona es un indicador de cómo ha ido variando el curso del río, y qué tan turbulento ha sido el flujo del río en el tiempo.

En esta zona también se observa la confluencia del río Guabo y Pejebobo (**ver anexo 8**). En esta confluencia, es visible en las fotografías aéreas, la formación del pequeño segundo abanico aluvial (conformado de sedimentos coluviales y aluviales) (**ver anexo 9**), el cual forma parte del abanico aluvial principal, que fue posterior a este.

Como parte de la metodología empleada, para comprender la formación dominante en la zona de cordillera, se realiza un inventario de rocas. Por medio de este inventario, se pudo determinar que las rocas dominantes, depositadas en el valle y confluencia de los ríos, el 65 % es de tonalidad clara, aproximadamente, correspondiendo a rocas intrusivas o subintrusivas (dioritas, andesitas porfídicas, granodioritas, entre otras rocas mayormente granulares), un 25% son rocas oscuras (basaltos, andesitas, otras rocas volcánicas); 10% de rocas variadas, presentaban amígdalas, inclusiones, vetillas de cuarzos y también presencia de rocas con minerales verdes (clorita y epidota). Estas rocas con minerales verdosos, es un indicador de alteración hidrotermal propilítica.



Figura 55. Diferentes terrazas en el río Guarumo y deposición de sedimentos polimícticos. Foto por: (Nicole Leong).

Comunidad de Oriente

Se utilizó la comunidad de Oriente de referencia, para avanzar en el recorrido en **0366681 E, 0983011 N UTM- Z17**, a 109 msnm. Se continuó explorando la parte media de la cuenca, el río Guabo, en las coordenadas **0366772 E, 0982865 N UTM, Z-17**, y a medida que íbamos avanzando en todo este sector del río, se observaron depósitos

de rocas de tamaño grande y medio, predominando las rocas granulares de tonalidad intermedia (gris) con minerales máficos (granos oscuros) y también de tonalidad oscura (lavas). En el río, se observaban grandes bloques subredondeados por transporte (**ver figura 56 A**), lo que significa que el río tiene la fuerza suficiente para arrastrar rocas de gran tamaño.



Figura 56. Gran bloque observado en la parte media del río. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Las Lajas, río Guabo

En las coordenadas **0365744 E, 0982688 N UTM Z-17**, a 127msnm, el lugar es parte del río Guabo, pero lo conocen como Las Lajas. Se encontró un pequeño afloramiento de basaltos columnares altamente meteorizado, (**ver figura 57**). Estos patrones de pequeñas estructuras columnares se repitieron en algunos sitios a lo largo de estas exploraciones.



Figura 57. Basalto columnar altamente meteorizado. Foto por: (Nicole Leong).

Dique en el río Guabo

Se continuó explorando el tramo del río Guabo, en Las Lajas, y en **0365740 E, 0982558 N UTM Z-17**, a 121 msnm, se observaron rocas masivas, que cruza el río generando una especie de rápido. Se determinó, en campo, que este depósito correspondía a un afloramiento de roca volcánica, fracturados, de composición intermedia, afanítica y en contacto con un dique de roca subintrusiva, con rumbo SE 30° con buzamiento y azimut de 240°.

A este punto la coloración de las rocas variaba un poco, se observa un mayor porcentaje de rocas oscuras mezcladas con rocas de color intermedio, las cuales su presencia sigue predominando. (un 45% de rocas negras (basaltos andesitas)-55% de rocas color intermedio (dioritas, granodioritas, rocas granulares)). En la margen oeste se observó un depósito de roca volcánica depositada en estrato con **azimuth 120 SO** y **buzamiento 35° NE**. Se tomaron 2 muestras de roca **AACHGR-M6** y **AACHGR-M7**.

Se tomaron otras fracturas en el sitio: F1: buzamiento de 20° y azimut de 350°, F2: buzamiento de 18° y azimut de 328°, F3: buzamiento de 30° y azimut de 240° (mencionada anteriormente, tomada en el disco subintrusivo).

Análisis Macroscópico de M-6 y M-7

La muestra **AACHGR-M6 (ver figura 59 A)** presenta una coloración oscura (gris oscuro), pequeños cristales blancos (plagioclasa) (se llegó a esta conclusión a través de la descripción microscópica), se observan pequeños cristales de pirita diseminada. No se observa magnetita, ni minerales máficos en la muestra. La muestra reaccionó con HCl.

La muestra **AACHGR-M7 (ver figura 59 B)**, es el dique que se instruyó entre rocas volcánicas (**ver dique en figura 58 A y B**). Presenta amígdalas de cuarzo, con bordes de coloración verdosa, que indican alteración hidrotermal (clorita y epidota, se llegó a la conclusión a través de la descripción microscópica), y calcita (ya que reaccionó con HCl), en una matriz de color intermedio (gris oscuro), es densa. A simple vista no se observan minerales máficos, ni magnetita o sulfuros.

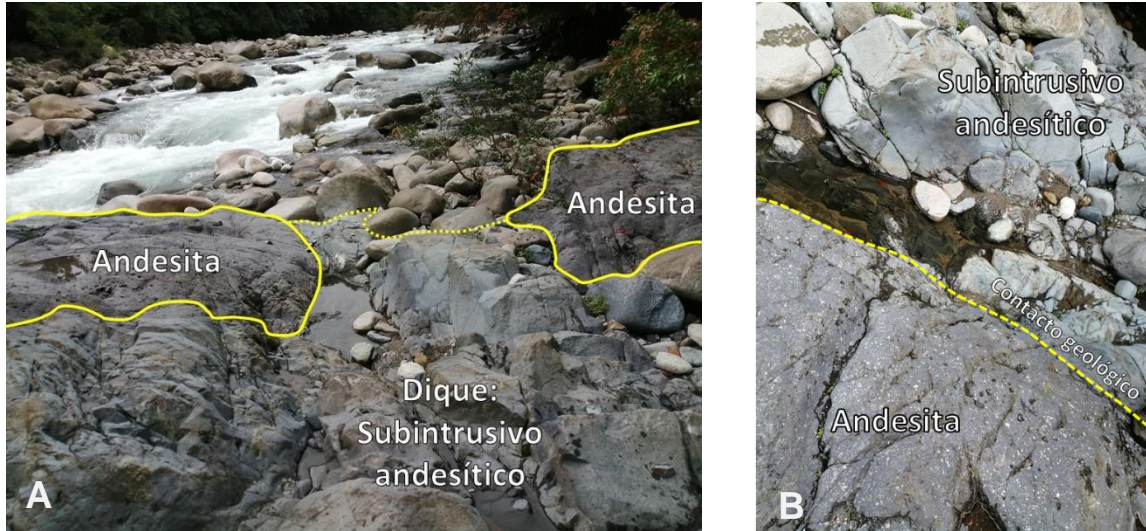


Figura 58. Imagen representativa del dique subintrusivo andesítico que se instruyó en medio de rocas andesíticas, se observa claramente el contacto entre ambas rocas de diferente origen. Foto por: (Nicole Leong).

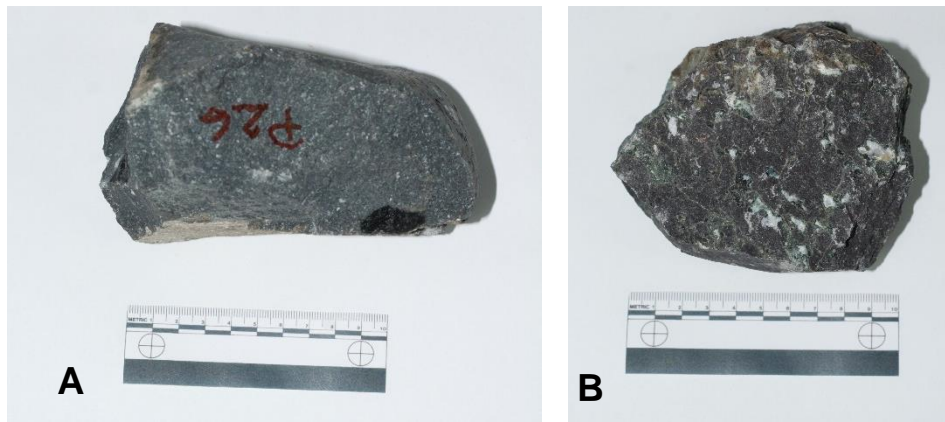


Figura 59. (A) Muestra de mano **AACHGR-M-6** (roca volcánica, andesita) y (B) muestra de mano **AACHGR-M7** (dique). Foto por: (Nicole Leong).

Petrografía de M-6 y M-7

La muestra **AACHGR-M6**, de acuerdo al análisis petrográfico (ver figura 60) presenta fenocristales de plagioclasa andesina; algunos fenocristales se encuentran reemplazados totalmente por calcita microcristalina. No presenta cristales máficos,

quizá se hayan cristalizado en calcita. Presencia de vidrio volcánico y magnetita diseminada (opacos). Se describió como **una andesita porfídica**.

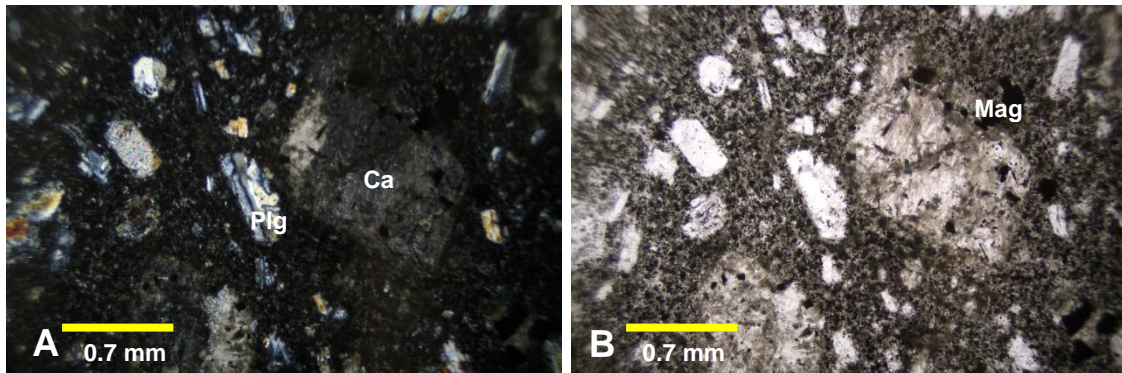


Figura 60. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M6:** Nicoles cruzados (A): Se observan los fenocristales de plagioclasa (Plg), y algunos cristales de calcita (Ca) (que anteriormente eran plagioclasas). Nicoles paralelos (B): Se observan minerales opacos (magnetita Mag). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

La muestra **AACHGR-M7** de acuerdo al análisis petrográfico (**ver figura 61**) se encuentra muy mineralizada; se observan fenocristales de plagioclasa, alterados por calcita; la matriz está compuesta por laminillas de plagioclasa, presenta magnetita, epidota, amígdalas de cuarzo con calcedonia, y alteraciones de clorita. Se describió como un **subintrusivo andesítico, con fuerte alteración hidrotermal**.

