

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ciencias  
Escuela Centroamericana de Geología

# ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y SEDIMENTOLÓGICO DE LOS MATERIALES DE LA FORMACIÓN SURETKA, CUENCA LIMÓN SUR, COSTA RICA

Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Geología

FEDERICO RIVERA FLORES

Enero 2021

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ciencias

Escuela Centroamericana de Geología

**ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y SEDIMENTOLÓGICO DE LOS  
MATERIALES DE LA FORMACIÓN SURETKA, CUENCA LIMÓN SUR,  
COSTA RICA**

Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Geología

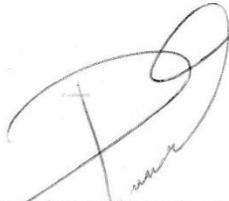
**Federico Rivera Flores**

Enero 2021

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Tesis sometida y aceptada por el tribunal del trabajo final de graduación como requisito parcial para optar por el grado académico de Licenciado en Geología.

TRIBUNAL EXAMINADOR



Ph. D. María del Pilar Madrigal Quesada  
Directora del Comité Asesor



Ph. D. Maximiliano Garnier Villarreal  
Codirector 2



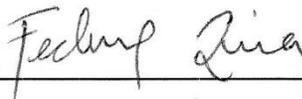
Ph. D. Guaria Cárdenes Sandí  
Codirectora 1



Ph. D. Asdrúbal Vargas Sanabria  
Lector



Ph. D. Mauricio Mora Fernández  
Director de la Unidad Académica  
Presidente del tribunal



Federico Rivera Flores  
Postulante

*Para Olga, Alexander, Camila y Fernando.*

## Resumen

La Formación Suretka es un conglomerado de edad Plioceno – reciente, que se divide en cuerpos sedimentarios menores bien seleccionados, con estratificación cruzada, y estratos irregulares de conglomerados cortados por cuerpos arenosos (Alvarado, 1987; Alvarado & Leandro, 1997; Cervantes, 1989; Linkimer & Alvarado, 2002). Estos conglomerados polimícticos se atribuyen al rápido levantamiento y erosión de la Cordillera de Talamanca (Dengo, 1962). Con el fin de estudiar la evolución geológica de la zona de la Cordillera de Talamanca, que presenta vacíos en la litoestratigrafía (MacMillan, Gans, & Alvarado, 2004), se realiza un análisis petrográfico y sedimentológico de los materiales de la Formación Suretka, realizando una recopilación de información a detalle de la composición, distribución, forma y selección de los materiales en tres áreas de estudio: el Valle de Talamanca, la Reserva Biológica Hitoy Cerere y Turrialba. Utilizando métodos sedimentológicos y estadísticos se caracterizan las fracciones granulométricas de >10 cm y <10 cm de los materiales de la Formación, y se demuestra que existen diferencias en la composición, tamaño, forma y grado de meteorización de los materiales en las tres áreas, evidenciando que los depósitos en la zona de Turrialba corresponden a facies más cercanas al área fuente, mientras que los materiales en los sectores del Valle de Talamanca y la Reserva Biológica Hitoy Cerere corresponden a facies distales del área fuente. Con los clastos recolectados se realizó el análisis petrográfico de las litologías más representativas en los conglomerados y se identificaron materiales provenientes de las principales unidades ígneas descritas en las cimas de la Cordillera de Talamanca por Ulloa & Delgado (2010), Alfaro (2017) y Alfaro et al. (2018). Se lograron identificar muestras de las principales unidades litológicas descritas, como los materiales volcánicos pre-intrusivos de la Formación La Cruz, materiales de los Intrusivos de Talamanca y vulcanismo post intrusivo, como las Unidades Dúrika, Kamuk y unidades como los basaltos Cerro Cabécar. También se encontraron clastos con litologías no asociadas a las descritas a la fecha para la Cordillera de Talamanca, como tobas indiferenciadas, basaltos con matriz de textura pilotáxítica, andesitas con matriz de textura ortofídica y dacitas con biotita y hornblenda; que mineralógicamente se asocian con la actividad volcánica post-intrusivo del arco volcánico de Talamanca. A partir de los análisis petrográficos de los materiales de la Formación Suretka se demuestra que la formación guarda la evidencia de los cambios en las series magmáticas del arco volcánico que existió en Talamanca.

**Palabras clave:** Formación Suretka, conglomerado, petrografía, sedimentología, estadística inferencial, Cuenca Limón Sur, Cordillera de Talamanca.

## Agradecimientos

A las profesoras Pilar Madrigal y Guaria Cárdenes, quienes apoyaron este proyecto desde su concepción, impulsándolo con la elaboración de un proyecto de investigación. Les agradezco su entusiasmo y constante asesoría para el desarrollo de este proyecto. También le agradezco al profesor Maximiliano Garnier, quien me impulsó a desarrollar este proyecto con herramientas estadísticas y de programación que innovan en el quehacer científico de la Escuela Centroamericana de Geología.

Al Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas (CICG) por el apoyo financiero y logístico para el proyecto de investigación 830-B8-065, el cual acogió este trabajo final de graduación.

Al Área de Conservación La Amistad-Caribe del SINAC por la colaboración y coordinación para realizar el trabajo de campo en la Reserva Biológica Hitoy Cerere, así como los permisos respectivos para recolectar muestras de roca y matriz. Un agradecimiento en especial a Jorge Arturo González, coordinador de investigación del ACLAC, que colaboró como guía para la ubicación de afloramientos dentro de la reserva y con la aprobación de los permisos pertinentes.

A los laboratorios de Geomecánica, Petrografía y Paleontología de la Escuela Centroamericana de Geología, por la colaboración en el procesamiento de muestras. Un agradecimiento en especial a sus encargados Luis Meneses, Rolando Mora, Ramiro García, Javier Alvarado y Sergio Hernández por toda la colaboración brindada. También agradezco a Clara Fernández y Ana Rivera, por la colaboración en la búsqueda de la información bibliográfica en la biblioteca de la Escuela Centroamericana de Geología.

Al profesor Giovanni Peraldo por la colaboración y guía en el trabajo de campo en el área de Turrialba, que conoce como la palma de su mano, así como a Andrés Ulloa y Aristides Alfaro, por su apertura a colaborar con el presente trabajo y sus sugerencias para mejorar su calidad.

A Thais Ramírez y Armando Mora por la colaboración como compañeros de la gira al sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere. Les agradezco su esfuerzo en desarrollar desinteresadamente este trabajo.

A Valery Portuguez por su inmensurable apoyo en el procesamiento y descripción de muestras, acompañamiento en giras, así como su apoyo anímico incesable.

A Juan Pablo Solano por su asesoría en el reconocimiento y descripción de muestras piroclásticas, a Alejandro Argüello y Adrián Obando por su apoyo en giras de campo y a Paola Sáenz por su colaboración y los consejos para mejorar este proyecto. A todos ellos también les agradezco sus observaciones para el enriquecimiento de la investigación, además de su incomparable amistad.

A María Sandoval, Marco Barahona, Oscar Lücke, Percy Denyer, Kennet Flores, Esteban Gazel, Pablo Ruiz y Gerardo Soto, por sus consejos para mejorar este proyecto, así como sus palabras de aliento y motivación.

Un agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera mostraron interés en esta investigación y siempre estuvieron pendientes de ella. Este proyecto es para ustedes, su escrutinio, debate y análisis es la razón de ser de este trabajo.

## Contenido

Introducción .....	4
Área de estudio .....	5
Justificación .....	7
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos.....	8
Antecedentes .....	9
Estudios de la evolución geoquímica de Talamanca .....	9
Estudios previos de la Formación Suretka .....	14
Descripciones litológicas .....	17
Reserva Biológica Hitoy Cerere .....	17
Limón - sector central .....	18
Turrialba -Tucurrique .....	19
Técnicas estadísticas para el análisis de conglomerados.....	19
Metodología .....	20
Etapa 1: Definición de áreas de trabajo .....	20
Etapa 2: Recolección de datos y materiales en el campo .....	23
Etapa 3: Procesamiento en el laboratorio de materiales recolectados.....	27
3.1. Análisis petrográfico de los materiales .....	27
3.2.Análisis sedimentológico de los materiales .....	28
Etapa 4. Análisis estadísticos y correlación de datos .....	32
4.1. Correlación de información petrográfica de las unidades ígneas de la Cordillera de Talamanca .....	32
4.2. Procesamiento de la información sedimentológica.....	35
Resultados .....	38
Valle de Talamanca .....	43
Características de los materiales mayores a 10 cm en los conglomerados .....	48
Características de gravas medias y gruesas en los conglomerados .....	49
Análisis petrográfico.....	51
Turrialba .....	53
Características de los materiales mayores a 10 cm en los conglomerados .....	58
Características de gravas medias y gruesas en los conglomerados .....	59
Análisis petrográfico.....	60

Reserva Biológica Hitoy Cerere .....	63
Características de los materiales mayores a 10 cm en los conglomerados .....	69
Características de las gravas medias y gruesas en los conglomerados.....	70
Análisis petrográfico.....	71
Discusión .....	74
Distribución por tamaño de los sedimentos en relación con el grado de meteorización .....	74
Forma de los clastos.....	77
Formas de los clastos a partir de la redondez y esfericidad .....	82
Composición.....	84
Características petrográficas de los materiales asociados a formaciones presentes en la Cordillera de Talamanca.....	88
Rocas intrusivas.....	89
Rocas volcánicas.....	92
Características petrográficas de los materiales no asociados a formaciones presentes en la Cordillera de Talamanca.....	104
Basaltos de textura pilotaxítica.....	104
Dacitas con hornblenda.....	105
Andesita con textura ortofídica.....	106
Materiales piroclásticos indiferenciados.....	107
Brecha volcanoclástica .....	108
Síntesis del análisis petrográfico y sedimentológico.....	109
Evolución del aporte de materiales a la Formación Suretka.....	113
Conclusiones .....	114
Referencias bibliográficas .....	117
Anexos.....	124
Anexo 1. Datos recopilados en campo de las grillas 1x1 m para los materiales de >10cm. ....	124
1.1. Grillas sector Valle de Talamanca .....	124
1.2. Grillas sector Turrialba .....	130
1.3. Grillas sector Reserva Biológica Hitoy Cerere .....	136
Anexo 2. Datos recopilados en laboratorio de las grillas 1x1 m para los materiales de <10cm. ....	142
2.1. Grillas sector Valle de Talamanca .....	142
2.2. Grillas sector Turrialba .....	157
2.3. Grillas sector Reserva Biológica Hitoy Cerere .....	172
Anexo 3. Descripciones petrográficas de las muestras recolectadas de la Formación Suretka .	180

3.1. Sector Valle de Talamanca .....	180
3.2. Sector Turrialba .....	194
3.3. Sector Reserva Biológica Hitoy Cerere .....	208
Anexo 4. Datos de autores previos para el análisis composicional de los materiales. ....	228
Composición de Formación La Cruz (Alfaro 2017) .....	228
Composición Basaltos Cerro Cabécar (Ulloa & Delgado, 2010) .....	228
Unidad Kamuk (Alfaro, 2017) .....	228
Unidad Dúrika (Alfaro, 2017) .....	229
Granitos Intrusivo de Talamanca (Ulloa & Delgado, 2010; Alfaro, 2017) .....	229
Monzonitas, dioritas y gabros (Ulloa & Delgado, 2010; Alfaro, 2017).....	229

## Introducción

La Cordillera de Talamanca, en el sureste de Costa Rica, presenta las mayores elevaciones en América Central no constituidas por edificios volcánicos (Weyl, 1957). La génesis, levantamiento y desarrollo de esta cordillera están íntimamente relacionados a la colisión de la dorsal asísmica de Cocos en la zona de subducción en el pacífico sur costarricense (Protti, Gündel, & McNally, 1994). La zona también se caracteriza por un desfase en la actividad magmática, el cual ha causado una ausencia de procesos volcánicos recientes desde el Volcán Turrialba hasta el Volcán Barú, en territorio panameño. Para explicar esta ausencia de vulcanismo en la región existen diversas teorías, entre las que destacan: el cese de producción magmática debido al desprendimiento de la placa subducida y una posterior apertura de una ventana del manto; o la presencia de una sección de la placa anhidra con alto ángulo (Lücke & Arroyo, 2015).

La alta tasa de levantamiento que se observa en la Cordillera de Talamanca, producto del efecto compresivo de la dorsal de Cocos que colisiona en la trinchera genera un proceso erosivo de alta intensidad. La erosión incipiente de los materiales presentes en el antiguo arco volcánico, así como su basamento sedimentario se han depositado en la cuenca Limón Sur (Formación Suretka) y Térraba (Formación El General), particularmente como depósitos de conglomerados y areniscas de edad Plioceno-Pleistoceno que contiene fragmentos ígneos y sedimentarios (Bottazzi, Fernández, & Barboza, 1994).

La cordillera de Talamanca es particularmente interesante ya que ha tenido una compleja evolución geoquímica, dándose un proceso de transformación de un arco de islas volcánico a un arco continental (Gazel et al., 2015). Por lo anterior Talamanca representa un laboratorio único donde estudiar los procesos de continentalización relacionados a una zona de subducción activa.

Los escasos estudios que se han realizado sobre la cordillera de Talamanca se han enfocado en reconocimiento geológico básico, cartografiado, estudios geoquímicos y geocronológicos a las litologías (Alfaro, 2017; Alfaro et al., 2018; Gazel et al., 2019; Ulloa & Delgado, 2010). A pesar de que una parte de la historia geológica de Talamanca esta evidenciada en los depósitos que afloran en la zona, existe otra parte de la evolución geoquímica que debe buscarse en los depósitos de los materiales erosionados y depositados en la cuenca Limón Sur, particularmente en la Formación Suretka. En este sentido la presente investigación es un esfuerzo por reconstruir la evolución magmática del arco volcánico Oligoceno-Pleistoceno de la zona de Talamanca.

## Área de estudio

El área de estudio se encuentra en La Cuenca Limón Sur, concretamente los sitios en donde aflora la Formación Suretka. El área abarca las hojas topográficas Pejibaye, Tucurrique, Estrella, Amubri, Cahuita y Telire, escala 1:50000 del IGN; abarcando sitios ubicados en las provincias de Limón y Cartago. El trabajo se concentró en tres sectores donde aflora la Formación Suretka: 1. Valle de Talamanca, 2. Reserva Biológica Hitoy Cerere y 3. Turrialba-Tucurrique. Para establecer las tres áreas a trabajar se utilizó la información de cartografiados por diversos autores (Bolaños, 1983; Bottazzi, 2016; Campos, 1987; Chavarría, 1996; J. A. Fernández, 1987; Linkimer & Alvarado, 2002; Malavassi, 1985; Pérez, 1996; G. E. Sibaja, 1996; M. Sibaja, 1996; Vargas, Salazar, & Barrantes, 2017) (Figura 1).

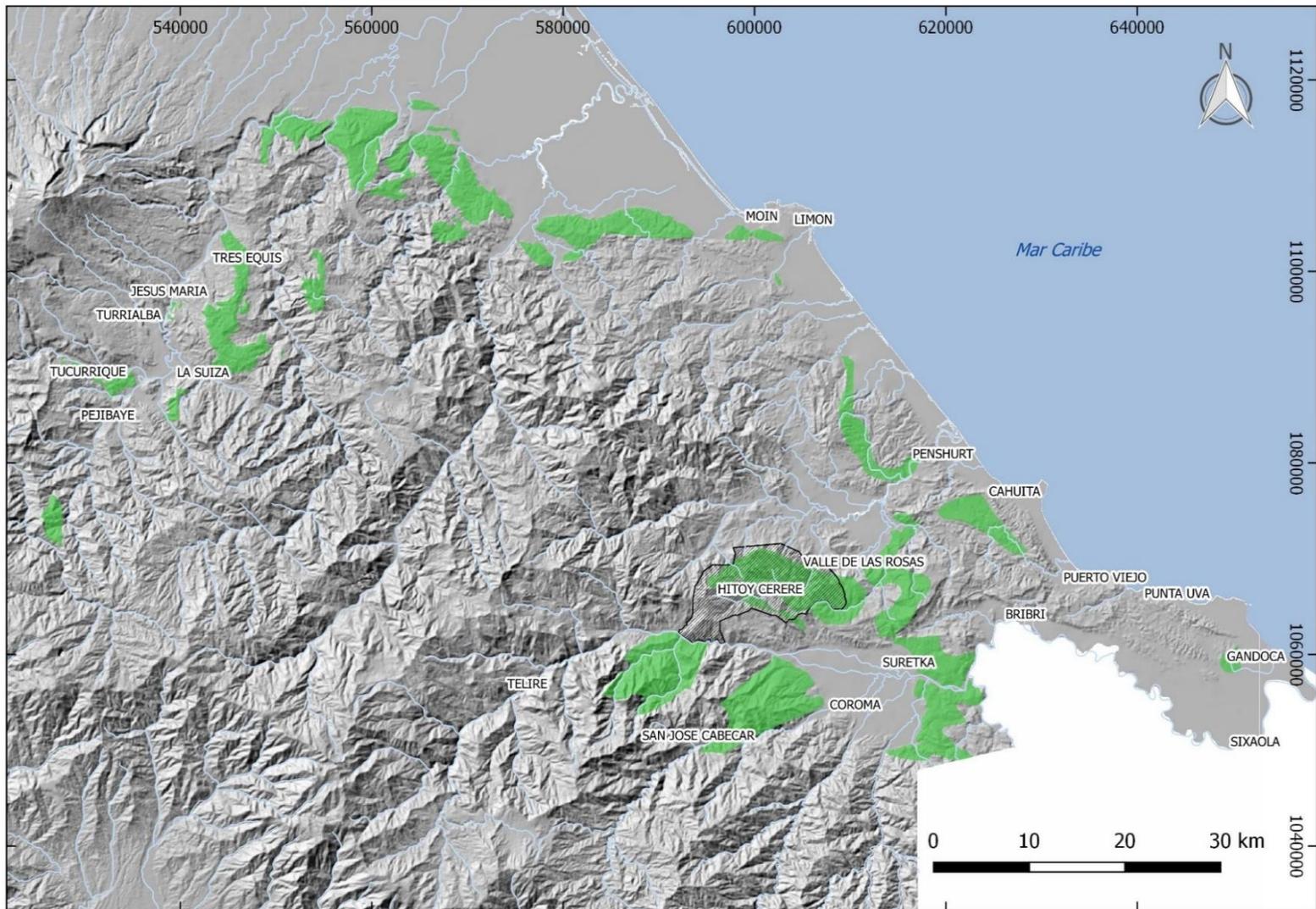


Figura 1: Extensión de la Formación Suretka en el territorio costarricense. Cartografía modificada de ONU (1975), Bolaños (1983), Campos (1987), Fernández (1987), Malavassi (1985), Pérez (1996), Chavarría (1996), Sibaja (1996), Rojas (1996).

## Justificación

La evolución geocronológica de la zona de la Cordillera de Talamanca ha sido compleja de estudiar, principalmente debido a que existen vacíos en la litoestratigrafía (MacMillan et al., 2004). La información existente del arco volcánico del Mioceno en el sitio de la Cordillera de Talamanca es escasa, debido a la ausencia de materiales aflorando con estas edades en las cimas.

A pesar de que una parte de la historia geológica de Talamanca esta evidenciada en los depósitos que afloran en la zona, existe otra parte de la evolución geoquímica que debe buscarse en los depósitos de los materiales erosionados y depositados en la cuenca Limón Sur, particularmente en la Formación Suretka. En este sentido la presente investigación es un esfuerzo por reconstruir la evolución magmática del arco volcánico Oligoceno-Pleistoceno de la zona de Talamanca. Diversos autores han realizado esfuerzos por cartografiar y describir las unidades litológicas presentes en la cordillera de Talamanca (Alfaro, 2017; Alfaro et al., 2018; Ulloa & Delgado, 2010), así como para elucidar su historia geológica (Drummond et al., 1995; Feigenson, Carr, Maharaj, Juliano, & Bolge, 2004; Gazel, 2003; Gazel et al., 2009, 2015, 2011; Kussmaul, Tournon, & Alvarado, 1994; MacMillan et al., 2004), sin embargo, no se han desarrollado suficientes estudios de análisis de los materiales sedimentarios producto de la erosión de la cordillera, más allá del trabajo de Vargas et al. (2017) describiendo cualitativamente la petrografía de los materiales más gruesos de los depósitos en la zona de Turrialba.

Por medio de análisis de materiales y la determinación de la evolución geocronológica de la Cordillera de Talamanca se pretende realizar un estudio de conglomerados presentes en los depósitos de la Formación Suretka, realizando una recopilación de información a detalle de la composición, distribución, forma y selección de los materiales. En estos materiales se pueden encontrar las litologías ígneas que previamente se encontraban aflorando en las cimas de la cordillera y que ya fueron erosionados en su totalidad, por lo que no han sido descritos en los trabajos realizados de cartografiado, petrografía y geoquímica de Talamanca (Alfaro, 2017; Alfaro et al., 2018; Ulloa & Delgado, 2010). Con el presente trabajo se pueden encontrar clastos de las unidades geológicas originarias de los hiatos de información geológica, para así comprender mejor el proceso de continentalización de la corteza en el sureste de Costa Rica.

Los estudios de análisis de proveniencia de sedimentos son escasos en nuestro país, por lo que el presente proyecto es pionero en los estudios utilizando métodos estadísticos, con el fin de comprender integralmente la evolución geoquímica de Talamanca y de los depósitos sedimentarios

que se producen a partir de ella. En este sentido, la Formación Suretka representa el cuerpo rocoso ideal para iniciar estos estudios, ya que es el depósito de material que preserva el registro de los procesos orogénicos de la Cordillera de Talamanca, depositados en la cuenca Limón Sur desde el Plioceno hasta la actualidad y esta cuenta con un buen cartografiado.

El estudio detallado de la composición de los materiales de la Formación Suretka pretende lograr aplicar un enfoque cuantitativo a la descripción y análisis de las formaciones sedimentarias. Es importante realizar el esfuerzo por cuantificar una ciencia, como la Geología, que en el ámbito costarricense se ha desarrollado de una manera cualitativa, mientras que las tendencias globales han cambiado a un enfoque cuantitativo de las ciencias en general, siendo la presente investigación un esfuerzo en ese sentido.

### Objetivo general

- Determinar la composición de los materiales que conforman la Formación Suretka por medio de análisis petrográfico y sedimentológico, con el fin de reconstruir la evolución magmática del arco volcánico Oligoceno-Pleistoceno de la zona de Talamanca.

### Objetivos específicos

- Categorizar y describir las fracciones granulométricas de los materiales de las facies conglomeráticas de la Formación Suretka, para determinar sus características texturales y composicionales, su forma, las variaciones en su distribución y proveniencia.
- Establecer las características petrográficas de los materiales de origen ígneo de las facies conglomeráticas de la Formación Suretka y contrastarlos con las descripciones petrográficas de trabajos previos realizados en la Cordillera de Talamanca, con el fin de reconocer el aporte de unidades ígneas al depósito.
- Relacionar y contrastar los datos petrográficos y sedimentológicos generados para establecer las variaciones espaciales y temporales de los depósitos de los materiales de la Formación Suretka, con el fin de inferir las características generales de la evolución del arco magmático Oligoceno-Pleistoceno.

## Antecedentes

### Estudios de la evolución geoquímica de Talamanca

La Cordillera de Talamanca ocupa una tercera parte de Costa Rica y se extiende hasta Panamá, es la única cordillera que no presenta evidencias de vulcanismo en forma de estratovolcanes en Costa Rica, aunque sí presenta materiales ígneos de actividad volcánica previa (G. E. Alvarado, 2008). Esta cordillera presenta las mayores elevaciones del territorio costarricense y presenta condiciones precarias en vías de comunicación por lo que los estudios de estas rocas son muy escasos (Ulloa & Delgado, 2010).

La cordillera de Talamanca es parte del arco volcánico centroamericano, el cual se extiende de manera paralela a la fosa mesoamericana desde Guatemala y México hasta el centro de Panamá (Alfaro, 2017; Lücke & Arroyo, 2015). Debido a la peculiaridad de la evolución de la zona de Talamanca los estudios se han enfocado en el magmatismo y vulcanismo del área. En el proyecto de exploración minera realizado por la ONU (1975) se describieron productos volcánicos recientes de composición basáltica y dacítica en las cimas de la cordillera. Años después, Tournon (1984) en su tesis de doctorado describe el magmatismo de Costa Rica e incluye información de la química y petrografía de los cuerpos intrusivos y andesitas de Talamanca.

Desde el punto de vista geoquímico, Kussmaul et al. (1994) afirman que los cuerpos intrusivos más antiguos de Talamanca afloran al sureste, y para esta zona se establecen tres episodios de vulcanismo: un vulcanismo basáltico bajo en K de un periodo pre-intrusivos (Mioceno temprano), una serie de alto K que presenta basaltos a andesitas (Mioceno superior) y una serie de basaltos y dacitas post-intrusivos (Plioceno).

Posteriormente, Drummond et al. (1995) dividen las rocas de Talamanca en cuatro grupos de acuerdo con las características petrológicas. Estos grupos son: grupo toleítico, grupo Barú, grupo Intrusivo de Talamanca y grupo volcánico indiferenciado. El grupo toleítico data del Eoceno tardío al Oligoceno temprano, el grupo Barú data del Oligoceno medio y son rocas similares al grupo Intrusivo de Talamanca con la diferencia de una anomalía negativa de Zr. Asimismo, el grupo Intrusivo de Talamanca data del Mioceno y se trata de un batolito, mientras que el grupo volcánico indiferenciado son los productos volcánicos recientes (4,5 a 0,9 Ma), y se compone de andesitas y adakitas.

Estudiando los intrusivos de Talamanca y las ignimbritas de Costa Rica Vogel, Patino, Alvarado, & Gans (2004) explican que debido al grosor de la placa Caribe (CLIP), de aproximadamente 40 km, los magmas ascendentes en Costa Rica pueden evolucionar a composiciones más félsicas, generando magmas silíceos y una continentalización de la corteza. Concluye que los diagramas spider de estos materiales se asemejan a los patrones de corteza continental. Paralelamente Feigenson et al. (2004) indican que las lavas e intrusivos de la Cordillera de Talamanca presentan una contaminación de firma geoquímica tipo *Ocean Island Basalt* (OIB) proveniente del punto caliente de las Galápagos.

Gazel (2003) analiza la fuente de la contaminación OIB en los magmas del centro y sureste de Costa Rica y establece dos hipótesis para dicha anomalía: fusión parcial de un manto modificado por la subducción de la dorsal de Cocos, formada en el punto caliente de las Galápagos, o bien por un enriquecimiento directo de la pluma que atravesase una ventana en la placa creada por la ruptura de esta. Diversos autores (Gazel et al., 2009; MacMillan et al., 2004) buscan reconocer la fuente de la contaminación OIB en las rocas volcánicas de Costa Rica. MacMillan et al. (2004) afirman que el vulcanismo en Talamanca cambió hace 3,5 Ma por influencia de los terrenos subducidos provenientes de Galápagos e indica que existen vacíos de información en la evolución magmática de Talamanca, con tres posibles razones para los hiatos: 1) que estos materiales aún no hayan sido mapeados, 2) que hayan sido totalmente erosionados o 3) que estos magmas se queden en profundidad formando plutones. Los autores asocian al grupo de intrusivos de Talamanca (edad Mioceno) con este hiato de materiales volcánicos en Talamanca. Gazel et al. (2009) establecen que las lavas de Costa Rica de edad menor a 5 Ma presentan contaminación de magmas OIB debido a la subducción de la dorsal asísmica de Cocos por debajo del centro y sureste de Costa Rica. Los magmas de Costa Rica del Oligoceno inferior al Eoceno superior son geoquímicamente similares al arco volcánico actual de Nicaragua, es decir, un arco volcánico calco-alcálido normal.

Gazel et al. (2011) estudian las series alcalinas del trasarco y observan evidencias geoquímicas consistentes con la migración NW del flujo del manto bajo Centroamérica, paralela a la trinchera (Hoernle et al., 2008). La posible ruptura de la losa de subducción en el sector de Talamanca debido al arribo de la dorsal de Cocos (8-10 Ma) (Silver et al., 2004), permitiría el flujo de astenosfera más caliente en la zona y una presencia de materiales con firma OIB en el centro de Costa Rica. Posteriormente Gazel et al. (2015) utilizan como ejemplo de continentalización de la

corteza oceánica el sector de Talamanca (a partir de 10 Ma) y establecen que es posible crear corteza continental juvenil a partir de la subducción de corteza oceánica enriquecida por un punto caliente.

Gazel et al. (2019) indican que la fusión parcial de material enriquecido en una pluma que se subduce puede refertilizar la cuña mantélica, ocasionando que se generen los materiales enriquecidos en un contexto de arco volcánico. Así es como, en la zona de Talamanca, existe un registro de la transición de un arco oceánico empobrecido a un arco continental juvenil.

Tanto Ulloa & Delgado (2010) como Alfaro (2017) realizaron un extenso trabajo de cartografiado de las unidades geológicas aflorantes en las cimas de la Cordillera de Talamanca, con descripciones petrográficas y análisis geoquímicos de los cuerpos intrusivos. Estos trabajos son de gran importancia ya que realizan un cartografiado a detalle de las litologías presentes en las cimas. Anteriormente otros autores como ONU (1975) y Kussmaul (1987) aportaron descripciones petrográficas de los materiales que afloran en la cordillera de Talamanca (Ver cuadro 1).

Al plotear los datos petrográficos de investigaciones previas (Alfaro (2017), Kussmaul (1987), ONU (1975) y Ulloa & Delgado (2010)) en el diagrama QAPF (Figura 2) se observa que todos los autores describen materiales intrusivos como gabros, monzogabros, dioritas, monzodioritas, monzonitas, monzonitas cuarzosas. ONU (1975) y Ulloa & Delgado (2010) describen tonalitas, mientras que Alfaro (2017) y Kussmaul (1987) describen granodioritas y granitos. Así mismo, gracias a sus trabajos petrográficos y geoquímicos Alfaro (2017) y Alfaro et al. (2018) proponen la columna estratigráfica ígnea para la cordillera de Talamanca (Figura 3).