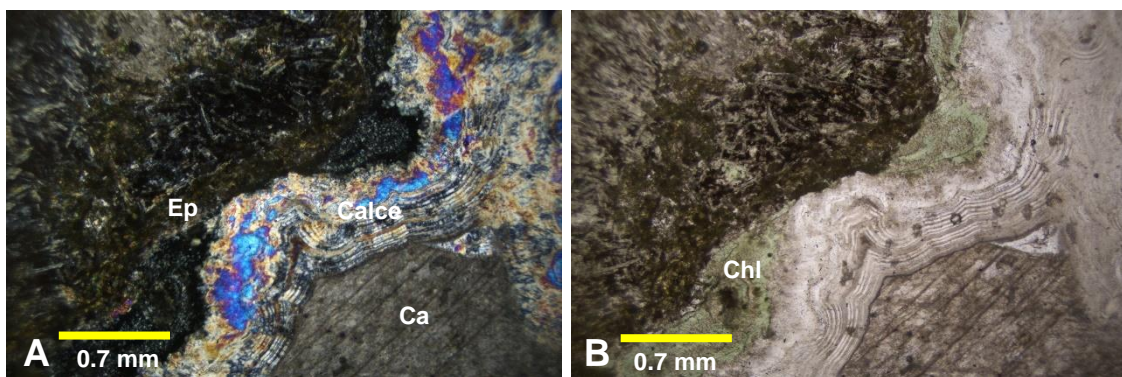


Figura 61. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M7:** Nicoles cruzados (A) se observa un fenocristal de calcita (ca), bordeado con calcedonia (calce), presencia de epidota (Ep). Nicoles paralelos (B): Se observa la coloración de la clorita (Chl) sobre la calcedonia. **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

Región La Gloria a Nueva Estrella

En otro punto, dentro del territorio comarcal llamado Nueva Estrella, en las coordenadas **0368577 E, 0988722 N UTM- Z17**, a 27 msnm, se encontró un pequeño afluyente, donde la tonalidad de las rocas varía a diferencia de todo lo anterior observado. Aquí predominan las rocas de tonalidad oscuras e intermedias, basaltos, basaltos-andesíticos y basaltos porfídicos, aunque se continúan observando rocas granulares intermedias, pero lo que predominan son las rocas volcánicas, por lo que, se puede concluir que en este punto existió transporte de rocas volcánicas proveniente de alguna de las montañas de los alrededores. Aquí las rocas son redondeadas y subredondeadas debido al transporte, pero, en los alrededores de este afluyente, hay presencia antropogénica. No se tomó muestra, porque no había un afloramiento representativo, debido a que las rocas estaban altamente meteorizadas.

En la jornada de Geofísica exploratoria se tuvo la oportunidad de hacer un nuevo recorrido por esta región. Se recorrió una de las quebradas hasta las coordenadas **367985 E 988519 N, UTM Z17**, donde se observó depósitos de rocas volcánicas de color gris oscuro, afaníticas, de composición basáltica a andesita basáltica.

Sendero del río La Gloria-Almirante

El Sendero del río La Gloria-Almirante, se encuentra al oeste del abanico, las rocas difieren mucho de lo observado en la parte Este del abanico, ya que hay rocas muy masivas, y volcánicas.

En el punto con las coordenadas **0364530 E, 0993340 N UTM- Z17** a 58 msnm, Iniciando el sendero del río La Gloria, se encuentran afloramientos y bloques de origen volcánico, las cuales predominan en el sitio, pero también hay afloramientos y rodados de rocas granulares intermedias, por lo que en la parte alta de la cuenca del río la Gloria pueden existir afloramientos de rocas intrusivas.

Adentrándonos en el sendero las rocas miden aproximadamente entre 3 m a 5 m (y más) de diámetro preferencial. Estos bloques pudieron haber llegado al río por desprendimiento de rocas en puntos más altos o por arrastre del río (**ver figura 62**).

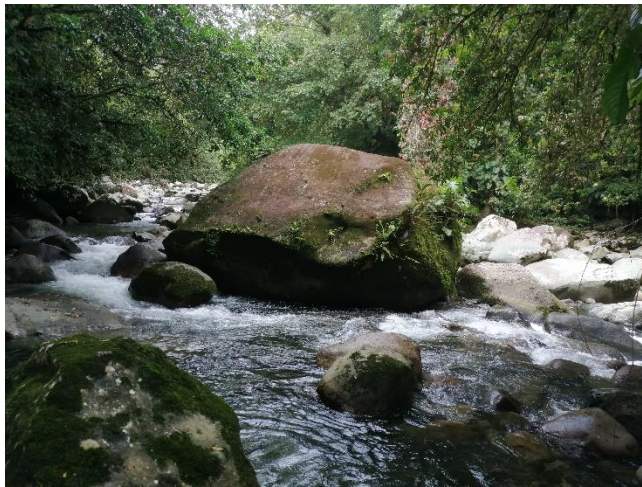


Figura 62. Bloques masivos encontrados en el río La Gloria. Foto por: *(Nicole Leong)*.

En las coordenadas **0364393 E, 0993077 N UTM- Z17** se observó un bloque masivo, a la cual se tomó una muestra, pero se descartó por el alto nivel de meteorización, era

muy grande, por lo que no se pudo determinar si era un afloramiento o si se encontraba sepultada, era una brecha volcánica. **(ver figura 63)**.



Figura 63. Bloque masivo de brecha volcánica en el sendero la Gloria-Almirante. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Muestreo en la zona de la Cordillera

Al igual que en la región de la Gloria, oeste del río Guarumo, se aprovechó la gira del grupo de Geofísica, para coleccionar muestras en la región de mayor elevación. Se tenían definido los puntos a observar sobre la carretera.

Entrada del Laboratorio del Smithsonian

Corresponde a un camino, que inicia en las coordenadas **036739 E, 0970532 N UTM Z17**, con dirección **NO**, sobre el filo de una cuesta. El material estaba altamente alterado tanto por la cantidad de agua como por la alta vegetación existente en la zona. Aun así, se pudo observar un depósito de rocas, con clastos angulosos envueltos en una matriz arenosa de color chocolate claro. La observación de estas rocas piroclásticas se dio en las coordenadas **0368070 E, 0973605 N UTM Z17**.

Se tomó la muestra **AACHGR-M18**.

Análisis Macroscópico de M-18

La muestra **AACHGR-M18** (ver figura 64), es una roca constituida por fragmentos de roca de diferentes tipos, descrita como una brecha volcánica. Presenta una coloración rojiza y se presenta muy frágil, debido al alto grado de meteorización.



Figura 64. **Muestra AACHGR-M18**: Se observan los diferentes clastos por los que está constituida la roca, de tamaños variables. Foto por: *(Nicole Leong)*.

Cordillera

Cabello de Ángel #1

Se encuentra localizado en la parte Sur del abanico. Se tomó la muestra **AACHGR-M12** y **AACHGR-M13**. Las coordenadas de la extracción de la muestra son las siguientes: **0369049 E, 0970530 N UTM Z17** a una elevación de 857msnm.

Análisis Macroscópico de M-12 y M-13

La muestra **AACHGR-M12** (ver figura 65 A), presenta amígdalas de zeolita (se determinó que es zeolita por la dureza y que no reacciona con HCl), en una matriz intermedia, presenta magnetita diseminada, visible con lupa. Se describió como **una andesita con amígdalas**. La muestra **AACHGR-M13** (ver figura 65 B), muestra una matriz afanítica, es densa, fue descrita como **basalto afanítico**.

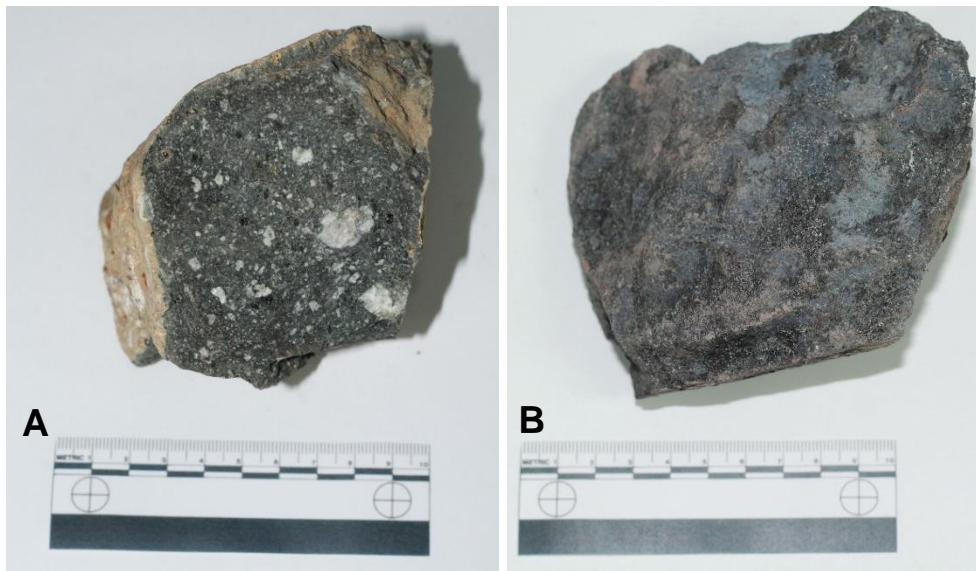


Figura 65. Figura (A): En la muestra **AACHGR-M12** se observan las amígdalas de zeolita de aproximadamente 1.5 cm. Figura (B): Muestra **AACHGR-M13** se observa un basalto afanítico sin cristales visibles.: Foto por: (Nicole Leong).

Sobre Carretera

En este punto se tomó una muestra muy diferente a lo observado en el abanico, la **AACHGR-M5**, debido a su coloración rojiza, difiere de lo observado anteriormente que eran rocas más oscuras (basaltos, andesitas) y rocas más claras (dioritas, subintrusivos andesíticos). En las coordenadas **0368095 E, 0970573 N UTM Z17**.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-5

La muestra de mano **AACHGR-M5** (ver figura 66), presenta una coloración rojiza, una veta de calcita, y matriz carbonática; además, es poco densa y sin cristales visibles.