*Cuadro 1. Características petrográficas de las distintas unidades ígneas de las cimas de la Cordillera de Talamanca.*

<p>Rocas intrusivas</p>	<p>Presentan una tendencia de rocas más félsicas en las partes bajas de la cordillera y monzogabros, gabros, dioritas y tonalitas en los sectores superiores. En su mineralogía no varían mucho, presentan una predominancia de plagioclasa, ortosa, cuarzo, anfíbol y clinopiroxeno en intercrecimiento con magnetita (Alfaro, 2017; Kussmaul, 1987; Ulloa &amp; Delgado, 2010). ONU (1975) y Ulloa &amp; Delgado (2010) reportan una predominancia por monzonitas cuarzosas.</p>
<p>Unidad Lohmann y Formación La Cruz</p>	<p>Constituidas principalmente por lavas con fenocristales de plagioclasa (labradorita), clinopiroxeno y magnetita, raramente presentan olivino. Presenta menos del 15% de fenocristales ferromagnesianos y frecuentemente minerales de alteración como calcita, zeolitas, nontronita y epidota. Existe un segundo grupo definido por la presencia de ortopiroxeno como fenocristal (Alfaro, 2017).</p>
<p>Unidad Kamuk</p>	<p>Lavas con fenocristales de plagioclasa rica en anortita (labradorita), clinopiroxeno, ortopiroxeno y magnetita, con olivino poco frecuente y posiblemente alterado. La proporción de minerales ferromagnesianos es mayor a la Unidad Lohmann y Formación La Cruz. La matriz es intergranular o hialopilítica, con microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno y magnetita (Alfaro, 2017).</p>
<p>Unidad Dúrika</p>	<p>Definida por lavas con fenocristales de biotita y anfíboles en proporciones similares, con plagioclasas tipo andesina rodeadas de feldespatos potásico. Estos materiales se caracterizan por una alta fracción de fenocristales, y en algunos casos se observan características mineralógicas diferenciables dentro de una misma sección (Alfaro, 2017).</p>

Todos estos trabajos de la geoquímica de la cordillera de Talamanca han sido realizados por medio de estudios directos sobre las unidades volcánicas e intrusivas aflorantes en la cordillera, el antearco y trasarco.

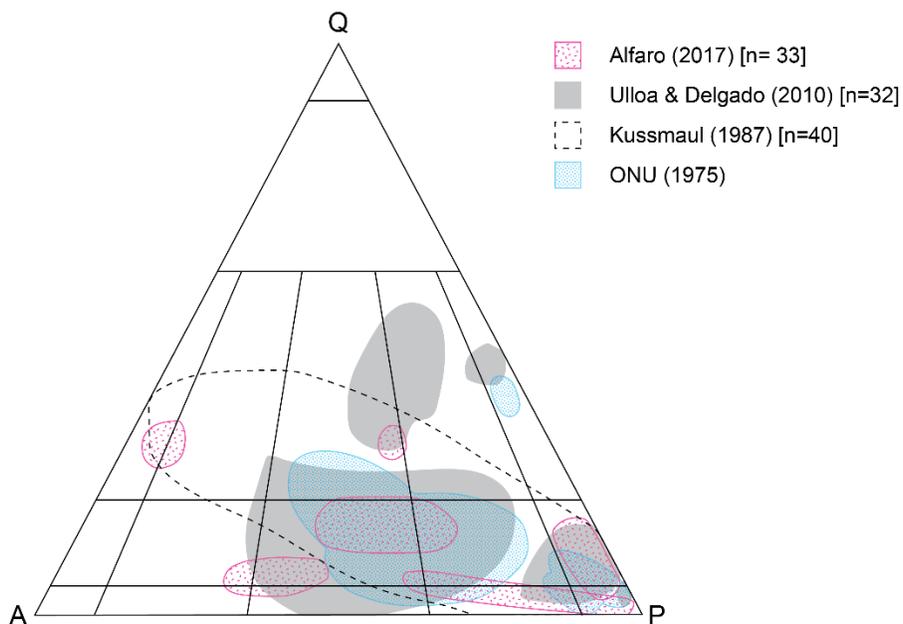


Figura 2: Diagrama QAP de los materiales ígneos que afloran en la cordillera de Talamanca de acuerdo con los autores Alfaro (2017), Kussmaul (1987), ONU (1975) y Ulloa & Delgado (2010).

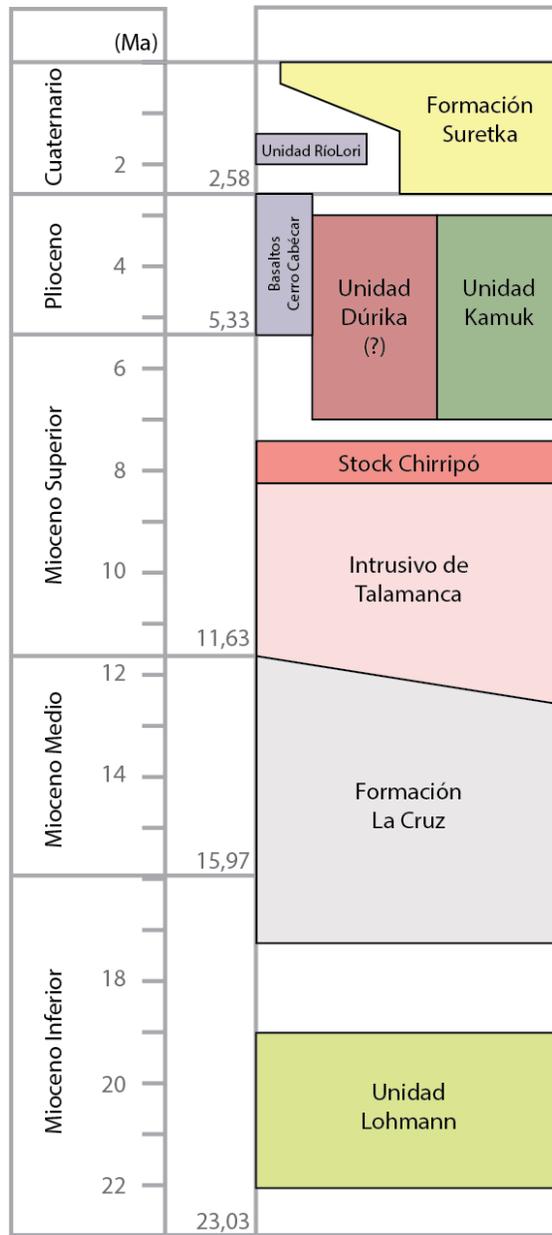


Figura 3. Columna estratigráfica conjunta de los trabajos de Ulloa & Delgado (2010), Alfaro (2017) y Alfaro et al. (2018) para las rocas ígneas de la Cordillera de Talamanca.

### Estudios previos de la Formación Suretka

El estudio de la Cuenca Limón Sur y las bases de la geología de la zona se deben principalmente a la exploración petrolera y de carbón realizada zona, que inició en la década de 1950 y se intensificó en la década de 1980. RECOPE dirigió los recursos y esfuerzos para realizar esta exploración entre 1980 y 1990, de la cual se derivaron numerosos artículos científicos y proyectos

de tesis publicados, por ejemplo Astorga et al. (1991), Bolaños (1983), Bottazzi (2016), Bottazzi et al. (1994), Campos (1987), J. A. Fernández (1987) y Malavassi (1985).

En este sentido, la cuenca Limón Sur cuenta con los depósitos de la erosión de Talamanca, principalmente en la Formación Suretka. Esta formación se compone en su mayoría de conglomerados polimícticos depositados a los pies de la cordillera de Talamanca. El geólogo Karl Sapper en 1902 describe por primera vez un conglomerado en la localidad de Suretka (F. Alvarado, 1987). Décadas después, Dengo (1962) atribuye el depósito de la Formación Suretka al rápido levantamiento y erosión de la Cordillera de Talamanca, y le estima un espesor de 1700 m.

La Compañía Petrolera de Costa Rica realizó campañas de exploración petrolera entre 1957 y 1963. Debido al interés creciente sobre el potencial de la zona la Organización de las Naciones Unidas llevó a cabo el Proyecto de Investigación Minera (ONU, 1975). Esta exploración cubrió una sección transversal de la cordillera, desde Buenos Aires, Puntarenas hasta el Valle de Talamanca, y se trata del mapeo más detallado de la vertiente Caribe de la Cordillera de Talamanca hasta la fecha.

Numerosas perforaciones y ensayos de sismica de reflexión han sido realizados en la zona por la Compañía Petrolera de Costa Rica (ahora RECOPE), pero esta información está salvaguardada por la ley de hidrocarburos, por lo que no puede ser accedida para fines académicos. Con el fin de publicar información de la cuenca surgen trabajos académicos gracias al impulso del interés económico en la cuenca. Uno de los trabajos producto de este desarrollo es el trabajo realizado por Bolaños (1983) en el cual evalúa el potencial carbonífero de la zona y describe la Formación Suretka como depósitos de piedemonte, sin un contacto superior establecido y con un espesor mínimo de 200 m. También describe un alto aporte de clastos basalto-andesíticos. Malavassi (1985) también realiza trabajos con los depósitos carboníferos de la cuenca y describe a los conglomerados de Suretka con clastos volcánicos en su mayoría y con espesores de hasta 350 m.

Posteriormente, Campos (1987) define a la Formación Suretka como los depósitos conglomeráticos que marcan la transición entre los depósitos marinos y los continentales en la cuenca Limón Sur. Estos depósitos presentan cuatro facies: interestratificaciones de areniscas gruesas y medias, alternancias de conglomerados con areniscas medias y guijarrosas, areniscas de estratificación delgada a gruesa y conglomerados y lodolitas guijarrosas. También identifica estos conglomerados como depósitos molásicos depositados en ambientes marino-costeros, correspondientes con un ambiente de fan delta interdigitado con los depósitos carbonatados de la Formación Limón. Fernández (1987) lo describe como un conglomerado de mala selección, mal

cementado salvo en locaciones específicas, con cantos decimétricos a métricos de composición andesítica principalmente, inmersos en una matriz piroclástica o arenosa.

Diversos autores (F. Alvarado, 1987; G. Alvarado & Leandro, 1997; Cervantes, 1989; Linkimer & Alvarado, 2002) definen a la Formación Suretka como un conglomerado dividido en cuerpos sedimentarios menores bien seleccionados, con estratificación cruzada, y estratos irregulares de conglomerados cortados por cuerpos arenosos. Las fracciones de mayor tamaño han sido identificadas de forma general por diversos autores (F. Alvarado, 1987; G. Alvarado & Leandro, 1997; Cervantes, 1989; Linkimer & Alvarado, 2002) como andesitas, basaltos y ocasionales intrusivos.

Denyer, Feoli, Murillo, & Rodríguez (1987) trabajan en una zona en donde las formaciones Suretka y Río Banano se interdigitan, y describen facies conglomeráticas y arenosas. Destacan las facies de conglomerado grueso, que presentan materiales con diámetros de 0,12 hasta 1 m y una composición de litologías sedimentarias, intrusivas y volcánicas; y conglomerado polimíctico, con predominancia de clastos volcánicos y sedimentarios, con pocos clastos intrusivos y diámetros desde 0,05 a 0,7 m. Brandes, Astorga, Back, Littke, & Winsemann (2007a, 2007b) afirman que la Formación Suretka se depositó en cuencas del tipo “*piggy back basin*”, desarrolladas por el esfuerzo compresivo de la zona a partir del Paleógeno hasta el Cuaternario.

El primer trabajo específico de la estratigrafía de la Formación Suretka en el sector de Siquirres fue realizado por Vargas et al. (2017), que propone tres facies: facies de conglomerados petromícticos andesítico-basálticos de bloques redondeados y subredondeados mal gradados, facies de lentes de arenas y conglomerados finos a muy finos y facies de lentes de toba. Dichos autores concluyen que el conglomerado Suretka se forma en un ambiente de depositación subaéreo asociado a flujo de detritos y abanicos aluviales. Las facies de areniscas se asocian a zonas de depositación fluvial, con presencia de abanicos aluviales y procesos sedimentarios meándricos.

Finalmente, se han desarrollado trabajos relacionado a la Formación Suretka en el contexto de la evolución de la cuenca Limón Sur, estableciendo una correlación entre la evolución sedimentológica de la cuenca y el proceso orogénico de Talamanca (Astorga et al. (1991), Bottazzi et al. (1994) y E. Fernández et al. (1994)).

## Descripciones litológicas

Según el área de estudio las descripciones litológicas de la Formación Suretka varían en aspectos como composición de los materiales, tamaño de los clastos, composición de la matriz, grado de cementación, entre otros. A continuación, se recopilan las principales características descritas para la Formación Suretka en las tres áreas donde se desarrolló la presente investigación.

### Reserva Biológica Hitoy Cerere

Botazzi (2016) describió detalladamente los depósitos de la formación en el río Hitoy-Cerere y la quebrada Lucha Sin Fin, definiendo los depósitos como facies continentales de abanico aluvial. Dicho autor describe andesitas, riolitas, granodioritas, gabros y lutitas silicificadas como materiales inmersos en el conglomerado. En esta zona la formación presenta una consolidación intensa con cementación sílicea, imbricación de cantos, amalgamación de paquetes y bancos decamétricos lenticulares y elongados.

Bottazzi (2016) realizó un análisis de las secuencias de sedimentación presentes en la cuenca Limón Sur, y determinó que existen tres secuencias sedimentarias (Ver cuadro 2). La tercera secuencia sedimentaria inició a partir del Plioceno, cuando la cuenca comenzó a colmatarse mediante bancos de sedimentación continental, en la que se observa su inicio con una intercalación de depósitos transicionales marinos someros y conglomerados de origen continental. Esta transición pasó a formar bancos de conglomerados y arenas de ambientes pie montanos y de llanura aluvial, correlacionables con la Formación Suretka.

La facies de la cuenca Limón Sur correlacionable con la Formación Suretka en esta zona corresponde a la de bancos amalgamados de conglomerados con geometría canaliforme, la cual Bottazzi (2016) describe como depósitos de clastos elongados y redondeados hasta 10 cm diámetro, con materiales como riolitas, andesitas, gabros y lutitas silicificadas, con intensa consolidación, cemento síliceo, ausencia de fósiles, amalgamación de paquetes e imbricación.

Cuadro 2. Descripción de facies de la secuencia de colmatación de la cuenca Limón Sur de Bottazzi (2016).

Descripción de facies				Asociación de facies		
Facies		Ambiente deposicional	Proceso sedimentario	Proximal	Medio	Distal
Bancos amalgamados de conglomerados con geometría canaliforme	Bases erosivas, clastos redondeados e imbricados	Canal rectilíneo	Depósitos de descarga de fondo	X		
Areniscas gruesas guijarrosas	Gradación inversa o normal	Barras longitudinales o de punto	Anastomosado	X	X	
			Meándrico		X	X
Areniscas finas, limolitas y lutitas	<i>Climbing ripples</i> , geometría lenticular	Áreas de inundación	Depósitos de abanico de desbordamiento			X
Limolitas, lutitas y areniscas muy finas	Lentes carbonosos y geometría tabular		Depósitos de llanura de inundación			X
Limolitas ricas en materia orgánica, hojas y huellas de raíces	Geometría canaliforme	Áreas de abandono	Rellenos de canal abandonado			X

#### Limón - sector central

Campos (1987) realiza la cartografía geológica para el sector central de la provincia de Limón, en la cual describe a la Formación Suretka como depósitos siliciclásticos de transición entre depósitos marinos y continentales. Composicionalmente, describe los depósitos como

conglomerados polimodales y polimícticos, con matriz mal seleccionada y con clastos de calcilitas, conglomerados finos, andesitas, fragmentos de coral, basaltos y otras litologías ígneas.

#### Turrialba -Tucurrique

Para este sector destacan los trabajos de cartografía geológica realizados en el curso de Campaña geológica de 1996, de la Escuela Centroamericana de Geología, los cuales se enfocaron en realizar el estudio geológico y de amenazas naturales para el corredor Turrialba-Siquirres en el que se ubica el poliducto de Recope. Pérez (1996), Chavarría (1996), Sibaja (1996) y Rojas (1996) describen conglomerados en sus respectivas zonas de estudio. Estos autores describen un conglomerado con matriz arenosa, bloques de tamaño centimétrico hasta cantos con diámetro de hasta 2 m. Estos conglomerados los distinguen de otros debido a la presencia de lentes de materiales arenosos y estructuras sedimentarias.

Fernandez (1987) realizó la cartografía de la Hoja Tucurrique, que abarca los poblados de Tucurrique, Turrialba y alrededores. Este autor define esta formación como sedimentos laharicos y de tipo glaciar, formados a partir de la erosión y depositación fluvial. Litológicamente describe conglomerados de matriz piroclástica arenosa color gris oscuro, con cantos decimétricos a métricos de composición andesítica.

Alvarado & Linkimer (2002) realizan una recopilación de la geología del cantón de Turrialba, en el que describen los depósitos de la Formación como conglomerados fluviales y aluviales con materiales de tamaño desde arcillas hasta bloques métricos. Composicionalmente, destacan que los materiales son predominantemente volcánicos con ocasionales bloques intrusivos.

#### Técnicas estadísticas para el análisis de conglomerados

Realizar estudios de análisis de proveniencia con conglomerados es útil y provechoso, ya que los clastos han sido transportados menos distancia en comparación con granos individuales de menor tamaño. Con este tipo de depósitos es posible rastrear fuentes proximales y realizar petrografía y geoquímica a los clastos (Wandres et al., 2004). McDonnell & Craw (2016) analizan la proveniencia de los clastos de un conglomerado mediante estudios de paleocorrientes y paleogeografía para determinar la evolución de la cuenca hidrográfica de una zona, además de realizar análisis geoquímicos de los clastos y análisis estadísticos de las variaciones porcentuales del aporte en la secuencia de deposición.

Jie, Yuanfu, Xiaomin, & Bo (2014) presentan una metodología para la recolección de información de los afloramientos, tomando un área de 1x1 m y midiendo características de los clastos como longitud de ejes, esfericidad, redondez y grado de meteorización, además de un conteo de litologías por metro cuadrado. Esta metodología trata de determinar las variaciones verticales en el conglomerado.

Carrapa, Faiz bin Hassim, Kapp, DeCelles, & Gehrels (2016) estudian mediante la composición mineralógica de areniscas las variaciones en las litologías erosionadas en el periodo de deposición, para determinar la edad de la exhumación de un basamento. Chen, Guo, & Tang (2016), Ebinghaus, McCann, & Augustsson (2012) y Gallastegui, González-Menéndez, Rubio-Ordóñez, Cuesta, & Gerdes (2014) estudian procesos tectónicos a partir de los clastos en depósitos conglomeráticos, utilizando características de los clastos como dimensiones, litología y meteorización. Estos trabajos se basaron en un control estratigráfico detallado para determinar variaciones en composición a lo largo del depósito, además de realizar dataciones y análisis geoquímicos a los clastos.

Al observar las aplicaciones y resultados de los estudios de análisis de proveniencia, petrografía y geoquímica con conglomerados resulta interesante y útil aplicar este tipo de estudios en la Formación Suretka.

## Metodología

La metodología de este estudio se puede dividir en cuatro etapas: definición de las áreas de trabajo dentro de la Cuenca Limón Sur, trabajo de campo para la recolección de datos y materiales a ser analizados en el laboratorio, procesamiento de materiales recolectados y análisis de resultados.

### Etapa 1: Definición de áreas de trabajo

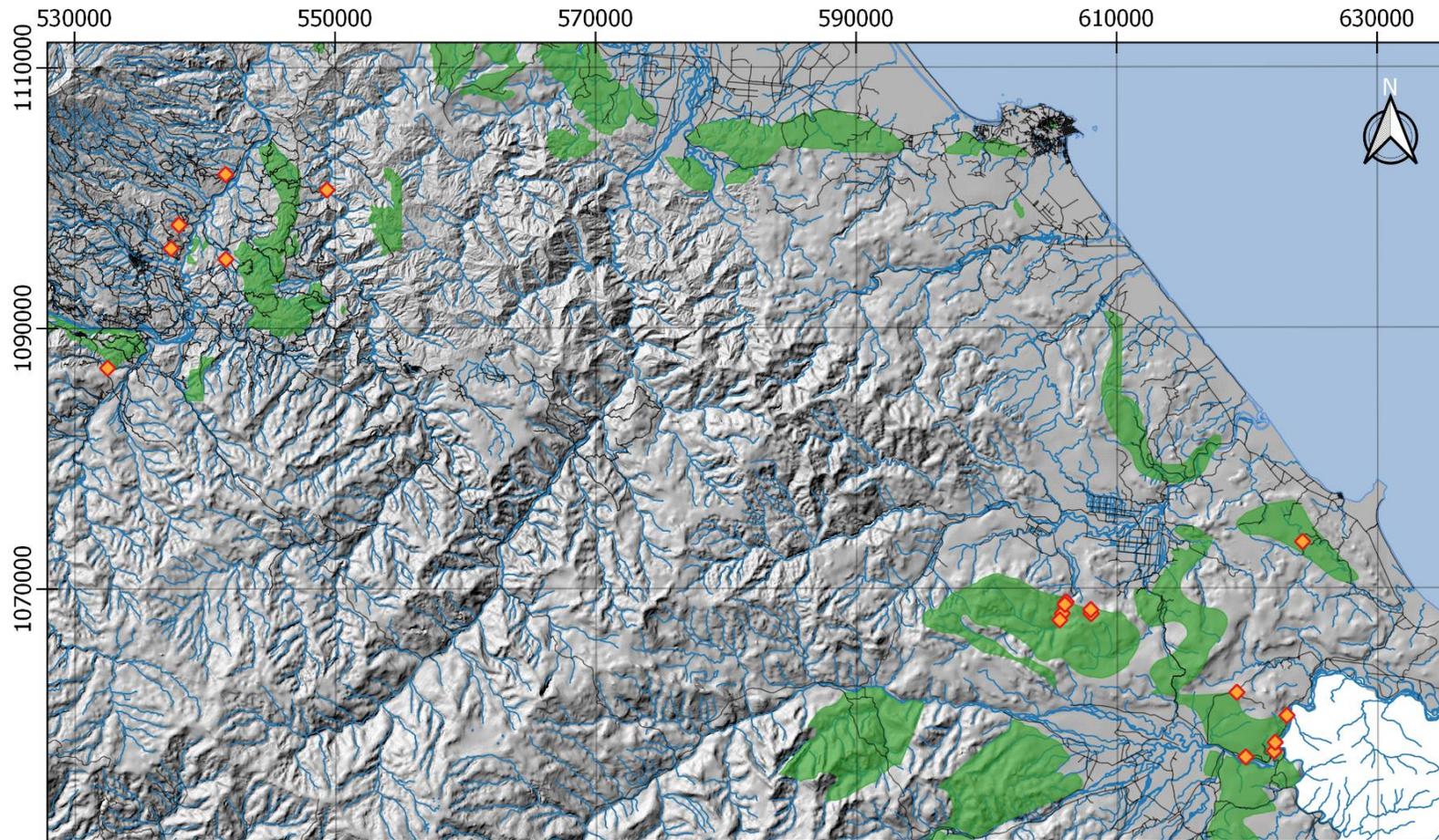
Se inició con la recopilación de información bibliográfica de los estudios existentes sobre la Formación Suretka, con descripciones litológicas y sitios en donde se reporta que aflora dicha unidad. Se determinó la extensión de la Formación Suretka utilizando la información cartográfica de autores que realizaron estudios en la cuenca Limón Sur (Bolaños, 1983; Bottazzi, 2016; Fernández,

1987; Linkimer & Alvarado, 2002; Malavassi, 1985; Sojo, 2015; Vargas et al., 2017). Esta extensión reportada de la formación se considera la población a la que se le realiza un muestreo.

La cartografía geológica de la Hoja Tucurrique es imprecisa en la delimitación de las unidades litológicas, provocando que se encontraran inconsistencias entre la litología descrita en el mapa y lo observado en el campo. Existen trabajos de cartografía geológica pertenecientes a campañas geológicas y proyectos finales de graduación que delimitan mejor las unidades, y brindan indicios de los sitios en los que efectivamente se pueden encontrar afloramientos de la Formación Suretka. Cabe destacar que esta zona presenta una complejidad añadida, ya que se encuentran los depósitos de la Formación Doán, que consisten en conglomerados, brechas y diversos depósitos de origen volcánico.

Zar (2010) define que una población datos es un grupo de mediciones de las cuales uno puede sacar conclusiones, pero indica que estas pueden ser muy grandes, por lo que para sacar conclusiones de las características de esta hay que tomar una muestra para estudiarla. Para el presente estudio se toma como la población los materiales de la Formación Suretka, que se extienden desde el Valle de Talamanca hasta el sector de Tapantí por toda el área correspondiente con la Cuenca Limón Sur, y presenta un espesor superior a 1500 m (Bottazzi, 2016). Debido a las características de la población se decidió realizar un muestreo estratificado, que consiste en realizar una división en estratos de la población total a partir de una característica, para luego muestrear aleatoriamente en los estratos seleccionados (Webster & Oliver, 2007). En este caso, se dividió la población en tres áreas de afloramientos, dividiéndola en los Sectores de: Valle de Talamanca, Reserva Biológica Hitoy Cerere, y Turrialba. En cada una de las tres áreas de trabajo se colectó la información de seis afloramientos.

Los sitios de muestreo seleccionados para el estudio son Turrialba-Tucurrique, el Valle de Talamanca y la Reserva Biológica Hitoy Cerere (Figura 4). Estos sitios fueron seleccionados debido a la cantidad de información geológica que existe, que permitió realizar un trabajo de campo visitando afloramientos reportados de la Formación Suretka. Otros factores que considerar para la selección del sitio fueron la accesibilidad al área y la condición de la red vial, la distribución de los sitios, la cantidad y la calidad de los afloramientos descritos para la zona.



Ubicación de los afloramientos

Cartografía modificada de ONU (1975), Bolaños (1983), Malavassi (1985), Campos (1987) Fernández (1987) y Sojo (2015)

SRC: CRTM05

- Red vial nacional
- ◆ Sitios de muestreo
- Formación Suretka
- Ríos y quebradas



Figura 4: Mapa de ubicación de los dieciocho afloramientos del presente estudio.

Para el trabajo en áreas protegidas del SINAC fue necesario obtener el pasaporte científico, otorgado por SINAC, para la extracción de muestras de rocas y sedimentos. Los sitios de Turrialba-Tucurrique se cubrieron realizando 4 giras de un día, realizando inicialmente una revisión de los sitios descritos con afloramientos, para luego proceder a recopilar la información para el análisis precedente. Para el sector del Valle de Talamanca se realizaron tres giras de tres días cada una, mientras que para el trabajo en la Reserva Hitoy Cerere se realizó una gira de 10 días.

La planificación de las giras de campo para recolección de información se realizó revisando la información bibliográfica disponible para cada área de estudio. Se priorizó la revisión de trabajos que contaran con ubicaciones de afloramientos y sus condiciones, ya que esto simplificó la búsqueda de sitios potenciales para el muestreo. Una vez definidos los sitios por visitar, en campo se revisaron las condiciones de los afloramientos para extraer la información necesaria.

## Etapa 2: Recolección de datos y materiales en el campo

Para seleccionar un afloramiento como sitio de muestreo para el estudio debía cumplir los siguientes criterios: una buena preservación de los clastos y su matriz, que el sitio presentara la exposición de una facies de espesor métrico y con clastos representativos de los afloramientos en la zona en tamaño y forma. El método de levantamiento de información en los afloramientos visitados se realizó de manera estandarizada, basado en la metodología utilizada por Jie et al. (2014). Se trabajó con una grilla cuadrada de 1 m x 1 m (Figura 5), que se colocaba en una única facies del depósito aflorante de la Formación Suretka.



*Figura 5: Grilla de 1 x 1 metro colocada en el afloramiento 290118-G1. En color rojo se denotan los clastos en el afloramiento con un diámetro mayor a 10 cm (coordenadas 656253 E / 171793 N CRTM05) .*

En el área seleccionada inicialmente se describieron las características del afloramiento y sus condiciones, luego las características de la matriz del depósito, relación porcentual de clastos contra matriz, cantidad de clastos con diámetro mayor a 10 cm y la distribución de estos. Además, en el campo, en cada grilla se recolectó una muestra de los materiales < 10cm, los cuales fueron analizados en el laboratorio; se tomaron materiales de zonas con menor grado de meteorización. Para cada grilla se recolectó aproximadamente 2 kg de muestra de matriz y materiales de diámetro hasta los 10 cm.

Posteriormente, para cada clasto >10 cm dentro de la grilla se tomaron los siguientes datos: dimensiones de los ejes principales, grado de redondez y esfericidad (Figura 6), litología del clasto y grado de meteorización (Cuadro 3). De manera determinística se decidió tomar muestras de las litologías representativas en el sitio, que posean un diámetro mayor a 10 cm y que presenten un

grado bajo de meteorización. También se tomó una muestra aleatoria de matriz con materiales con diámetros menores a los 10 cm para ser procesados posteriormente en el laboratorio.