Figura 66. Muestra **AACHGR-M5**: Se observa la coloración rojiza y la veta horizontal en toda la roca. Foto por: (Nicole Leong).

De acuerdo al análisis petrográfico (ver figura 67), la matriz está compuesta de fragmentos de rocas angulosos o irregulares, estos fragmentos anteriormente eran de una andesita, presentan alteración hidrotermal de tipo albitización y no presenta cuarzo. **Se describió como una toba de lapilli porosa.**

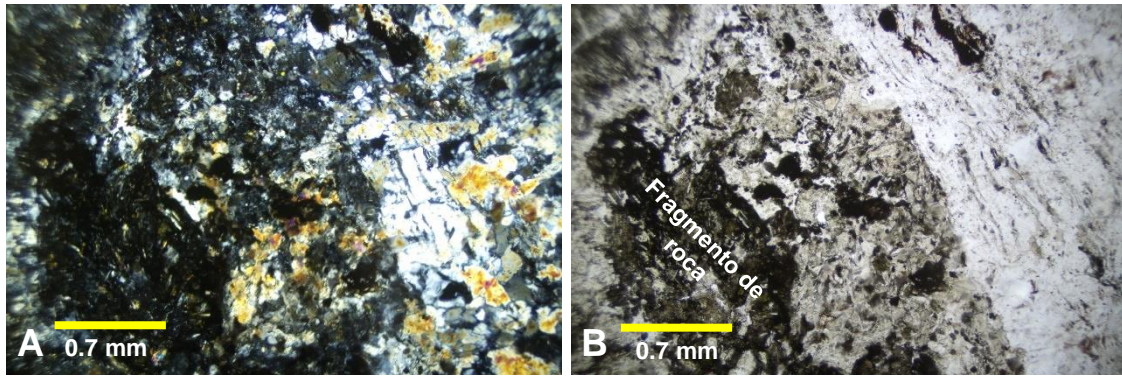


Figura 67. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M5:** Nicoles cruzados (A), Nicoles paralelos (B): En general la roca presenta una estructura desordenada por lo que no se diferencian bien los minerales, se observa claramente un fragmento de roca en la foto (B). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MCI- Departamento de Geología y Minería).

Río Guarumal

En este punto se encuentra al Sur del abanico, se tomaron dos muestras, la **AACHGR-M8** y **AACHGR-M9** en las coordenadas **0368774 E, 0972268 UTM- Z17**.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-8 y M-9

La muestra de mano **AACHGR-M8** (ver figura 68) presenta una veta que resalta en toda la muestra color verdosa de epidota (observación en el microscopio), con pequeños fragmentos de cuarzo, toda la muestra presenta vetillas rellenas de cuarzo, no se observan cristales pequeños visibles. Es bastante densa.

La muestra de mano **AACHGR-M9** presenta una tonalidad oscura, densa, con cristales de un color rojizo de olivino con hematita-magnetita de unos 4 mm aproximadamente, por observación microscópica (ver anexo 10).



Figura 68. La muestra **AACHGR-M8**, presenta una veta de epidota (lo color verde vertical) con presencia de cuarzo, y vetillas de cuarzo en toda la muestra. Foto por: (Nicole Leong).

De acuerdo con el análisis petrográfico la muestra **AACHGR-M8**, presenta cristales de plagioclasa, y laminillas de plagioclasa albita, casi todas alteradas por epidota, en la matriz de la roca. Tiene fenocristales féficos (anfíboles). Presenta una alteración hidrotermal de tipo propilítica. Se describió como **un pórfido andesítico, fuertemente propilitizado**.

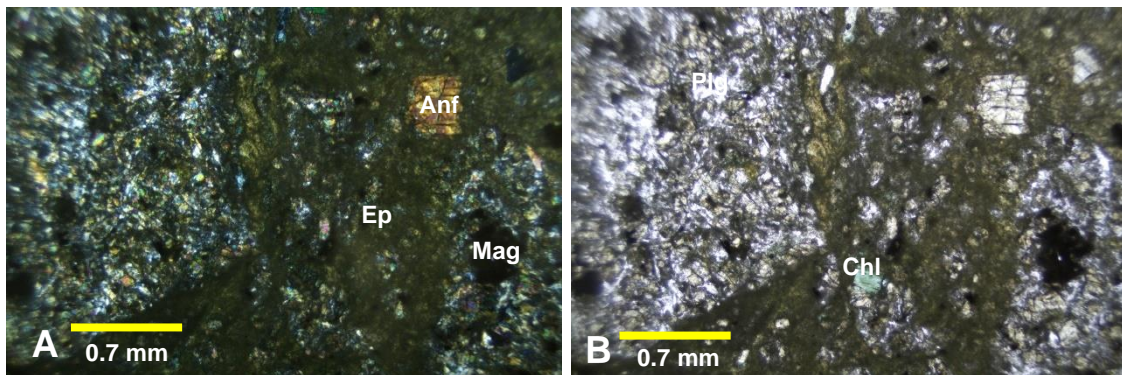


Figura 69. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M8:** Nícoles Cruzados (A): Se observan los cristales opacos de magnetita (Mag), también se puede observar la epidota en la sección (Ep) y un fenocristal de anfíbol (Anf). Nícoles Paralelos (B): se observa un cristal de clorita (Chl), y cristales de plagioclasa en la matriz. **Se tomó con un objetivo 5x**. Foto por: (MICI-Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

La muestra **AACHGR-M9 (ver figura 70)**, presenta fenocristales de olivino, casi reemplazados por hematita con clorita. También presenta fenocristales con fracturas y rellenas de hematita y bordes de hematita-magnetita. Presenta pequeños cristales de piroxenos. La roca es un **basalto con olivino**.

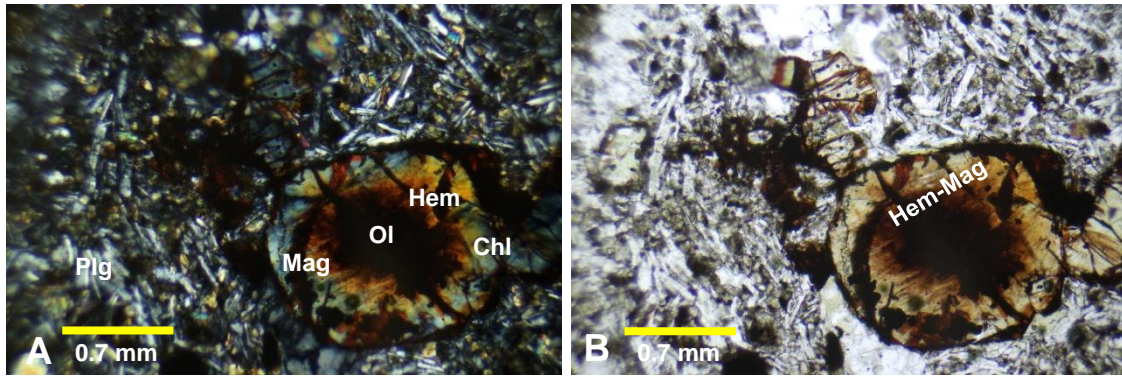


Figura 70. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M9:** Nícoles cruzados (A): Se observa un fenocristal de olivino fracturado, con clorita (Chl), fracturas rellenas de hematita (rojo Hem), y magnetita (Mag). También se observan las laminillas de plagioclasa (Plg). Nícoles paralelos (B): Se observan los fenocristales de olivino cloritizados y la combinación hematita-magnetita (Hem-Mag). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MCI-Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

Cabello de Ángel #2

Se encuentra localizado en la parte Sur del abanico. Se tomaron 2 muestras la **AACHGR-M10** y **AACHGR-M11**. La extracción de las muestras se dio en las coordenadas **0369283 E, 0970546 N UTM Z17** a una elevación de 832 msnm.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-10 y M-11

En la muestra **AACHGR-M10** (ver figura 71 A) se observan amígdalas de cuarzo, clorita y epidota, por la observación en el microscopio, en una matriz color intermedio.

La muestra **AACHGR-M11** (ver figura 71 B) presenta pequeños fragmentos de roca desde 0.5 cm - 1 cm de diámetro. Presenta pequeñas amígdalas de epidota y cuarzo.

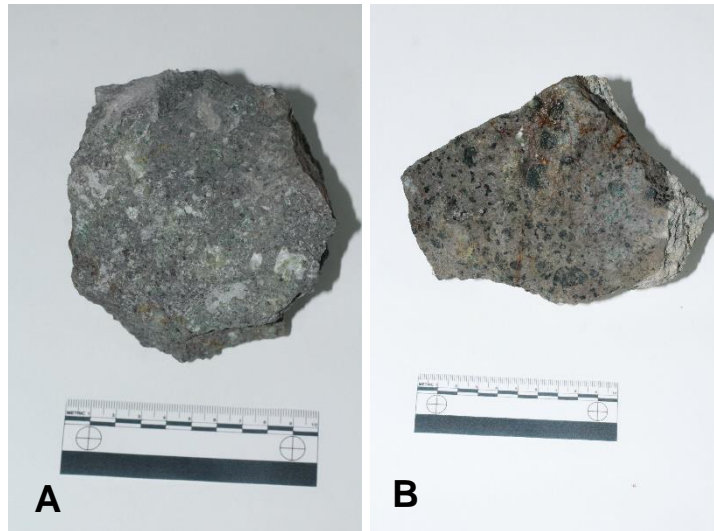


Figura 71. En la figura (A) se observa la muestra **AACHGR-M10**, se observan las amígdalas de cuarzo, clorita y epidota. En la figura (B) está la muestra **AACHGR-M11** y se observan los fragmentos de roca en toda la muestra. Foto por: *(Nicole Leong)*.

De acuerdo con el análisis petrográfico la muestra **AACHGR-M10** (ver figura 72) presenta una estructura desordenada, con pequeños fragmentos de rocas visibles en la matriz; presenta una alteración de tipo propilitización, donde la epidota está asociada con el cuarzo; matriz cuarzosa; también presenta calcita, clorita y magnetita. Se describió la roca como una **toba de lapilli fuertemente propilitizada**.