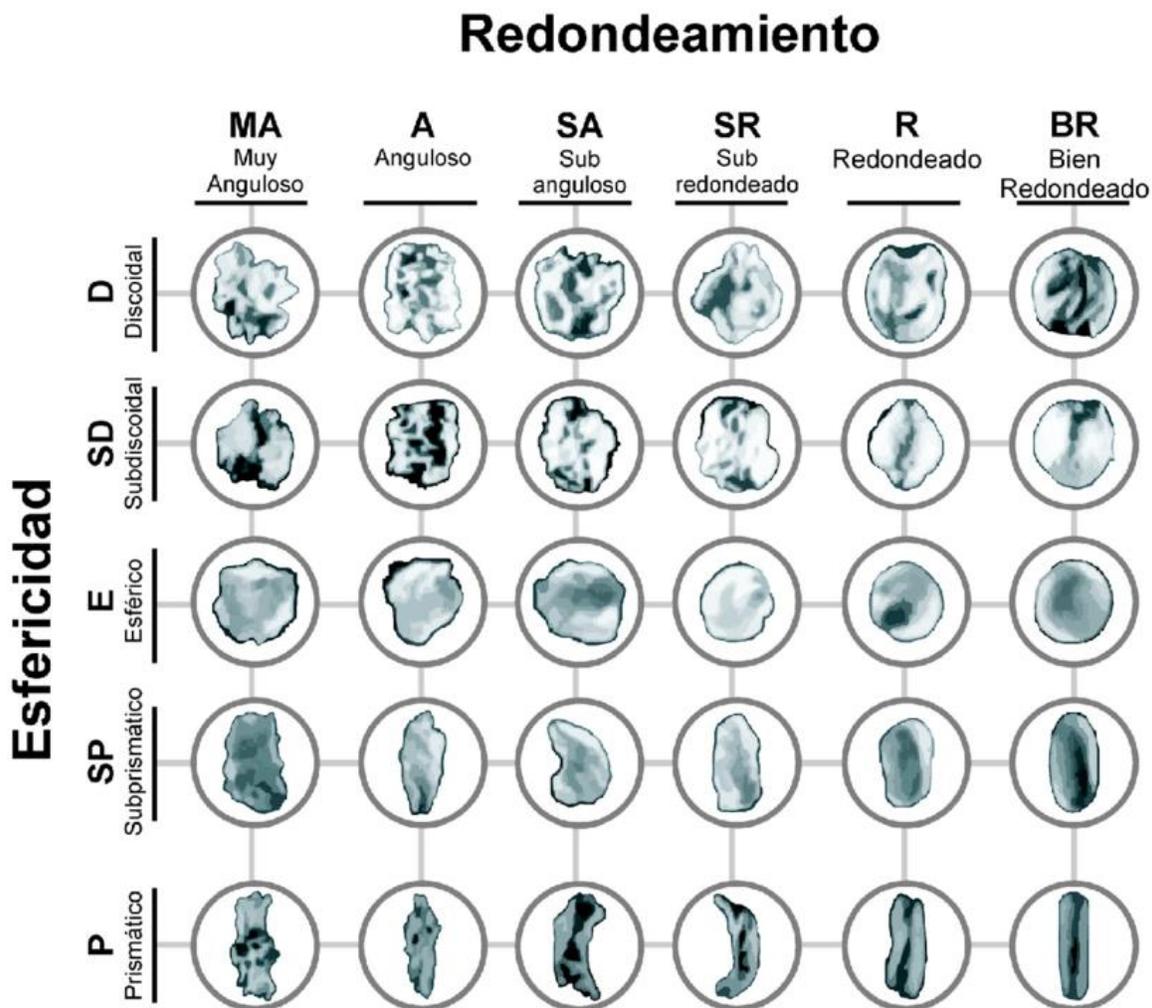
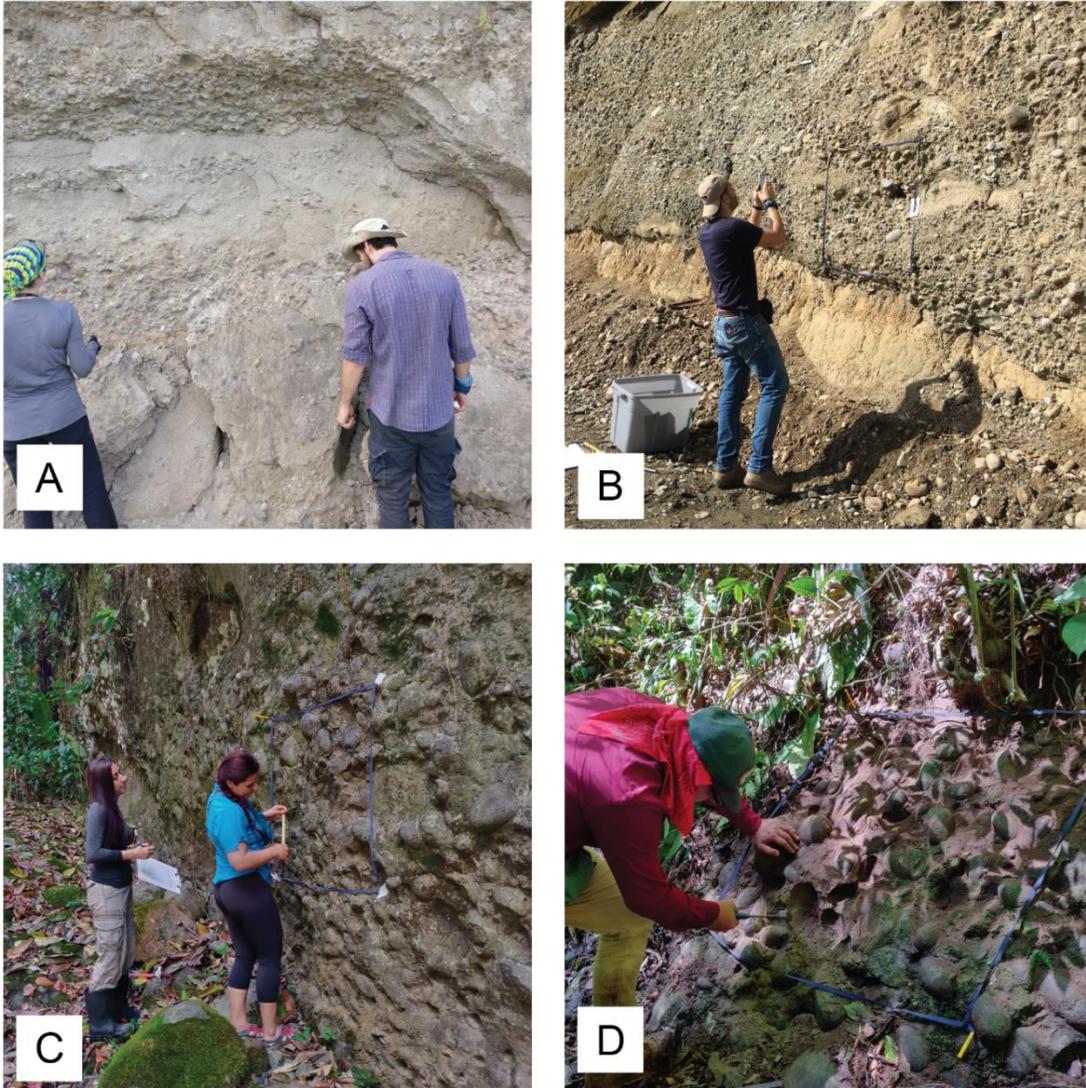


Figura 6. Clasificación de redondez y esfericidad utilizado en la recolección de datos en campo y laboratorio. Tomado de Corbí & Martínez-Martínez (2015).

Cuadro 3. Escala subjetiva del grado de meteorización de los clastos utilizado en campo.

Simbología	Estado de la muestra	Minerales	óxidos	Vetas	Resistencia a la fractura
S	Sana	Sin alteración	Pocos en la superficie	No presenta	Muy resistente, requiere de golpes muy fuertes
LM	Ligeramente meteorizada	Poca alteración en bordes	Presentes a unos cm dentro de la muestra	No presenta	Son necesarios varios golpes
M	Meteorizada	Minerales alterados por toda la muestra	Bordes con óxidos	Puede presentar pocas	Se rompe con un golpe fuerte
MM	Muy meteorizada	Mayoría de los minerales alterados	Presentes en casi toda la muestra	Puede presentar	Se rompe con un golpe
MMM	Totalmente meteorizada	La totalidad de la roca se encuentra alterada	Presentes en toda la muestra	puede presentar	Se rompe con facilidad



*Figura 7: etapas de la colección de información y materiales en campo. A) Se elige el sitio para colocar la grilla de 1x1 m en solo una facie del depósito (656253 E / 171793 N CRTM05). B) Se coloca la grilla y se toma registro fotográfico (658431 E / 172243 N CRTM05). C) Se miden los clastos para reconocer cuáles se van a extraer para su descripción y medición (605582 E / 1067542 N CRTM05). D) Se extraen del afloramiento los clastos mayores a 10 cm para su descripción (642459 E / 183688 N CRTM05).*

### Etapa 3: Procesamiento en el laboratorio de materiales recolectados

#### 3.1. Análisis petrográfico de los materiales

Tras el criterio de muestreo en campo las muestras representativas de las litologías ígneas encontradas se llevaron al Laboratorio de Petrografía de la Escuela Centroamericana de Geología,

para realizar secciones delgadas. Durante el trabajo se campo se recolectaron 107 muestras de rocas, de las cuales 55 fueron seleccionadas para hacer una sección delgada, de las cuales 15 secciones pertenecen al Valle de Tamanca, 14 al área de Turrialba-Tucurrique y 21 secciones provienen de la Reserva Biológica Hitoy Cerere. Estas secciones fueron descritas utilizando un microscopio de luz polarizada modelo Eclipse LV100N POL de la marca Nikon, y la toma de fotografías en microscopio se realizó con una cámara Nikon modelo DS-Fi2.

Para la descripción petrográfica de rocas plutónicas se utilizó la clasificación de Streckeisen (1976) y para la descripción de lavas se utilizó la clasificación de Streckeisen (1979). Ambas clasificaciones se basan en la composición mineralógica de las rocas a partir del contenido de plagioclasa, álcalis, cuarzo, feldespatoides, el índice máfico y el contenido de anortita de la roca. Las secciones piroclásticas se describieron utilizando la metodología de Solano (2018), que toma en cuenta una clasificación composicional y granulométrica para este tipo de rocas. Con las composiciones de cada muestra se realizó el análisis composicional, comparando las composiciones obtenidas con las reportadas para los grupos litológicos presentes en las cimas de la Cordillera de Tamanca.

### 3.2 Análisis sedimentológico de los materiales

Los materiales muestreados en el campo fueron analizados en el laboratorio de la Sección de Estratigrafía y Paleontología de la Escuela Centroamericana de Geología. En el laboratorio se analizaron los materiales <10cm previamente recolectados en cada una de las cuadrículas analizadas en el campo. En algunos casos, debido a que el grado de cementación varía dependiendo del afloramiento, las muestras con una cementación intensa fueron sometidas a baños con ácido fluorhídrico al 1% v/v; para así poder disgregar las muestras en sus fracciones granulométricas y poder trabajar en los análisis respectivos.

Las de sedimentos fueron secadas en un horno a una temperatura de 60°C, para eliminar la humedad en la matriz y realizar una separación en seco de los materiales.

Posteriormente, las muestras recolectadas fueron divididas en partes iguales utilizando un cuarteador, con el fin de guardar una fracción como testigo. La fracción restante de la muestra se clasificó utilizando los tamices número 3/8, 10, 40, y 100; y a partir de esto se obtienen diferentes

clases (Cuadro 4). Para cada fracción de la muestra se realizó el procedimiento descrito a continuación.

*Cuadro 4. Clasificación granulométrica de las muestras de matriz.*

N° malla (US Standard Sieve)	Diámetro (mm)	Clase
3/8'	9.5	Grava media y gruesa
10	2	Grava fina
40	0.42	Arena gruesa
100	0.15	Arena media y fina
Fondo		Limos y arcillas

*Grava media y gruesa (10 a 0,95 cm)*

Estos materiales fueron descritos con la misma metodología que se utilizó para los clastos mayores a 10 cm en la recolección de datos tomados en el campo. Se midieron sus ejes mayores y se clasificaron por características como redondez, esfericidad, tipo de litología y grado de meteorización. Para los fragmentos más pequeños se requirió utilizar un estereomicroscopio Motic para así determinar la litología de este y poder analizar las características como grado de meteorización (Figura 8).

Debido a la gran cantidad de material recuperado de esta fracción granulométricas se requirió establecer un método de análisis de los materiales que permitiera obtener la información estadísticamente adecuada con un esfuerzo de muestreo razonable. Con el fin de establecer el esfuerzo de muestreo óptimo se realizaron curvas de rarefacción, una metodología aplicada en diferentes ramas de la ciencia.

Las curvas de acumulación de especies (también conocidas como curvas de rarefacción) son gráficas que se utilizan para definir la cantidad de individuos a muestrear de una población, que garantice que no se pierda información sobre la cantidad de tipos de datos con ciertas características presentes (Sanders, 1968). Este es un método de interpolación de información obtenida, en el que se estandariza un muestreo entre diversas poblaciones para poder comparar la diversidad en ellas (Siegel, 2006). La rarefacción toma como premisa que la población se distribuye al azar en el espacio y que una muestra es recolectada de manera aleatoria (Jiménez-valverde & Hortal, 2003), para así

evaluar la riqueza de tipos en una muestra aleatoria de una población (Hulbert, 1971). Esto se realiza mediante el conteo de elementos a identificar de una muestra aleatoria que se va aumentando en tamaño.



Figura 8: Procesamiento de las fracciones centimétricas de las muestras de matriz. A) Con ayuda de las mallas granulométricas se separan los fragmentos con un diámetro mayor a  $3/8'$  y se secan en un horno a  $60^{\circ}\text{C}$ . B) Los fragmentos son enumerados para realizar su respectiva descripción. C) Con ayuda del equipo de trabajo de campo se miden las propiedades para cada fragmento. D) Para los fragmentos más pequeños se utiliza un estereoscopio para realizar su descripción.

Esta metodología de estandarización estadística de muestreo se adaptó para ser utilizada en conteos de materiales sedimentarios. En el presente trabajo se realizó un análisis de tipos litológicos contra el número de detecciones realizadas, para así establecer una curva de acumulación de tipos litológicos respecto a la cantidad de fragmentos contados. Estos conteos se realizaron con ayuda de un estereomicroscopio Motic, separando las muestras recolectadas para el sector del Valle de Tlamanca.

La cantidad de detecciones (en este caso fragmentos de roca o mineral) contados en el eje X y en el eje Y se muestran la cantidad de tipos litológicos encontrados. Conforme aumenta la cantidad de detecciones identificadas aumentará la cantidad de tipos encontrados en una tendencia logarítmica, hasta llegar a una cantidad N de detecciones en la que la tendencia se estabiliza hacia la asíntota. En el punto de estabilización de la gráfica se establece el número N de detecciones necesarios para tener una muestra representativa de la población de materiales a analizar, garantizando la totalidad de información litológica (Figura 9).

Las curvas de rarefacción del presente estudio se realizaron con los conteos de las fracciones de grava y arena de las muestras recolectadas en el sector del Valle de Tlamanca. Se observa que la tendencia de los datos es de estabilizarse a los 150 fragmentos, por lo que se estableció ese número como la cantidad de muestra a describir en dichas fracciones para el presente estudio.

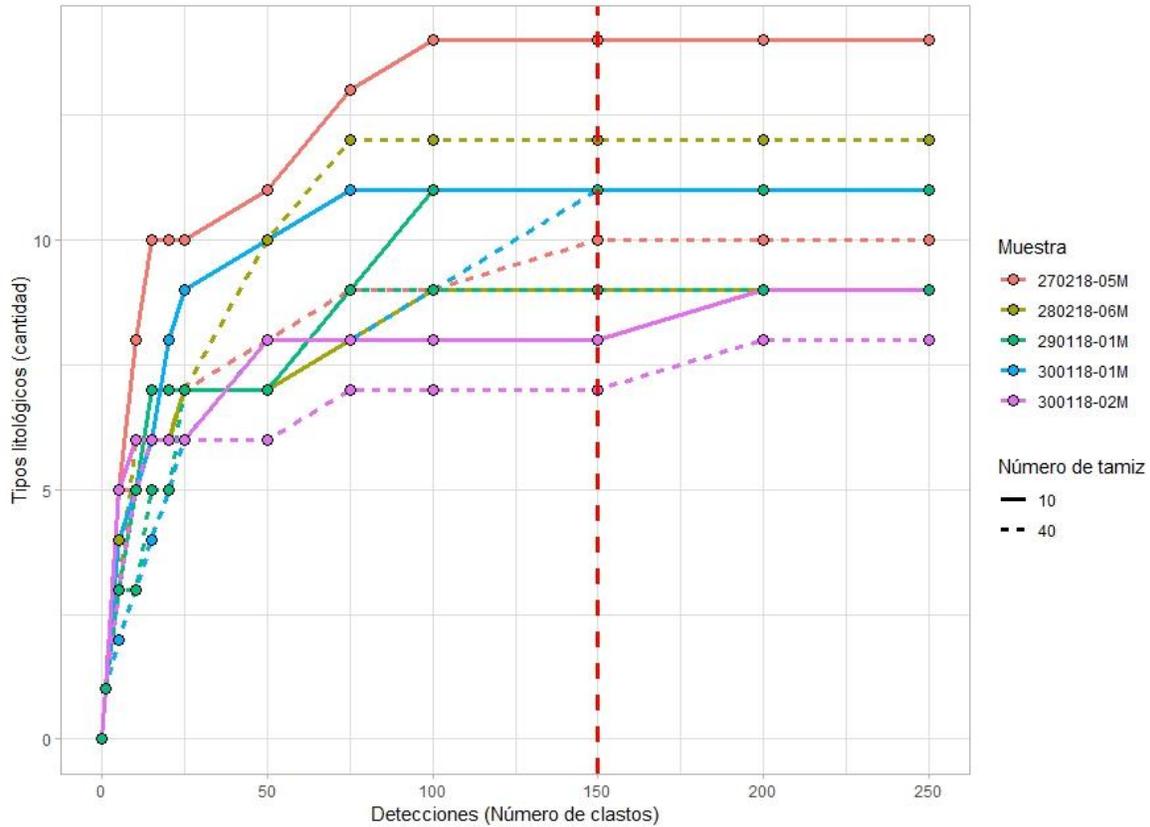


Figura 9: Curvas de rarefacción realizadas en el presente trabajo para determinar el esfuerzo de muestreo de gravas finas y arenas gruesas de la matriz. La línea vertical roja indica la cantidad de clastos que se tomó como la muestra estandarizada para las muestras recolectadas, debido a la estabilización de las curvas a los 150 clastos.

#### Etapa 4. Análisis estadísticos y correlación de datos

##### 4.1. Correlación de información petrográfica de las unidades ígneas de la Cordillera de Talamanca

Para establecer la correlación entre los materiales presentes en la Formación Suretka y las unidades ígneas aflorantes en Talamanca se tomaron como referencia para las descripciones petrográficas de las unidades ígneas de la Cordillera de Talamanca de los trabajos realizados por Ulloa & Delgado (2011) y Alfaro (2017). En dichos trabajos se describen y categorizan petrográficamente las distintas unidades ígneas de los arcos magmáticos del Mioceno y Plioceno de la zona de Talamanca, junto con la actividad intrusiva.

### *Análisis composicional de Datos (CoDA) con las composiciones petrográficas*

Con las descripciones petrográficas obtenidas de los clastos ígneos de la Formación Suretka se realizó un análisis CoDA, comparando la composición de las muestras estudiadas con las composiciones obtenidas por Alfaro (2017) y Ulloa & Delgado (2010).

Tomando en cuenta las definiciones petrográficas de las unidades encontradas en las cimas de la Cordillera de Talamanca se agruparon las muestras descritas provenientes de la Formación Suretka que presentasen la misma mineralogía, textura de matriz y en algunas muestras los minerales de alteración presentes. Así es como se establecieron agrupaciones de muestras de la Formación Suretka con las litologías en las cimas de Talamanca para aplicar un análisis CoDA.

El Análisis Composicional de Datos (CoDA por sus siglas en inglés *Compositional Data Analysis*) es una metodología para analizar conjuntos de datos multivariados cerrados, como lo son la composición de las rocas (Van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013). La aplicación de métodos estadísticos ordinarios a datos que están sujetos a correlaciones falsas puede conducir a resultados erróneos (Agterberg, 2014).

Por consiguiente, para evitar correlaciones falsas se utilizó el cálculo del índice de atipicidad para comparar cada muestra seleccionada de la Formación Suretka, con la composición de todas las muestras descritas para cada formación presente en la Cordillera de Talamanca. La distribución predictiva asigna una densidad de probabilidad a cada posible composición y cuanto menor es la densidad asignada a una composición, más se inclina a la atipicidad. Primero se determina la densidad asociada con la composición de las muestras de referencia, luego se calcula la probabilidad, sobre la base de la distribución predictiva, de que la composición de la muestra a analizar tenga una densidad mayor que la densidad de la composición dada. Por tanto, el índice de atipicidad oscila entre 0 y 1 y cuanto más se acerca a 1, más atípica es la composición dada (Aitchison, 1986).

Para poder realizar el cálculo del índice de atipicidad se deben considerar las siguientes condiciones:

- La cantidad de muestras a analizar debe ser menor a la cantidad de muestras utilizadas como patrón de referencia de la composición real.
- El número de variables (minerales) no debe ser mayor a la cantidad de muestras utilizadas como patrón de referencia de la composición real.

En el Cuadro 5 se tabula la cantidad muestras descritas por autor para cada formación, la cantidad de muestras asociadas presentes en los materiales de la Formación Suretka y la cantidad de minerales presentes en dichos análisis. De las 6 unidades litológicas asociadas en el presente trabajo, solamente la unidad de Granitos y granodioritas del Intrusivo de Talamanca presenta más variables (minerales) en la roca que la cantidad de descripciones petrográficas que la definen, por lo que no es posible calcularle el índice de atipicidad.

A partir de estos datos se calcula el índice de atipicidad utilizando GMisc, paquete de R elaborado por Garnier-Villarreal (2020b), el cual compara una muestra con la composición dada. Se toma como norma que un índice de atipicidad mayor a 0,9 significa que la muestra no corresponde a la misma formación de referencia, ya que su composición no es estadísticamente representativa.

De las muestras que composicional o texturalmente no pueden ser asociadas a las unidades presentes en la cima de la Cordillera de Talamanca solo se realizó una descripción petrográfica completa. Estas unidades litológicas representan una incógnita sobre su relación cronoestratigráfica en la evolución del arco de la Cordillera de Talamanca.

*Cuadro 5: Resumen de la información utilizada para el cálculo del índice de atipicidad de las muestras recolectadas de la Formación Suretka. Se muestra si, a partir de la información obtenida de definiciones petrográficas de las unidades de las cimas de la Cordillera de Talamanca se puede realizar una evaluación de pertenencia de las muestras de materiales de la Formación Suretka.*

Nombre de la formación	Litologías	Autor	Muestras descritas por el autor	Muestras de la Formación Suretka	Cantidad de componentes (minerales)	índice de atipicidad
Formación La Cruz	Andesitas	Alfaro (2017)	23	16	7	Si
Intrusivo de Talamanca	Granitos y granodioritas	Ulloa & Delgado (2010)	5	2	7	No
Intrusivo de Talamanca	Sienitas, dioritas y monzodioritas	Ulloa & Delgado (2010) Alfaro (2017)	10 5	3	9	Si
Unidad Dúrika	Latitas	Alfaro (2017)	7	3	6	Si
Unidad Kamuk	Basaltos y andesitas	Alfaro (2017)	6	5	5	Si
Basaltos Cerro Cabécar	Basaltos	Ulloa & Delgado (2010)	9	6	7	Si

## 4.2. Procesamiento de la información sedimentológica

Una vez generados los datos de los materiales sedimentarios, se procesó la información con el *software* estadístico R (R-Core-Team, 2020). Se creó una rutina nueva para el procesamiento de los datos obtenidos por área de estudio, de los cuales se obtuvieron los gráficos que se realizaron con el paquete de comandos *ggplot2* (Wickham, 2016). Con esta herramienta se realizó el análisis de las relaciones entre las distintas propiedades observadas en los materiales de la Formación Suretka y cómo estas varían según el área de estudio.

Para el análisis de la información sedimentológica recolectada se utilizaron relaciones entre datos medidos para obtener algunos parámetros de las rocas. Por ejemplo, se realizó el cálculo de la razón entre el eje Z y el eje X como una fracción que arroja un valor entre 0 y 1, asociado a la forma de los clastos.

Para realizar la comparación entre el grado de meteorización y el tamaño del clasto se utilizó el área de la elipse formada por los ejes medidos para cada clasto, ya que resulta en la relación que ejemplifica, en un plano bidimensional, el tamaño aproximado de los bloques. En la Figura 10 se muestra la elipse formada a partir de los ejes medidos en los bloques. El área de una elipse se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$A = \pi * a * b$$

En donde:

- A: Área de la elipse del corte transversal del bloque.
- a: longitud del eje X dividido entre 2.
- b: longitud del eje Z dividido entre 2.

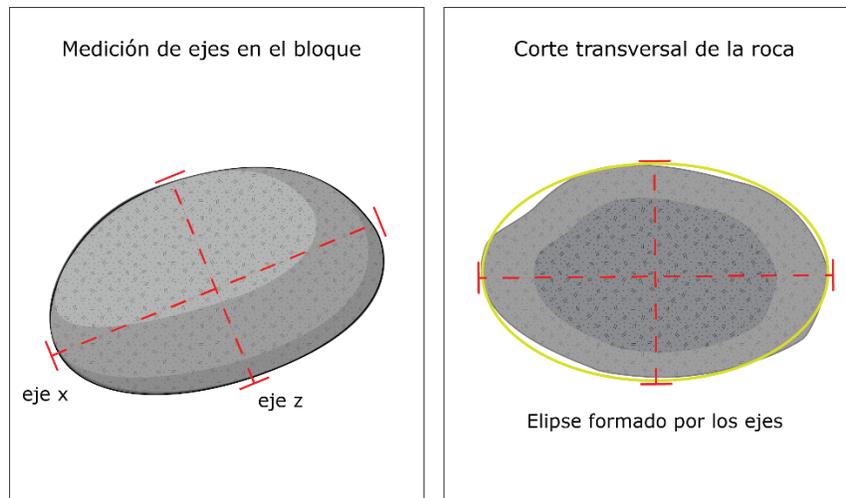


Figura 10: Ejemplo del área medida de los clastos para cuantificar su tamaño.

Para la interpretación de los gráficos elaborados es necesaria la introducción a ciertos conceptos de estadística inferencial, ya que se utilizaron distintas pruebas de hipótesis con los datos de la Formación Suretka. Una hipótesis es una aseveración sobre una población que nunca se va a saber con certeza si es correcta o no. Para intentar responder a la hipótesis planteada se toma una muestra representativa y se usa en pruebas estadísticas para llegar a una conclusión (Garnier-Villarreal, 2020a).

Las pruebas de hipótesis se formalizan por medio de la hipótesis nula y la hipótesis alterna. La hipótesis alterna es la afirmación que se quiere probar, mientras que la hipótesis nula es lo que se opone. La hipótesis nula generalmente representa la ausencia de una relación o diferencia, mientras que la hipótesis alterna demuestra la existencia de una relación o diferencia (Garnier-Villarreal, 2020a). Al hacer una prueba de hipótesis se busca obtener uno de dos resultados: rechazar la hipótesis nula y afirmar que la hipótesis alterna es estadísticamente representativa para los datos o no rechazar la hipótesis nula y determinar que no hay suficiente evidencia para validar la hipótesis alterna.

Para determinar si una prueba estadística rechaza la prueba estadística se debe utilizar el *valor p*, que se evalúa con el nivel de significancia de 0,05 utilizado en el presente estudio. Si el *valor p* obtenido de la prueba estadística cumple que es menor que el valor de significancia se rechaza la hipótesis nula (Garnier-Villarreal, 2020a). Para el presente trabajo, al realizar las pruebas estadísticas entre cientos de muestras, se utilizaron las pruebas ANOVA (*Analysis of Variance*). Estas

pruebas permiten dilucidar la similitud entre muestras sin incurrir en problemas por la cantidad de muestras y comparaciones que inflen el error del análisis, incurriendo en conclusiones erróneas (Garnier-Villarreal, 2020a). Estas pruebas se utilizan para saber si existen diferencias entre grupos en la muestra respecto a la media total de los datos. Con el fin de establecer entre que categorías se presentan las diferencias encontradas en las pruebas ANOVA, se utilizó la prueba Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*), que utiliza un ajuste del error tipo-I para determinar entre cuales grupos se encuentran las diferencias significativas demostradas por la prueba ANOVA (Garnier-Villarreal, 2020a).

Otro concepto utilizado para el análisis de los datos de la Formación Suretka es el de la correlación de Pearson, que es una medida de asociación entre dos variables numéricas continuas que indican la magnitud y su dirección (Garnier-Villarreal, 2020a). Este coeficiente se encuentra entre -1 y 1, si el coeficiente de correlación de Pearson arroja un resultado positivo significa que las variables presentan una correlación positiva (si una variable aumenta, la otra lo hará también), mientras que si se obtiene un resultado negativo significa que existe una correlación negativa (si una variable aumenta, la otra disminuirá) (Aitchison, 1986).

## Resultados

A partir de la información recopilada en campo y el análisis de las muestras de la matriz en laboratorio se realizó un estudio composicional detallado de los conglomerados de la Formación Suretka, con el fin de definir de manera cuantitativa las características de estos conglomerados, como su composición, grado de meteorización, tamaño promedio de los materiales, entre otros. Se obtuvieron datos de dieciocho afloramientos (Figura 4), de los cuales se contabilizaron 444 clastos con diámetro mayor a 10 cm y 1106 clastos con diámetro entre 1 y 10 cm.

De forma general, partiendo de los datos tomados en las tres áreas, se define a las facies estudiadas de la Formación Suretka como materiales de tipo conglomerado polimíctico, con clastos redondeados y subdiscoidales que presentan materiales como andesitas y basaltos como sus litologías principales, con tamaños centimétricos a decimétricos que pueden alcanzar los 50 cm de diámetro. La matriz está compuesta de arenas medias color beige, con un grado de cementación silíceo muy variable dependiendo de la zona. En algunos casos los depósitos estudiados presentan intercalaciones de arenas medias y finas beige levemente cementadas con laminaciones y gradación normal.

La composición de los clastos mayores de 10 cm corresponde en su mayoría con andesitas, basaltos y andesitas basálticas (Figura 11). El siguiente grupo de mayor representación son los materiales indeterminados, los cuales son clastos en los que no se logró determinar la litología debido al alto grado de meteorización. Asimismo, en el caso de los clastos de tamaño de 1 a 10 cm (Figura 12) es de destacar que aproximadamente la mitad de los clastos no ha sido posible determinar su litología debido a su alto grado de meteorización. Dentro de las litologías que predominan están andesitas, lutitas, basaltos y gabros. A diferencia de los bloques de diámetros mayores a 10 cm, en esta fracción se encuentran clastos de rocas sedimentarias.