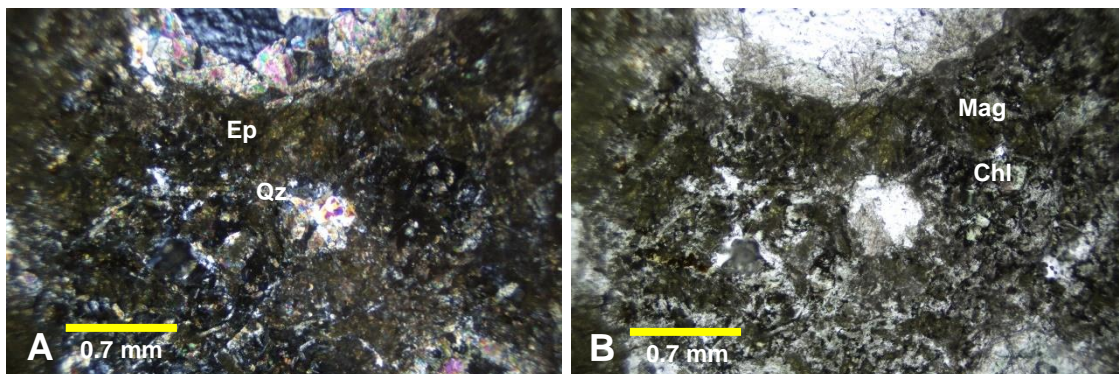


Figura 72. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M10:** Nicoles cruzados (A): Se observa una pequeña amígdala de cuarzo (Qz) y epidota (Ep). Nicoles paralelos (B): Se observan minerales opacos (Mag), presencia de clorita (Chl). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: *(MICI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras)*.

El análisis petrográfico de la muestra **AACHGR-M11** (ver figura 73), indica que la muestra presenta amígdalas de cuarzo y epidota, también presenta epidota y calcita. Inicialmente podría considerarse una toba de lapilli, pero puede llamarse “propilita” al estar fuertemente propilitizada.

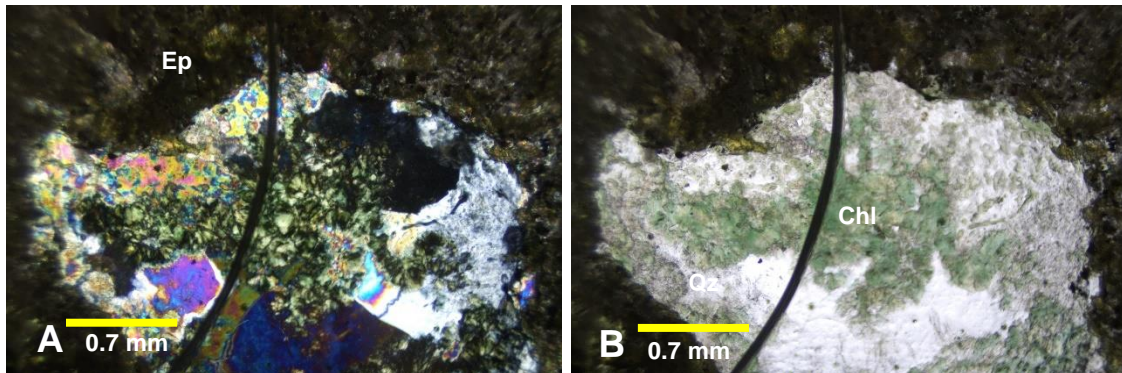


Figura 73. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M11:** Nicole cruzados (A): Se observa un fragmento de roca, asociado con cuarzo (Qz) y clorita (Chl), la parte superior que bordea el fragmento de roca es la epidota (Ep). Nicles paralelos (B): se observa mejor el color de la clorita (Chl) La línea negra que se observa en la mitad de la foto, es una burbuja debido al bálsamo que se le coloca a la sección delgada. **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

Muestras tomadas cerca del río La Gloria

Se tomó una muestra **AACHGR-M23** y se le hizo análisis petrográfico.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-23

En la muestra de mano de la muestra **AACHGR-M23** se observan abundantes cristales de color oscuros (magnetita diseminada y minerales félicos), también presenta abundante pirita en una matriz intermedia. (Ver figura 74).

De acuerdo al análisis petrográfico (ver figura 75), esta muestra es granular, con cristales de plagioclasa andesina, presenta biotita pleocroica, también fenocristales de

biotita. Los anfíboles están alterados en epidota, la biotita no. Presenta poco feldespato potásico. Se determinó que es una **diorita con alteración de epidota**.



Figura 74. Muestra **AACHGR-M23**, presenta grandes cristales félicos, abundante pirita y magnetita diseminada. Foto por: (Nicole Leong).

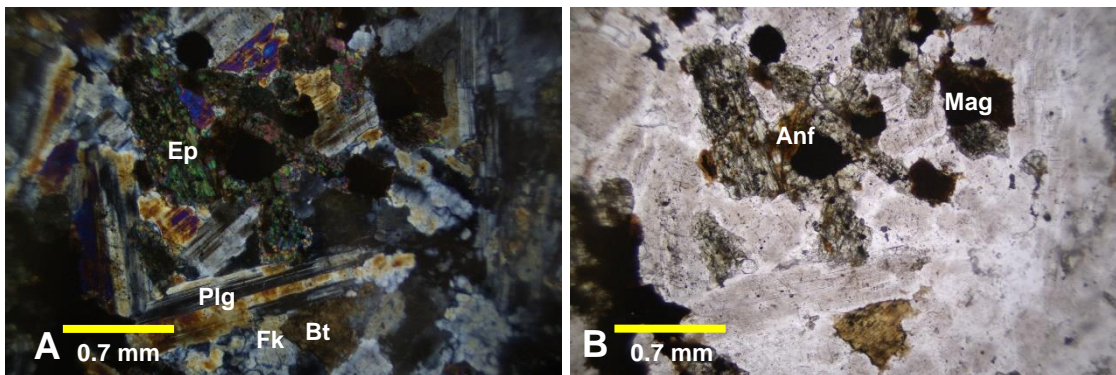


Figura 75. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M23:** Nicales cruzados (A): Se observan los fenocristales de plagioclasa (Plg), la epidota (Ep), el feldespato potásico (Fk) y biotita (Bt) Nicales paralelos: Se observa poco, el anfíbol alterado por epidota (Anf), los opacos que son magnetita y pirita (Mag). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MICI-Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

Se tomaron dos muestras la **AACHGR-M24** y **AACHGR-M24.2** en las coordenadas **0364354 E, 0993168 N UTM Z17**, sin embargo, se le realizó análisis petrográfico solo a la **AACHGR-M24**, debido al presupuesto limitado.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-24 y M-24.2

La muestra **AACHGR-M24** (ver figura 76 A), tiene grandes cristales máficos visibles, también tiene abundante magnetita diseminada, en una matriz intermedia, granular. Se observan también los cristales de plagioclasa (gris).

La muestra **AACHGR-M24.2** (ver figura 76 B), también presenta abundante magnetita diseminada, pero en cristales más pequeños. (no se le realizó el análisis microscópico por falta de presupuesto)

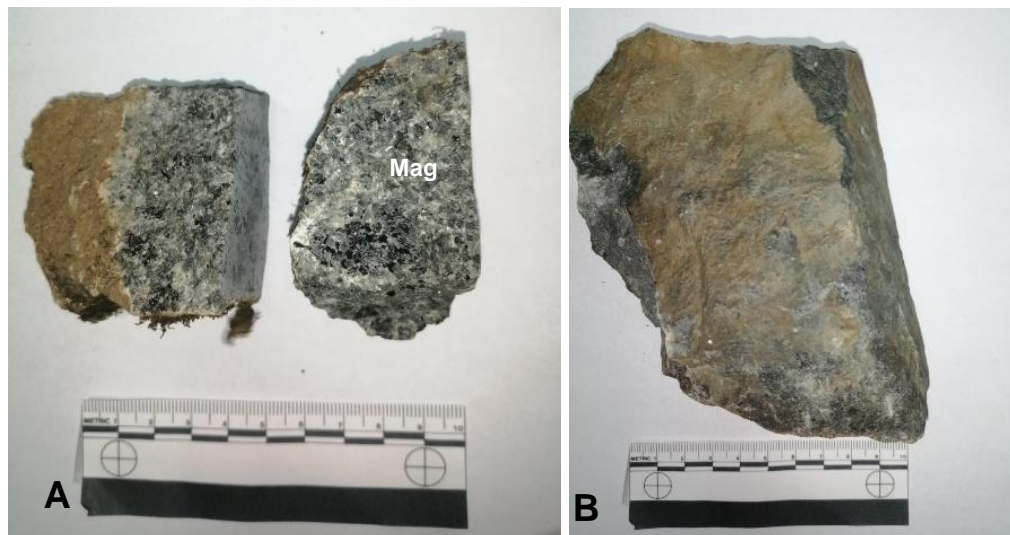


Figura 76. Figura (A): la muestra **AACHGR-M24** presenta abundante magnetita como mineral primario. Figura (B): Muestra **AACHGR-M24.2** se observa también la abundante magnetita, pero en cristales más pequeños. Foto por: (Nicole Leong).

De acuerdo con el análisis petrográfico de la muestra **AACHGR-24** (ver figura 77), esta muestra presenta plagioclasa andesina, abundantes fenocristales de biotita sin

alterar, pero los anfíboles están alterados en clorita y epidota. Tiene abundante magnetita como mineral primario. Se describió como una **diorita con alto % de magnetita**.

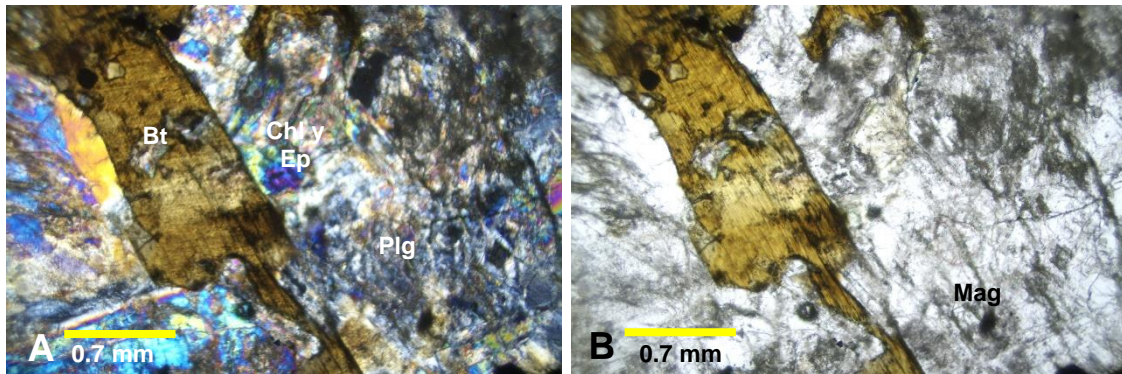


Figura 77. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M24:** Nícoles paralelos (A): Se observa un fenocristal de biotita (Bt), rodeado por plagioclasa (Plg), y un poco de clorita y epidota (Chl y Ep). Nícoles Paralelos: Se observan un poco los minerales opacos (magnetita Mg). **Se tomó con un objetivo 5x.** Foto por: (MCI- Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

Comunidad la estrella

Se tomó la muestra **AACHGR-M25**, en la comunidad la estrella, en las coordenadas **0368388 E, 0988705 N UTM Z-17**, clasificada previamente como un flujo de lava andesítico.

Análisis Macroscópico y Petrografía de M-25

La muestra **AACHGR-M25**, presenta abundante magnetita, como las muestras anteriores. No presenta grandes cristales visibles. Es densa, de color intermedio (gris). **(Ver figura 78).**

De acuerdo al análisis petrográfico **(ver figura 79)**, la muestra presenta laminillas de plagioclasa andesina y vidrio volcánico intersticial. No presenta minerales máficos,

pero sí abundante magnetita. Presenta pocas alteraciones calcíticas, y poca epidota. Se describió como una **andesita porfídica con alto porcentaje de magnetita**.



Figura 78. Muestra de mano **AACHGR-M25**, se observa una matriz porfídica, con pequeños cristales de plagioclasa. Foto por: (Nicole Leong).

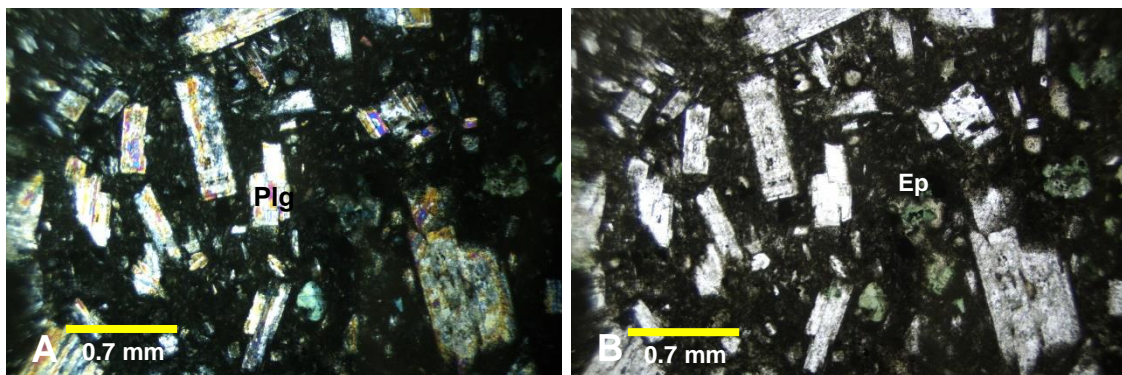


Figura 79. **Análisis petrográfico en muestra AACHGR-M25**: Nícoles cruzados (A): Se observan fenocristales de plagioclasa (Plg). La matriz de la roca está opaca por lo que abunda la magnetita y el vidrio volcánico. Nícoles paralelos (B): Se observa poco la alteración de epidota (Ep). **Se tomó con un objetivo 5x**. Foto por: (MCI-Departamento de investigaciones Geológicas y Mineras).

Hay patrón que se repite en las diferentes características geológicas del sitio, que es alteración hidrotermal propilítica.

Alteraciones hidrotermales

Inicialmente, Las alteraciones hidrotermales típicamente representan cambios en la mineralogía por interacción con las rocas de la pared de fluidos hidrotermales relacionados con el proceso de mineralización, aunque algunos también están relacionados con los minerales de ganga depositados junto con la mineralización como un conjunto de alteración hidrotermal. (Maldonado, s.f.)

Hay factores que controlan la alteración como (Maldonado, s.f.):

- Temperatura
- Presión
- Naturaleza de la composición de roca anfitriona o roca de caja
- Composición de los fluidos
- Concentración, actividad y potencial químico de los componentes del fluido hidrotermal como H^+ , CO_2 , O_2 , K^+ y SO_2

La temperatura puede ser estimada por minerales indicadores de temperatura, como:

- Biotita Temperatura alta, > 400 °C
- Clorita Temperatura Intermedia, 200-400 °C

Intensidad de la alteración hidrotermal: se refiere a cuánto ha sido afectada una roca por la alteración. (Maldonado, s.f.)

La intensidad de alteración débil o baja significaría que solo algunos de los minerales originales han sido reemplazados con poca o ninguna modificación de las texturas originales. (Maldonado, s.f.)

La alteración generalizada se caracteriza por el reemplazo de la mayoría o la totalidad de los minerales formadores de rocas originales. Esto da como resultado la obliteración parcial o total de las texturas originales. (Maldonado, s.f.)

La alteración hidrotermal que predomina en algunas rocas en Chiriquí Grande es la alteración propilítica, siendo la parte más superficial de un intrusivo (**ver figura 80**). En esta alteración domina la asociación clorita-epidota donde se presentan minerales como la albita, calcita, pirita, y accesorios de cuarzo, magnetita e illita. **La alteración propilítica**, se presenta como halo gradacional y distal cercana a una alteración potásica, con minerales graduados desde actinolita y biotita en la zona de contacto a actinolita, y epidota en la zona propilítica tomado de (Barton, P.B. y Skinner, B.J., 1979) (Ospino, s.f.). A medida que se llega más al punto de la alteración se observan asociaciones donde predominan la Epidota, Clorita, Albita y carbonatos gradando a zonas con más abundancia en clorita y zeolitas hidratadas y cristalizadas en bajas temperaturas. Estas características son el resultado de una gradiente termal que disminuye desde el núcleo termal (alteración potásica) hacia afuera. Para que esta alteración ocurra deben predominar condiciones de pH neutro a alcalino a temperaturas bajas (200°- 250°C) (Ospino, s.f.).

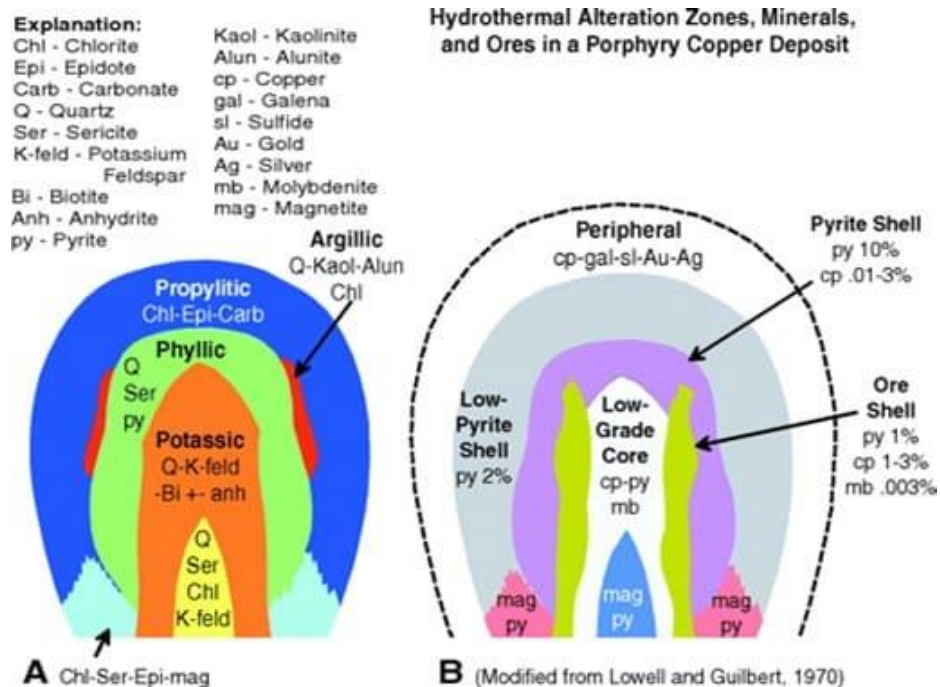


Figura 80. Zonas de alteración hidrotermal por Lowell and Guilbert (1970), donde en el diagrama A, se observa lo azul (alteración propilítica), lo amarillo (alteración filica), lo naranja (alteración potásica). Fuente: (Ospino, s.f.).

También está la **alteración propilítica interna** que, se forma en un rango de temperatura entre (250-350 °C) y un (pH > 7) y se caracteriza por la presencia de actinolita, epidota, adularia (como la forma de temperatura más baja de feldespato K), albita, clorita, carbonato e introducción local de magnetita. Se puede formar albita en lugar de feldespato K en rocas ricas en Na que se extienden lejos de la fuente intrusión, típicamente como parte del conjunto de alteración propilítica, ya que se forma a una temperatura más baja que la ortoclasa. (Maldonado, s.f.). Y la alteración propilítica externa que, ocurre en un rango de temperatura > 250 °C y un pH > 6. Se caracteriza por la presencia de clorita, carbonato, hematita y pirita local con zeolitas comunes e incluye adularia-albita a temperaturas más altas y también illita-esmectita en condiciones de pH ligeramente más bajas. Mientras que la calcita representa el carbonato más común, otros minerales de fluidos más ácidos incluyen rodocrosita y

dolomita. La magnetita está presente localmente a temperaturas más altas.
(Maldonado, s.f.)

A partir de las definiciones mencionadas anteriormente, se puede hacer una relación con las rocas encontradas en nuestra zona de estudio. **(para ver las características generales de las rocas ver en Tabla 5. en Anexos)**

La muestra **AACHGR-M3** se encuentra levemente alterada en clorita, donde la clorita altera a las plagioclasas (debido a que la plagioclasa es un mineral que puede ser alterado fácilmente).

La muestra **AACHGR-M5** presenta calcita y un tipo de albitización (minerales alterados en albita).

La muestra **AACHGR-M6** presenta calcita microcristalina (donde la plagioclasa fue reemplazada por calcita).

En la muestra **AACHGR-M7** la plagioclasa está alterada por calcita, asimismo, presenta alteración clorítica y por epidota.

La muestra **AACHGR-M8** presenta plagioclasa albita, la cual está alterada en epidota, dónde la epidota está reemplazando a la plagioclasa.

En la muestra **AACHGR-M9** los olivinos se alteraron en hematita-magnetita y en hematita con clorita. El olivino es un mineral que tiende a fracturarse, y en este caso estas fracturas se rellenaron de otros minerales.