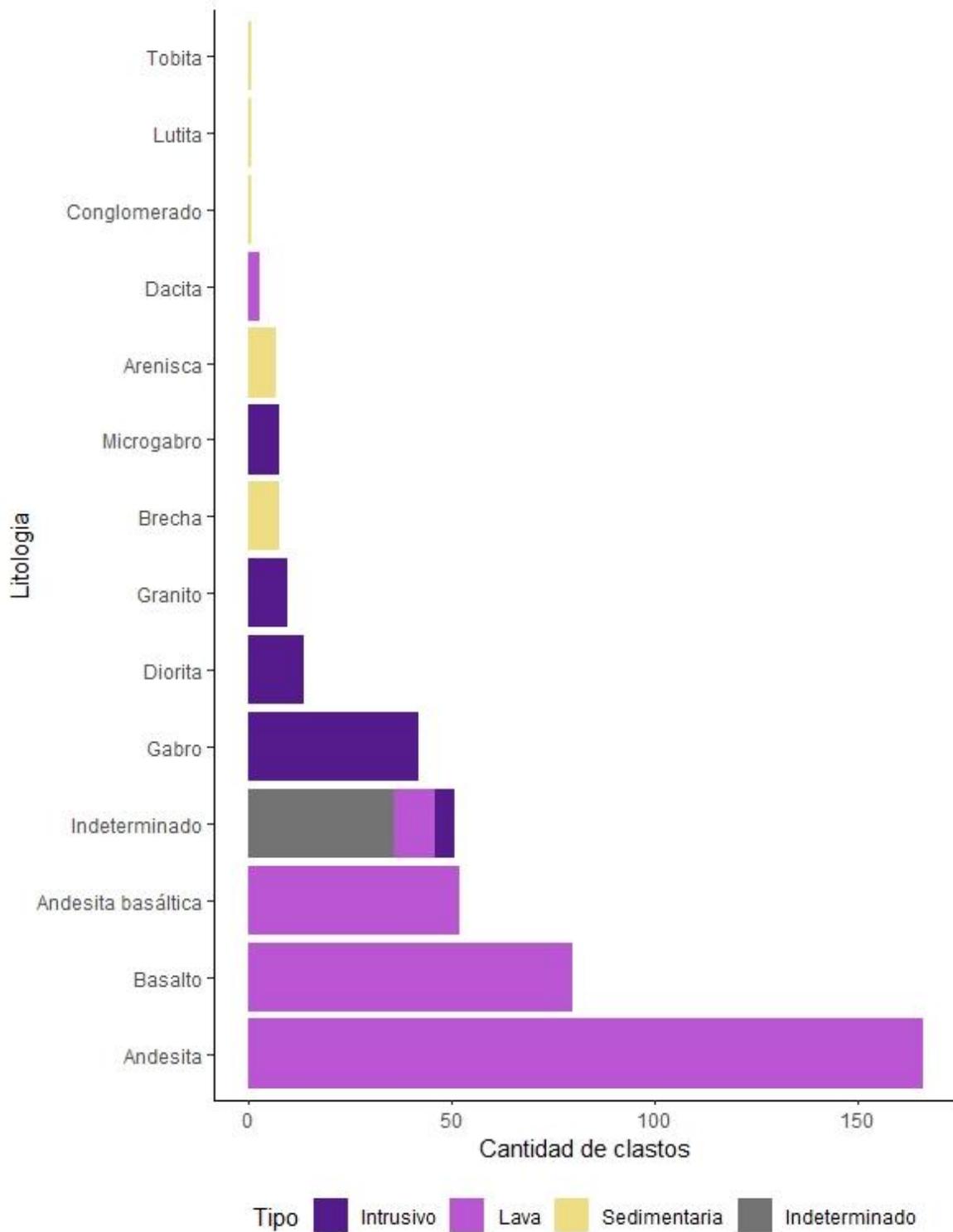


Figura 11: Distribución de tipos litológicos en clastos con diámetros > 10 cm en la Formación Suretka.

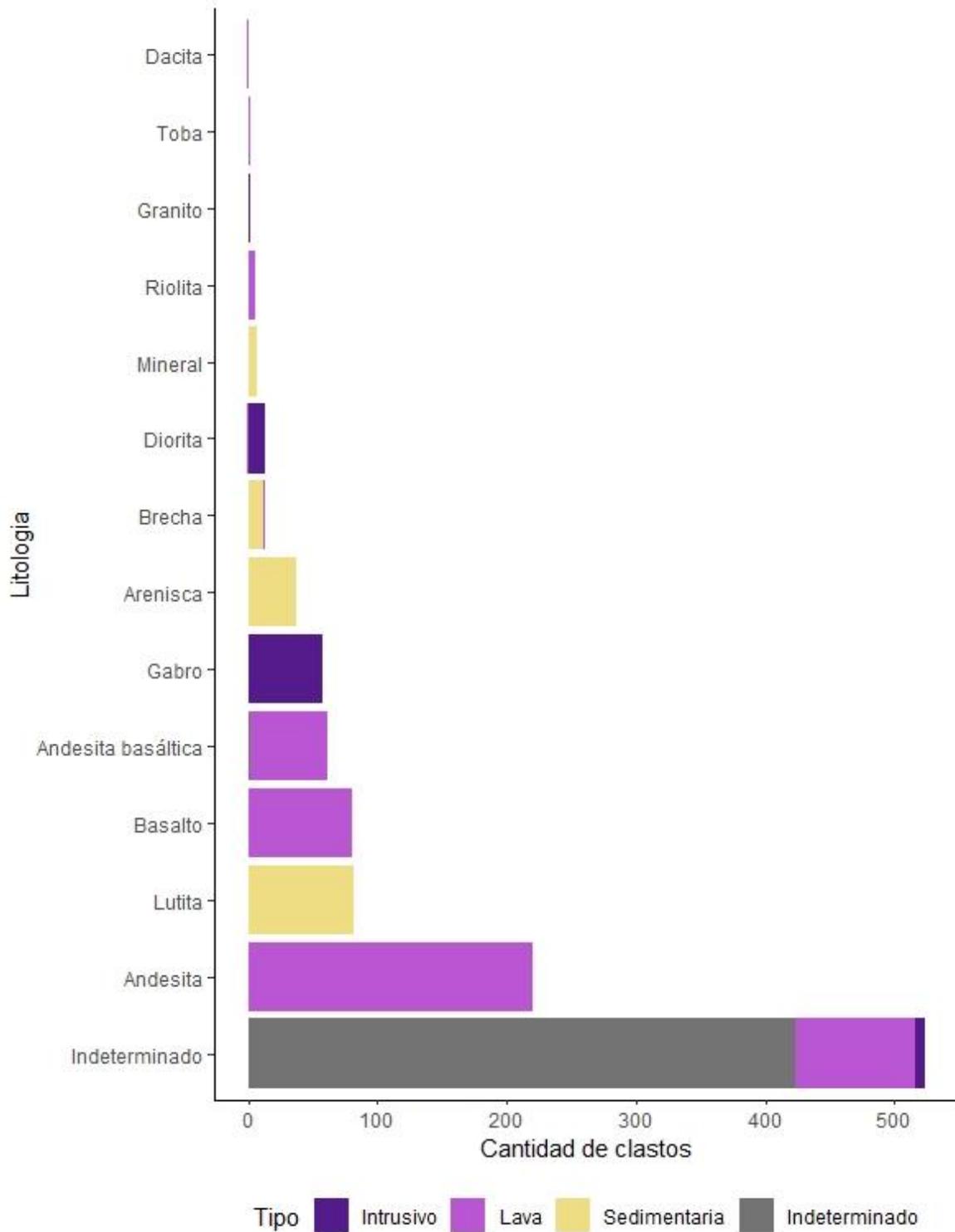


Figura 12: Distribución de tipos litológicos en clastos con diámetros < 10 cm en la Formación Suretka.

Para los materiales con un diámetro mayor a 10 cm de todas las áreas, las características más recurrentes son clastos redondeados subdiscoidales o redondeados subprismáticos (Figura 13), mientras que en los materiales centimétricos (Figura 14) predominan los clastos subprismáticos subredondeados o subangulares.

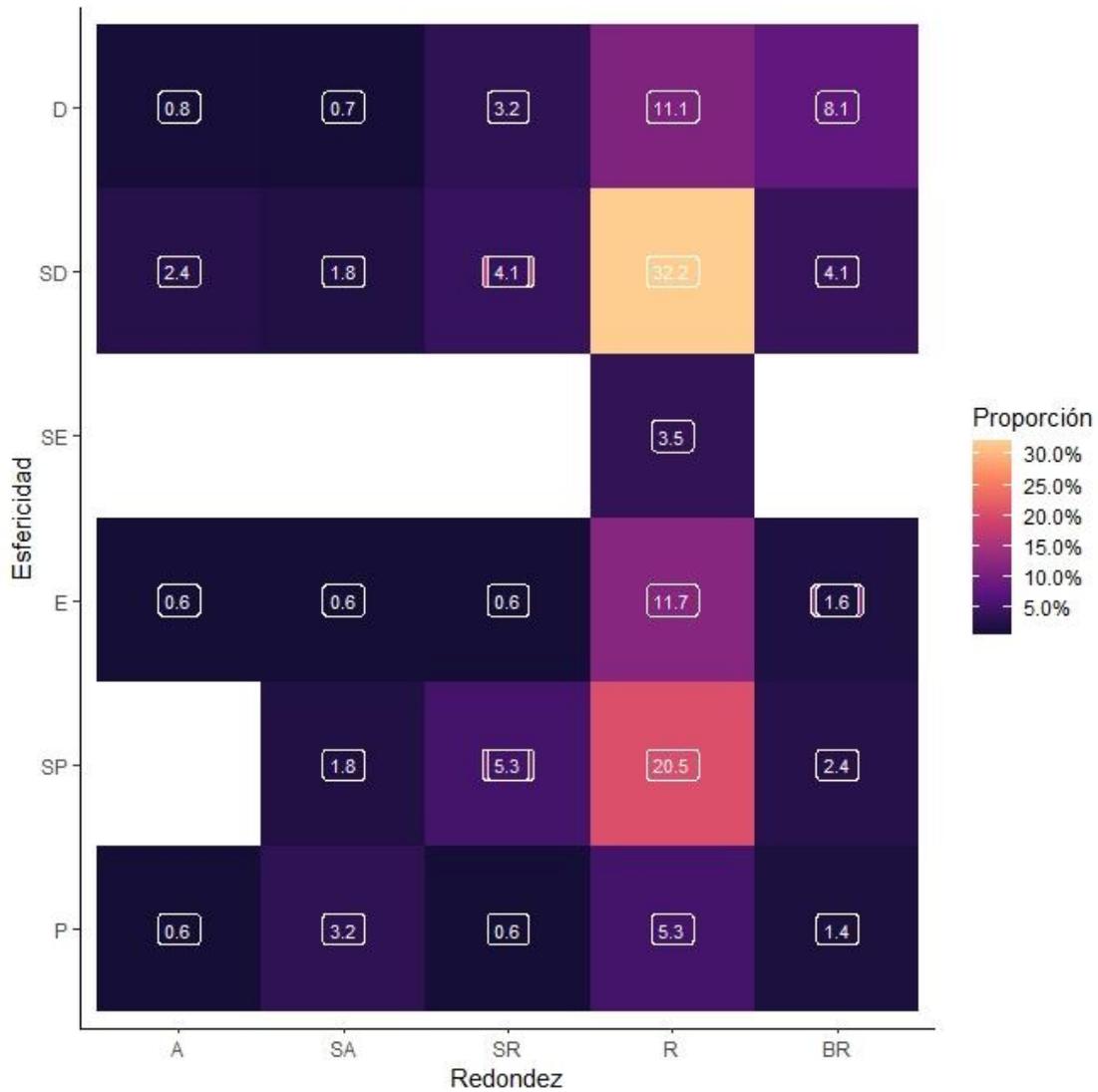


Figura 13: Densidad de clastos según su clasificación de redondez y esfericidad para los clastos de diámetro > 10 cm.

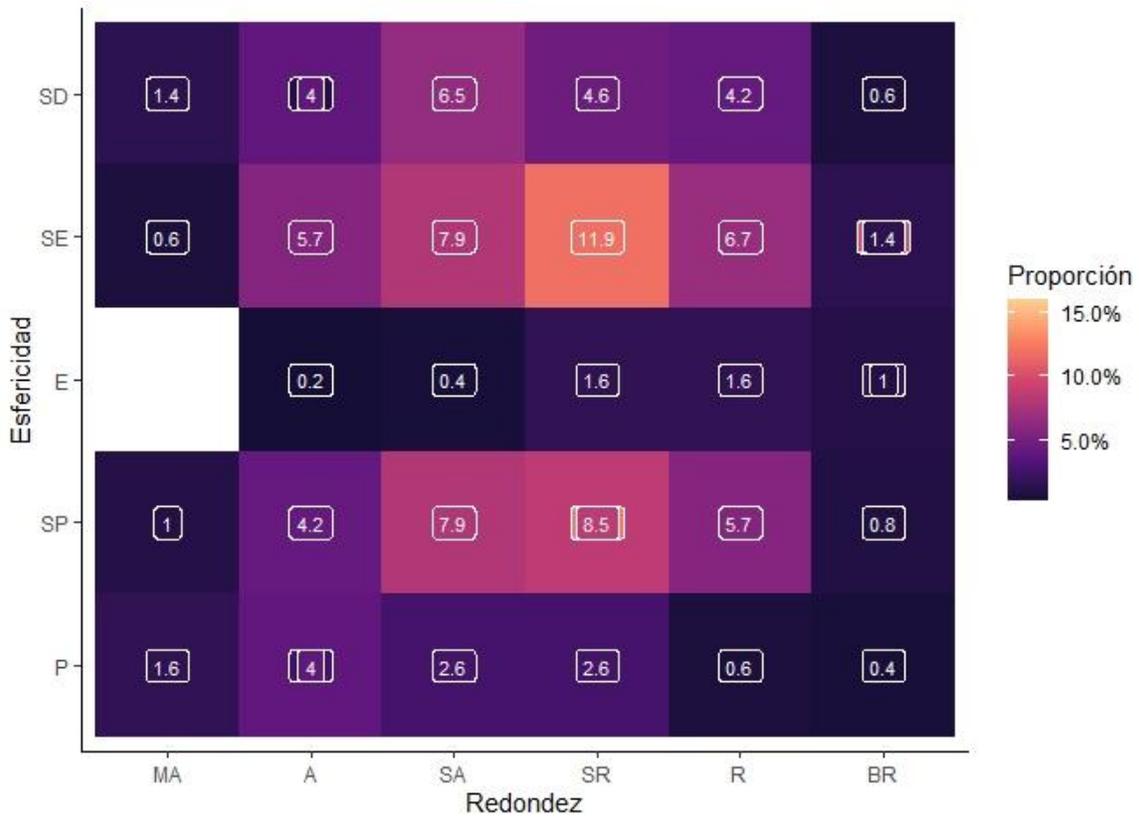


Figura 14: Densidad de clastos según su clasificación de redondez y esfericidad para los clastos de diámetro <10 cm.

De las 55 secciones delgadas analizadas con las muestras recolectadas 5 son rocas intrusivas, 39 volcánicas, 4 piroclásticas y 3 sedimentarias (Cuadro 6).

Cuadro 6. Listado de secciones realizadas por área de estudio según su litología determinada por medio de análisis microscópico.

Litología	Valle de Talamanca	Turrialba-Tucurrique	Hitoy Cerere
Volcánica efusiva	7	13	19
Intrusivo	4	1	0
Piroclástica	2	0	2
Sedimentaria	1	0	0
Total	14	14	21

En cada área de estudio se realizaron seis sitios de levantamiento de información. Estos sitios se seleccionaron de manera que representen las características promedio de los afloramientos de la Formación Suretka en cada zona de estudio.

## Valle de Talamanca

Los afloramientos de la Formación Suretka en el Valle de Talamanca se ubican principalmente en los cortes de carretera de las rutas viales que comunican las comunidades de Bribri, Suretka y Bratsi (Figura 15). Estos afloramientos representan una exposición relativamente fresca de la formación, debido a que los trabajos realizados para el desarrollo de dicha ruta no tienen más de cinco años de realizados. Dichas exposiciones tienen alturas desde 1 m hasta 20 m.

Los afloramientos en este sector presentan diferencias importantes en grado de meteorización y cementación (Figura 16). El afloramiento 310118-G4 presentaba una cementación silícea alta, por lo que la disgregación de la matriz requirió de un tratamiento en el laboratorio (ver sección de Metodología). Los materiales en los demás afloramientos presentaban menor cementación de sus materiales, por lo que era posible disgregar la matriz por medios mecánicos simples.

Los depósitos de la Formación Suretka estudiados en el Valle de Talamanca destacan por tratarse de intercalaciones de lentes decimétricos a métricos de conglomerados con lentes de arenas medias y finas. Estos lentes presentan formas elongadas irregulares, con pocas estructuras sedimentarias. En general los paquetes de conglomerados no presentan imbricación ni otras estructuras sedimentarias, y en su mayoría presentan un soporte de clasto por matriz. En los lentes de arenas se observa gradación normal, con ocasionales laminaciones finas de gravas finas.