En las muestras **AACHGR-M10 y AACHGR-M11** la clorita y la epidota reemplazan casi totalmente otros minerales que ya no se pueden identificar, por lo que ambas se

encuentran fuertemente alteradas (propilitizadas), también presentan alto % de cuarzo en amígdalas, a diferencia de todas las muestras encontradas en Chiriquí grande.

La muestra **AACHGR-M23** presenta anfíboles alterados en epidota.

La muestra **AACHGR-M24** presenta anfíboles alterados en epidota y magnetita primaria, así como la muestra **AACHGR-M25** también presenta magnetita primari

Conclusiones

El abanico aluvial de Chiriquí Grande se encuentra enmarcado, geológicamente, por distintivos intrusivos dioríticos, localizados al NE del área de estudio próximo a la costa; al NO, se observaron rocas mayormente compuestas por volcánicas extrusivas (brechas, basaltos, andesitas) con poca presencia de intrusivos dioríticos; y por último, en la zona de montaña, sur del área de estudio, se observan rocas correspondientes al grupo Cañazas, Formación Virigua donde se observaron tobas de lapilli, brecha fuertemente alteradas con clorita y epidota.

Las rocas intrusivas localizadas al noreste del área de estudio corresponden a dioritas, debido a la escasa presencia de cuarzo en la matriz (menor al 5%), confirmada por el análisis microscópico.

La alteración hidrotermal propilítica, es una característica que predomina en las rocas hacia el sur del abanico, dicha alteración consiste en la presencia de clorita y epidota, donde las rocas presentan una tonalidad verdosa.

La presencia de olivino en la muestra AACHGR-M9, es algo inusual en la zona, ya que, solo se observó en esa única muestra, siendo un mineral que cristaliza a temperaturas mayores a 650°.

Durante la campaña de campo se tomaron 26 muestras, donde se analizaron 25 muestras macroscópicamente y 14 fueron analizadas microscópicamente (se descartó una debido a la falta de información de localización).

En este estudio se delimitó otro abanico de menor tamaño en la confluencia del río Guabo y Pejebobo, a través de fotos aéreas y control de campo.

Diferentes factores influyeron en la formación del abanico aluvial costero de Chiriquí Grande; el factor principal fue la topografía de la zona, debido a sus pendientes y el clima, ya que es un lugar con alta precipitación.

Se describieron 7 sub-unidades geológicas pertenecientes a la formación Virigua (sub-unidad La Gloria, sub-unidad La Estrella, sub-unidad Mosquito, sub-unidad Ballena, sub-unidad Kusapín, sub-unidad Velo de Angel, sub-unidad Kankintú), y también un dique en Las Laja

Recomendaciones

Se recomienda continuar con un estudio de la geología estructural, en la cuenca alta de los ríos Guabo, Guarumo y Pejebobo, de esta manera se tendrá conocimiento de los esfuerzos tectónicos en la zona, que pueden provocar inestabilidades.

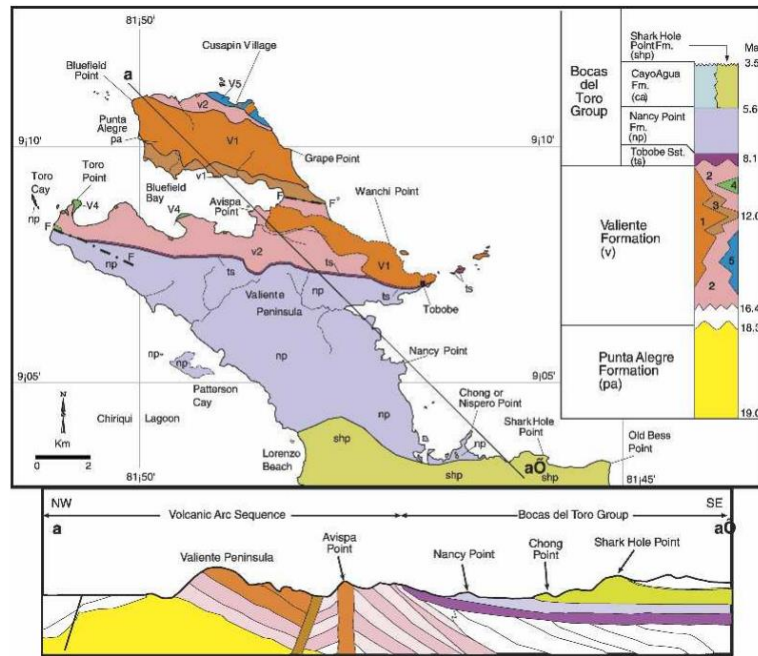
Bibliografía

- Bergoeing, D. J. (2011). Los conos de deyección del valle general Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1-13.
- Cañamero, G. C. (s.f.). *Geología desde ávila*. Obtenido de <https://geolodiaavila.com/author/gabrielastrogeo/>
- Centro de competitividad de la Región Occidental de Panamá (CECOM). (Junio, 2018). *Visión 2050, Diagnóstico Bocas del Toro*. Panamá : Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).
- Coates, A., Aubry, M.-P., Berggren, W. A., & Collins, L. S. (2003). Early Neogene history of the Central American arc from Bocas del Toro, western Panama. *Geological Society of American Bulletin*, 271-287.
- Coates, A., McNeill, D. F., Aubry, M.-P., Berggren, W., & Collins, L. S. (2005). An Introduction to the Geology of the Bocas del Toro Archipelago, Panama. *Caribbean Journal of Science*, 41.
- Cohen, A. D., Raymond, J. R., Ramírez, A., Morales, Z., & Ponce, F. (julio 1990). *Changuinola Peat of Northwest of Panama Volume II: Resource Assessment*. Panamá.
- Colombo, F. (2010). Abanicos aluviales: Secuencias y modelos de sedimentación. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. (Textos Universitarios 46 ed., págs. 131-224). Barcelona, España: Consejo de Investigaciones Científicas.

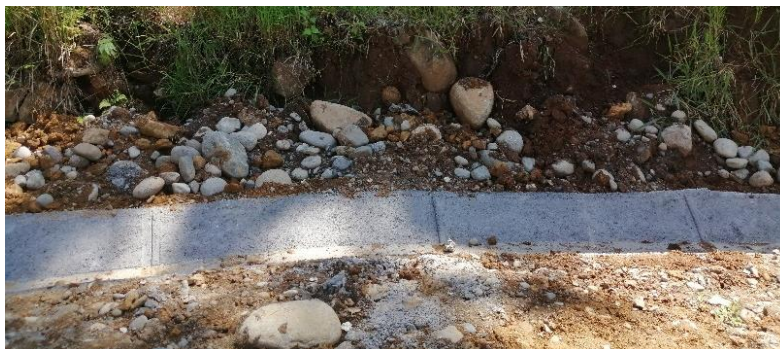
- Elorza, M. G. (2008). *Geomorfología*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Empresa de transmisión eléctrica, S.A. (s.f.). *ETESA*. Obtenido de Hidrometeorología
Etesa: <https://www.hidromet.com.pa/es/>
- Flores, D. G., Suvires, G. M., & Ocaña, R. E. (2017). Actividad geomorfológica y colonización vegetal en depósitos de abanicos aluviales del desierto del monte central de Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 293-308.
- Gómez-Villar, A. (1996). Abanicos Aluviales: Aportación teórica a sus aspectos más significativos. *Cuaternario y Geomorfología*, 10 (3-4), 77-124.
- INEC. (2014-2018). *Instalaciones de salud de la república*. Panamá.
- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia": Autoridad Nacional de Administración de Tierras. (Octubre de 1981). Fotografías aéreas de la Reserva Indígena Bocas del Toro a escala 1:30 000.
- Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. (1991). *Mapa geológico de Panamá*. Panamá: Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Recursos Minerales.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (1 de Julio de 2010-2020). Obtenido de Boletín 16. Estimación y proyección del Distrito de Chiriquí Grande por corregimiento, según sexo y edad:
[https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=556
&ID_CATEGORIA=3&ID_SUBCATEGORIA=10](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=556&ID_CATEGORIA=3&ID_SUBCATEGORIA=10)

- Klaus, J. S., McNeill, D. F., Budd, A. F., & Coates, A. (2012). Neogene reef coral assemblages of the Bocas del Toro región, Panamá: the rise of *Acropora palmata*. *Coral Reefs* 31, 191–203.
- Larsen, M. C., Wirczorek, G. F., Eaton, L. S., Morgan, B. A., & Torres-Sierra, H. (2002). Peligros Naturales en los abanicos aluviales: el desastre ocasionado por flujos detríticos e inundaciones repentinas en Venezuela. *U.S. Geological Survey*.
- Maldonado, Y. (s.f.). *Geología web*. Obtenido de geologíaweb.com
- Méndez, W., González, Z., Suárez, J., Arauno, M., Vielma, M., & Maiz, H. (abril de 2016). Geomorfología de los abanicos aluviales del piedemonte norte del macizo El Ávila, estado Vargas, Venezuela. *Revista de Investigación*, 40(87), 95-128.
- O'Dea, A., Rodríguez, F., Gracia, C. d., & Coates, A. (2007). La paleontología marina en el Istmo de Panamá. *Canto Rodado*, 149-179.
- Ospino, M. (s.f.). *Explorock Soluciones Geológicas*. Obtenido de explorock.com
- Silva, C., Cárdenas, D., Londoño, L., Turner, B. L., & Jaramillo, C. (2021). Geological Map of Fortuna Forest Reserve. *Smithsonian Institution Scholarly Press*.
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. y. (2005). *Ciencias de la tierra*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Weather Spark*. (s.f.). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/16721/Clima-promedio-en-Chiriqu%C3%AD-Grande-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Sources>

Anexos



Anexo 1. Archipiélago de Bocas del Toro, con las formaciones descritas por Coates. Fuente: (Coates et al., 2005).



Anexo 2. Depósitos de sedimentos, en talud de carretera en Ballena. Foto por: (Nicole Leong).



Anexo 3. Muestra **AACHGR-M15**, diorita encontrada en ballena. Foto por: *(Nicole Leong)*.



Anexo 4. Afloramiento de basalto con disyunción columnar, se observa meteorizado en la superficie. Foto por: *(Nicole Leong)*.



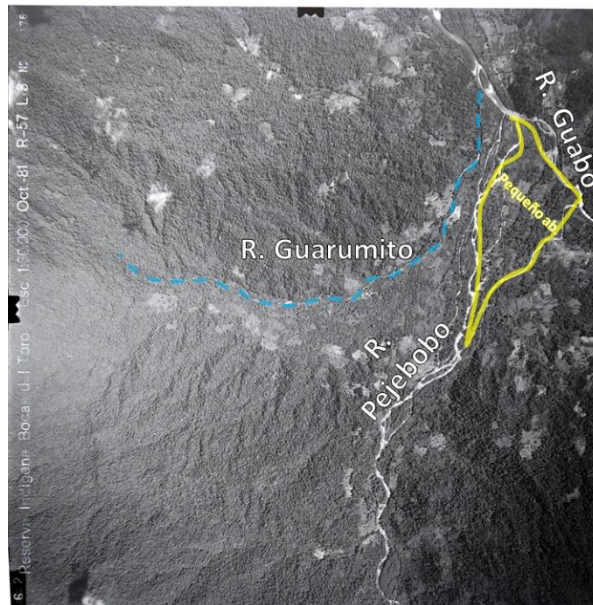
Anexo 5. Bloque diorítico, ubicado en la entrada de PTP. Foto por: *(Nicole Leong)*.



Anexo 6. Deslizamiento rotacional en la carretera de Punta Peña. Foto por: *(Nicole Leong)*.



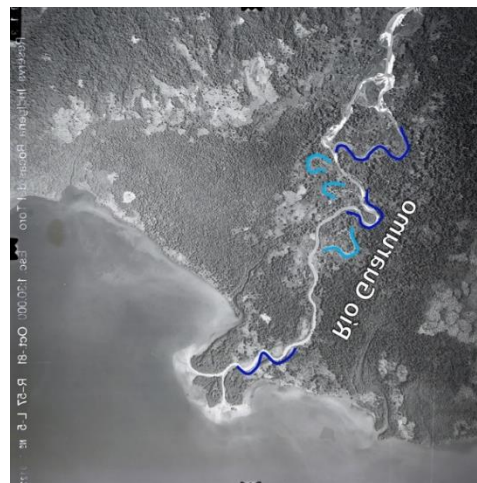
Anexo 7. Deposición de sedimentos en la confluencia del río Guabo y Pejebobo. Foto por: (Nicole Leong).



Anexo 8. Fotografía aérea del Sur de la cuenca del abanico aluvial, a una escala 1:30.000, R-57, L-3, N°76, se puede observar la confluencia del río Guabo y Pejebobo, formando un pequeño abanico aluvial (amarillo), al oeste se observa el río Guarumito, que tiene un tipo de drenaje radial-centrifugo, ya que el río se desvía hacia el Oeste. Foto por: (Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia": Autoridad Nacional de Administración de Tierras., 1981).

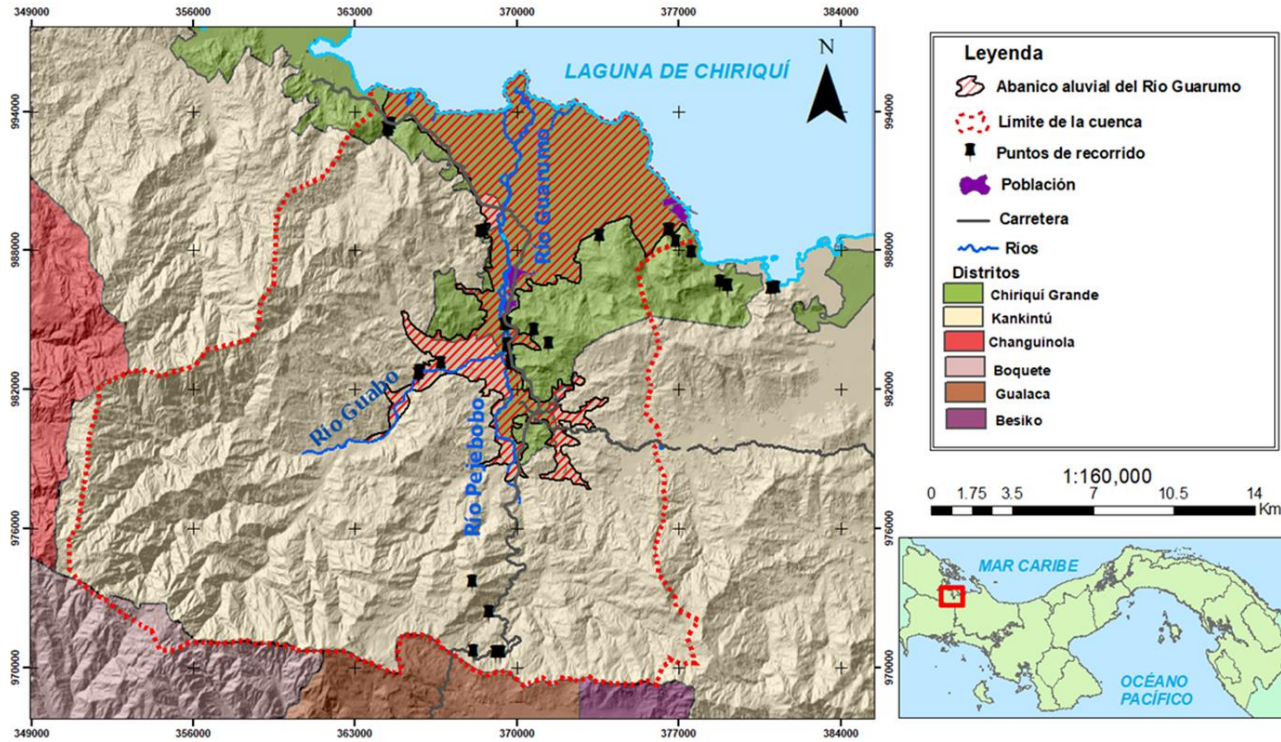


Anexo 9. Muestra AACHGR-M9, es un basalto con presencia inusual de olivinos, asociados a hematita-magnetita. Foto por: *(Nicole Leong)*.



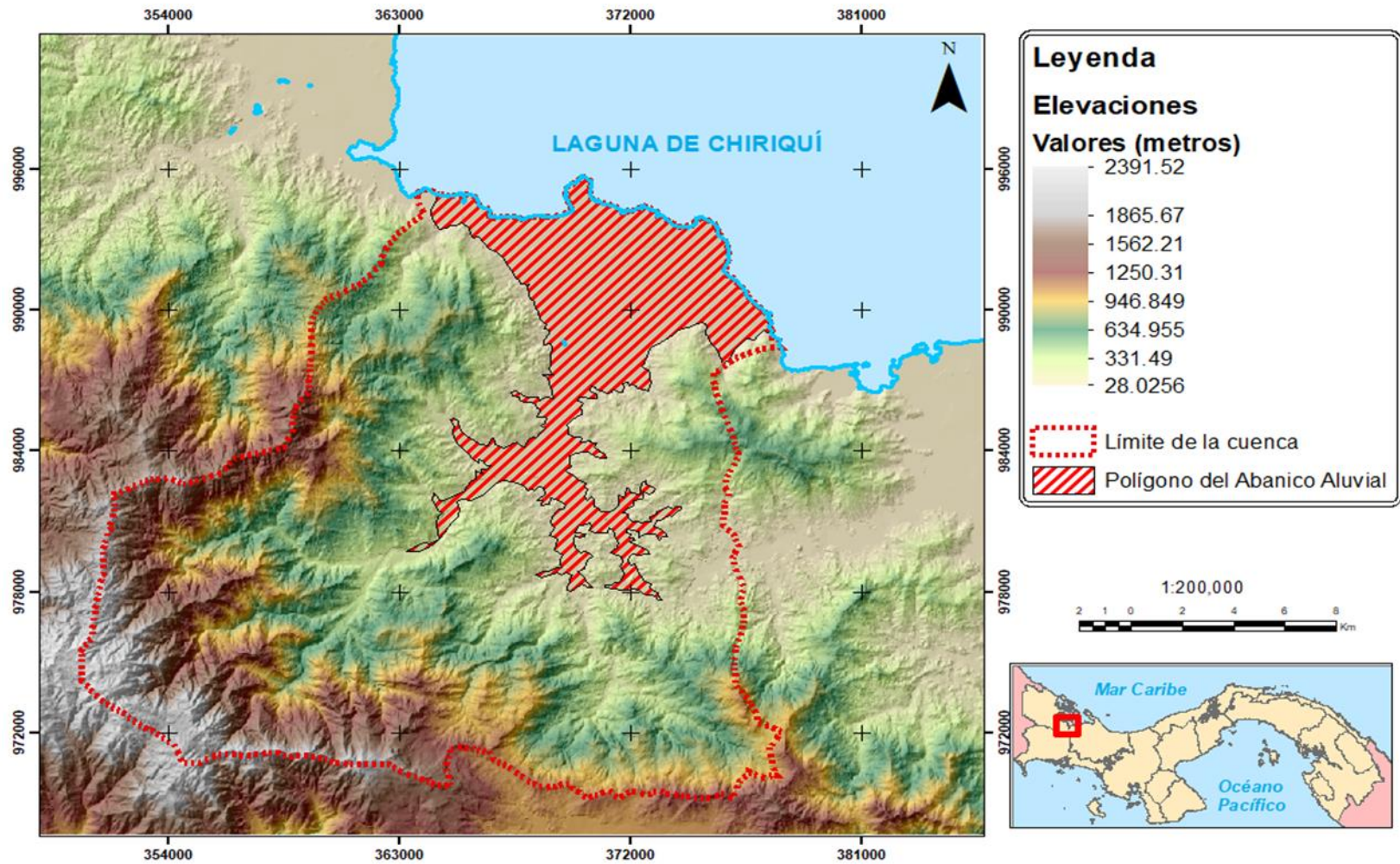
Anexo 10. Fotografía área del río Guarumo a escala en 1:30.000, R-57, L-5, N°27, en esta fotografía se observa la forma del abanico aluvial de Chiriquí Grande, los meandros del río (azul) y meandros abandonados (celeste). Foto por: *(Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia": Autoridad Nacional de Administración de Tierras.,*

Mapa de localización del área de estudio



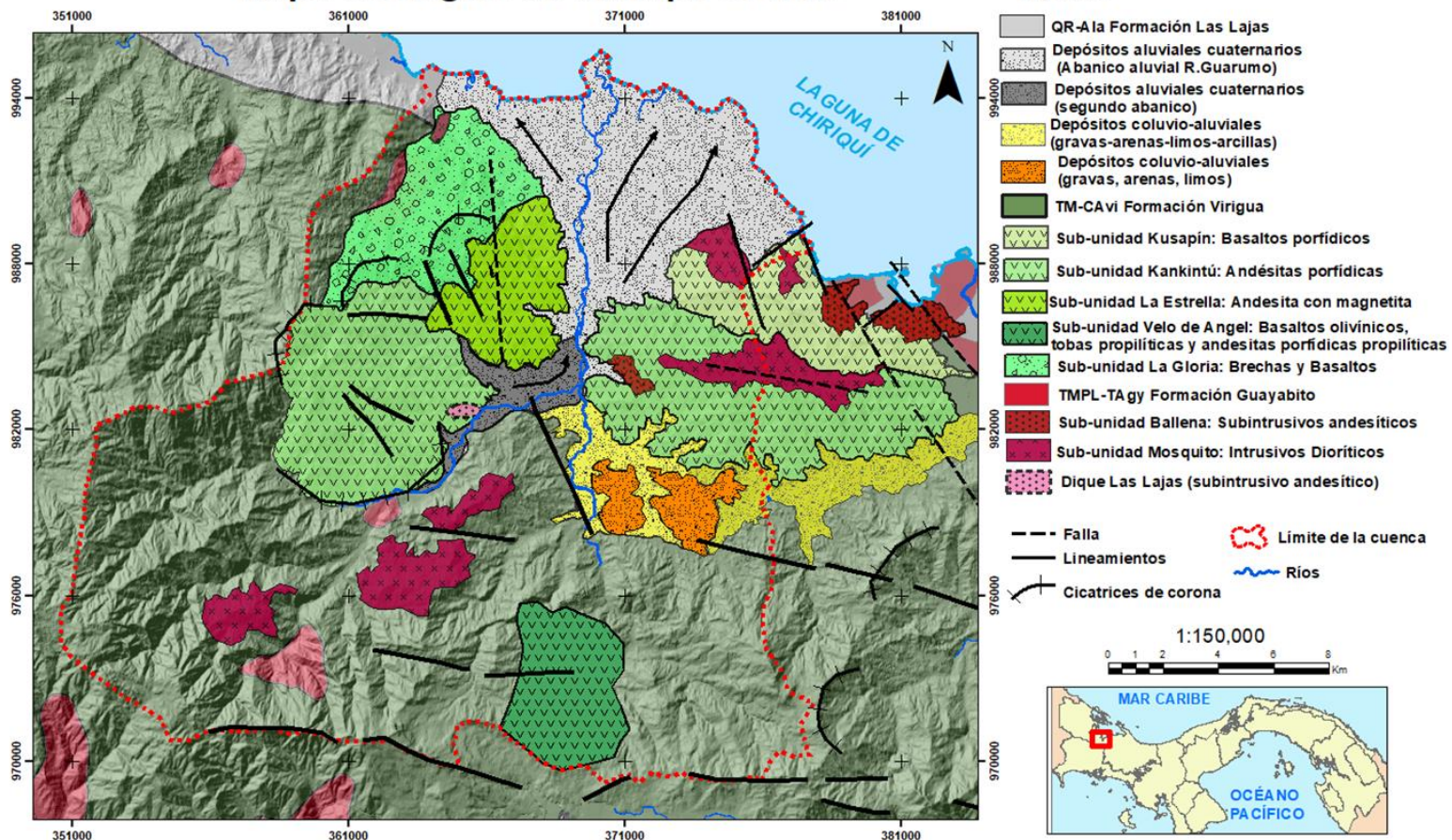
Anexo 11. Mapa de Locación del área de estudio, en Chiriquí Grande, a una escala de 1:160,000. Por: (Nicole Leong).

Mapa de Elevaciones en Chiriquí Grande



Anexo 12. Mapa de elevaciones en Chiriquí Grande. Por: (Nicole Leong).

Mapa Geológico de Chiriquí Grande



Anexo 13. Mapa geológico de Chiriquí Grande. Por: (Nicole Leong).

Tabla 5. Tabla de Generalidades de las rocas observadas en campo. *Por: (Nicole Leong).*

N° de muestra	Tipo de roca	Estructura	Textura	Características	Porcentajes
M-1	Diorita con bajo % de cuarzo	Granular	Hipidiomorfa	Hay baja presencia de cuarzo en la matriz	55% de feldespato potásico, 6% cuarzo, 12% biotita, 12% anfíboles, 10% magnetita y 5% Pirita.
M-2	Basalto afanítico, que no es vídrioso	Porfídica	Intersectal Fina	Presenta fenocristales de plagioclasa anortita, no hay fenocristales de piroxenos, pero estos componen la matriz de la roca.	65% plagioclasa anortita, 20% magnetita, 10% piroxenos, 5% Pirita.
M-3	Subintrusivo andesítico con leve alteración hidrotermal	Glomeroporfídica	Intergranular	Presenta una alteración clorítica, donde algunas plagioclasas (son las más alteradas) y minerales máficos fueron sustituidos por clorita. Es una alteración leve. Tiene muy poco cuarzo.	55% plagioclasa andesina, 20% clorita (secundaria), 10% anfíboles, 8% máficos, 7% cuarzo.
M-4	Andesita pórfídica con leve alteración hidrotermal	Porfídica	Pirotaxítica	Presencia de fenocristales de plagioclasa andesina. La matriz está compuesta de laminillas de plagioclasa, anfíboles y magnetita diseminada. Presenta cuarzo y calcita como minerales secundarios. Presenta una alteración arcillificación leve en las plagioclasas.	55% plagioclasa andesina, 10% máficos (anfíboles), 10% calcita, 15% magnetita, 5% cuarzo, 5% arcillificación.
M-5	Toba de lapilli porosa	Clástica	Desordenada	Estructura: clástica, textura: desordenada. En la matriz hay fragmentos de roca angulosos e irregulares. También hay alteración hidrotermal condicionada, leve y difusa de tipo albitización. La textura es muy irregular con fragmentos de roca alterados, los cuales inicialmente eran de una andesita.	
M-6	Andesita	Porfídica	Pirotaxítica	Presencia de pequeños cristales de plagioclasa andesina, con vidrio volcánico intersticial. Presencia de fenocristales de plagioclasa reemplazados por calcita microcristalina. Extraña ausencia de cristales máfico. Presencia de magnetita diseminada y vidrio volcánico, poco, pero intersticial. Presencia de un cristal de calcita con epidota.	50% plagioclasa andesina, 20% magnetita, 15% vidrio, 10% calcita, 5% epidota.
M-7	Dique subintrusivo andesítico, con alteración hidrotermal de moderada a fuerte	Porfídica	Intergranular	Espedros de fenocristales aparentes de olivino, representados por forma dipiramidal, bordes enfatizados por la segregación de magnetita, y todo el resto reemplazado por calcita. Moderada alteración hidrotermal, restos de anfíboles reemplazados por epidota. Fenocristales de plagioclasa alterados por calcita, pasta de fondo gruesa, con laminillas de plagioclasa, con una textura afieltrada, con intersticial material secundario (posterior) que son magnetita, epidota, cluster de epidota con calcita. Presenta amígdalas de cuarzo con calcedonia, y alteraciones difusas o diseminadas de clorita.	30% plagioclasa andesina, 20% epidota, 8% clorita, 10% calcedonia, 10% calcita, 3% cuarzo, 10% anfíboles, 9% magnetita.

M-8	Andesita fuertemente propilitizada (propilita)	Porfídica	Intergranular	Formada por fenocristales féficos (anfíboles), reemplazados por mucha clorita y fenocristales de plagioclasa con un aspecto de cristales rotos. Matriz formada por laminillas de plagioclasa (albita), casi todas alteradas por epidota y un poco de de albita, vetillas de cuarzo (poco). Alteración hidrotermal propilitica.	35% epidota, 30% plagioclasa albita, 20% clorita, 10% anfíboles, 5% cuarzo.
M-9	Basalto olivínico	Porfídica	Intersticial	Estructura porfídica, textura intersticial. Presenta fenocristales de olivino, casi reemplazados totalmente por hematita con clorita. Fenocristales de olivino con fracturas y rellenos de hematita (o iddingsita) y bordes de hematita-magnetita. La matriz está compuesta de laminillas de plagioclasa labradorita, pequeños cristales de piroxeno intersticial y opacos.	50% plagioclasa labradorita, 26% piroxenos, 10% olivino, 7% clorita, 7% magnetita-hematita
M-10	Toba de lapilli fuertemente alterada	Clástica	Desordenada o Caótica	Presenta fragmentos de rocas ígneas un poco obliterada a alteración hidrotermal, que ha producido abundante cloritización y epidotización (propilitización), la epidota está asociada al cuarzo, el cuarzo pega estos fragmentos, calcita alterada, magnetita segregada como mineral secundario.	30% calcita, 30% cuarzo, 30% epidota-clorita, 10% magnetita segregada.
M-11	Toba de lapilli fuertemente propilitizada	Clástica	Fragmental	La roca se encuentra fuertemente propilitizada, presenta amígdalas de cuarzo como mineral secundario, también presenta amígdalas de clorita solo y asociadas con el cuarzo. Tiene pequeños fragmentos de rocas ígneas. La clorita presenta un color anómalo (se ve azul en nicóles cruzados).	30% clorita, 25% epidota, 25% cuarzo, 20% calcita.
M-23	Intrusivo diorítico con alteración de epidota	Granular	Hipidiomorfa	Presenta cristales de plagioclasa andesina, todos con bordes corroídos, también presenta cristales máficos, llama la atención la biotita pleocroica. Presenta grandes cristales de biotita. Tiene minerales alterados, como los anfíboles alterados en epidota, la biotita no está alterada. Presenta un % mínimo de feldespato potásico. No presenta cuarzo.	35% plagioclasa andesina, 21% epidota, anfíboles 12%, biotita 12%, feldespato potásico 10%, magnetita 10%.
M-24	Intrusivo diorítico con alto porcentaje de magnetita y alteración propilitica	Granular	Hipidiomorfa	Presenta cristales de plagioclasa andesina, abundantes fenocristales de biotita y anfíboles alterados en clorita y epidota. Presenta mucha magnetita. A diferente del intrusivo M-23, este presenta alta presencia de magnetita como primaria y secundaria. La biotita no está alterada.	Plagioclasa andesina 35%, anfíboles con clorita y epidota 20%, magnetita primaria y secundaria 25%, biotita 25%.
M-25	Andesita con alto porcentaje de magnetita	Porfídica	Pirotaxítica	Presenta laminillas de vidrio volcánico intersticial. La matriz está compuesta por plagioclasa andesina, con vidrio volcánico intersticial, y abundante magnetita diseminada. Presenta poca epidota, poco cuarzo, y pocas alteraciones calcíticas. No tiene féficos.	35% plagioclasa, 30% magnetita, 15% vidrio volcánico, 10% calcita, 5% epidota, 5% cuarzo.