La columna estratigráfica de la zona del Valle de Talamanca (Figura 17) se levantó en el sitio del afloramiento 300118-G2. Esta secuencia se asocia en la base con facies producidas por procesos de depósitos de carga de fondo de canales rectilíneos, y hacia el tope con facies de barras longitudinales o de punto, según las definiciones de facies realizada por Bottazzi (2016). La columna estratigráfica descrita en el sitio del afloramiento 310118-G4 corresponde a facies de canal rectilíneo, ya que corresponden con bancos amalgamados de conglomerados (Figura 18). Ambas columnas estratigráficas descritas en el área del Valle de Talamanca corresponden con facies de abanico aluvial proximal a medio (Bottazzi, 2016).

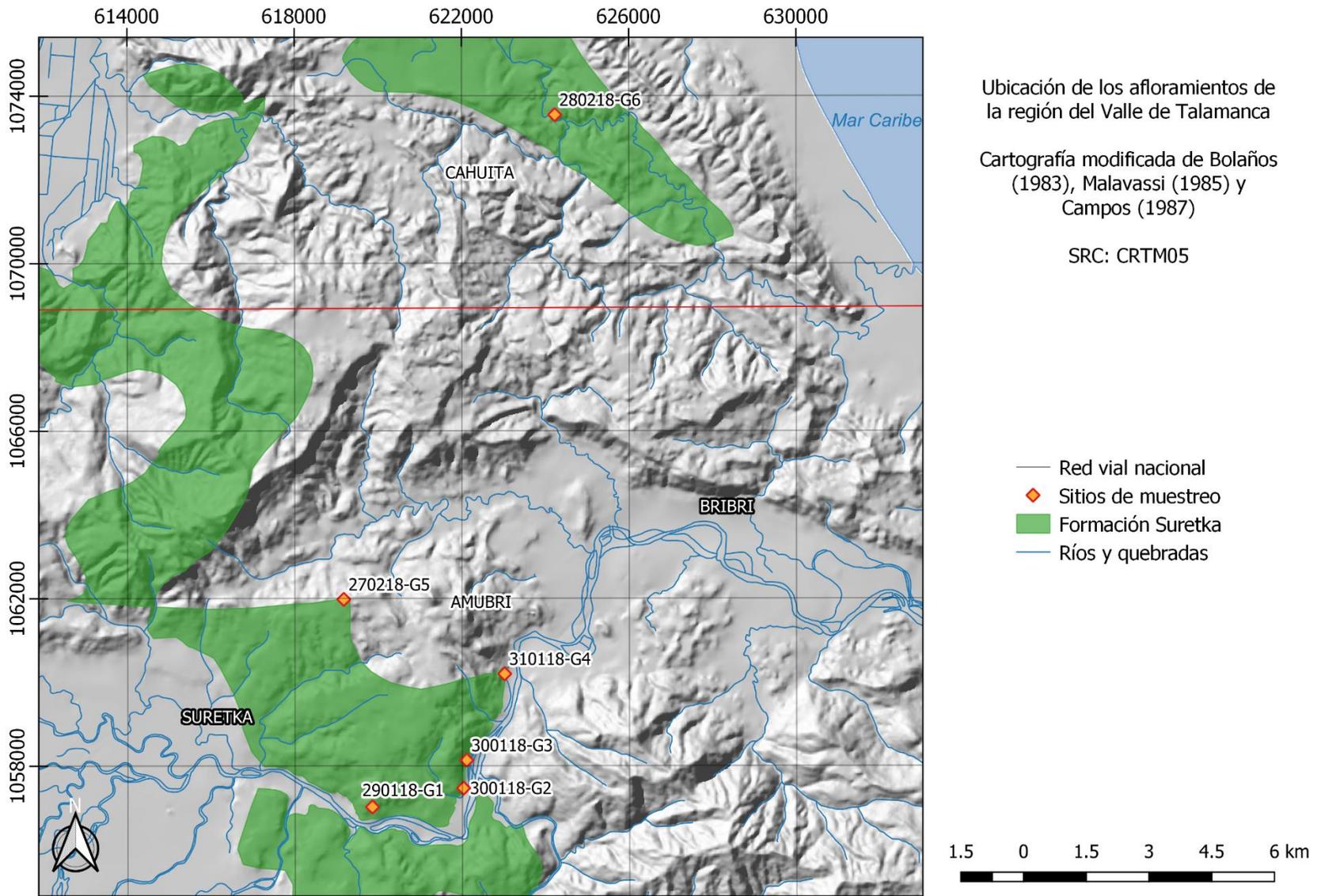


Figura 15: Ubicación de los afloramientos de la zona del Valle de Talamanca.

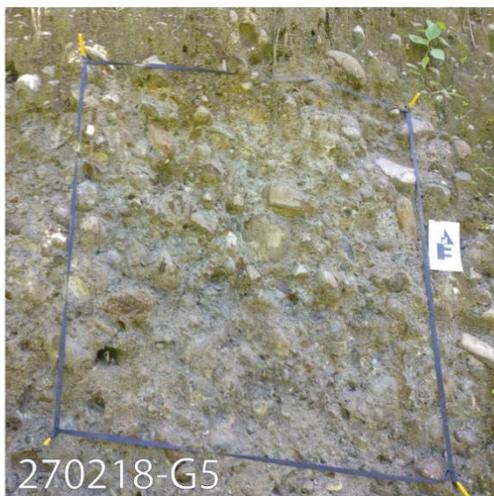


Figura 16: Fotografías de los afloramientos en el sector del Valle de Tamanca (G1: 619851 E / 1057016 N, G2: 622030 E / 1057463 N, G3: 622107 E / 1058130 N, G4: 623017 E / 1060193 N, G5: 619171 E / 1061975 N, G6: 624230 E 1073547 N CRTM05).

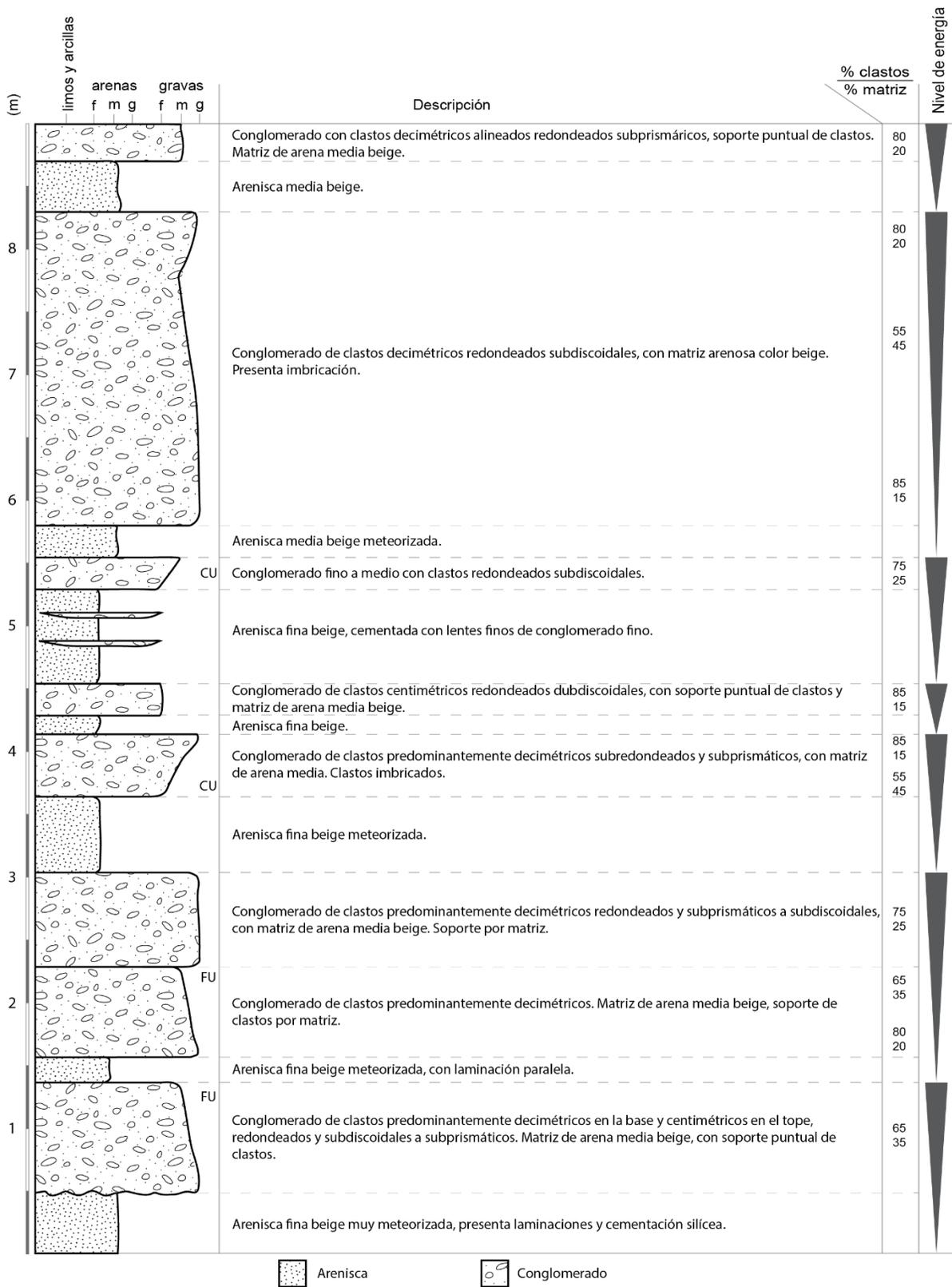


Figura 17: Sección medida de la zona del Valle de Tamanca, sector Bratsi (afloramiento 300118-G2, coordenadas 622033 este / 1057745 norte, proyección CRTM05).

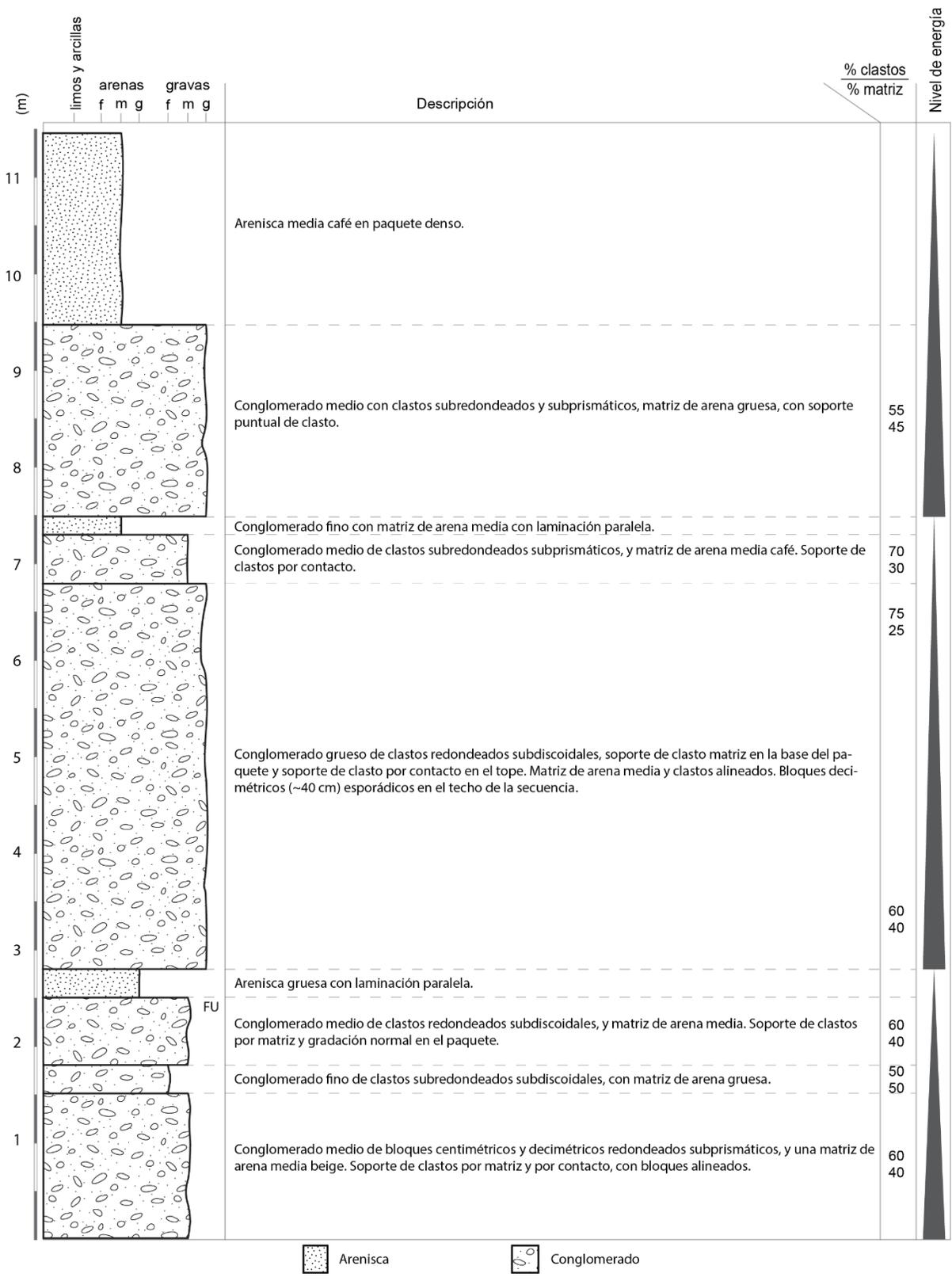


Figura 18: Sección medida del sitio del túnel 1844, de la ruta de Bribri a Suretka (afloramiento 310118-G4, coordenadas 623020 este / 1060184 norte, proyección CRTM05).

## Características de los materiales mayores a 10 cm en los conglomerados

Para la zona del Valle de Tamanca se describieron 171 clastos con diámetro mayor a 10 cm, en las seis grillas realizadas en el campo (Anexo 1.1). De la totalidad de clastos analizados se tomaron 35 muestras para una descripción más detallada y análisis en el laboratorio. El afloramiento 290118-G6 es el que presentó más clastos por unidad de muestreo, contando 38 clastos con un diámetro mayor a 10 cm, mientras que en el afloramiento 310118-G4 tan solo se encontraron 18 clastos que tuvieran las dimensiones indicadas. Los afloramientos 310118-G4 y 280218-G6 no presentan ningún clasto sedimentario con un diámetro mayor a 10 cm, mientras que, el afloramiento 300118-G2 se compone en un 20% de clastos sedimentarios. Tomando en cuenta los valores porcentuales por afloramiento, los depósitos de la Formación Suretka en el área del Valle de Tamanca presentan un 8,5% de materiales sedimentarios.

Todos los afloramientos restantes presentan una predominancia de clastos ígneos, en donde los materiales que abundan son lavas, especialmente andesitas y basaltos. Destaca el afloramiento 280218-G6, en donde el 92% de los clastos son lavas, mientras que en el afloramiento 290118-G4 tan solo el 39% de los materiales son lavas. En promedio se observa que, en el área del Valle de Tamanca, los clastos de lava representan el 66,5% de los materiales en la Formación Suretka (Figura 19).

Por último, los clastos de intrusivos se encuentran en todos los afloramientos analizados, variando de un 61% en el afloramiento 310118-G4 a un 3% en el afloramiento 270218-G5. La mayoría de intrusivos encontrados en la zona corresponden con intrusivos félsicos, como monzonitas y granitos. La Formación Suretka en el área presenta un 25% de materiales intrusivos en sus depósitos.

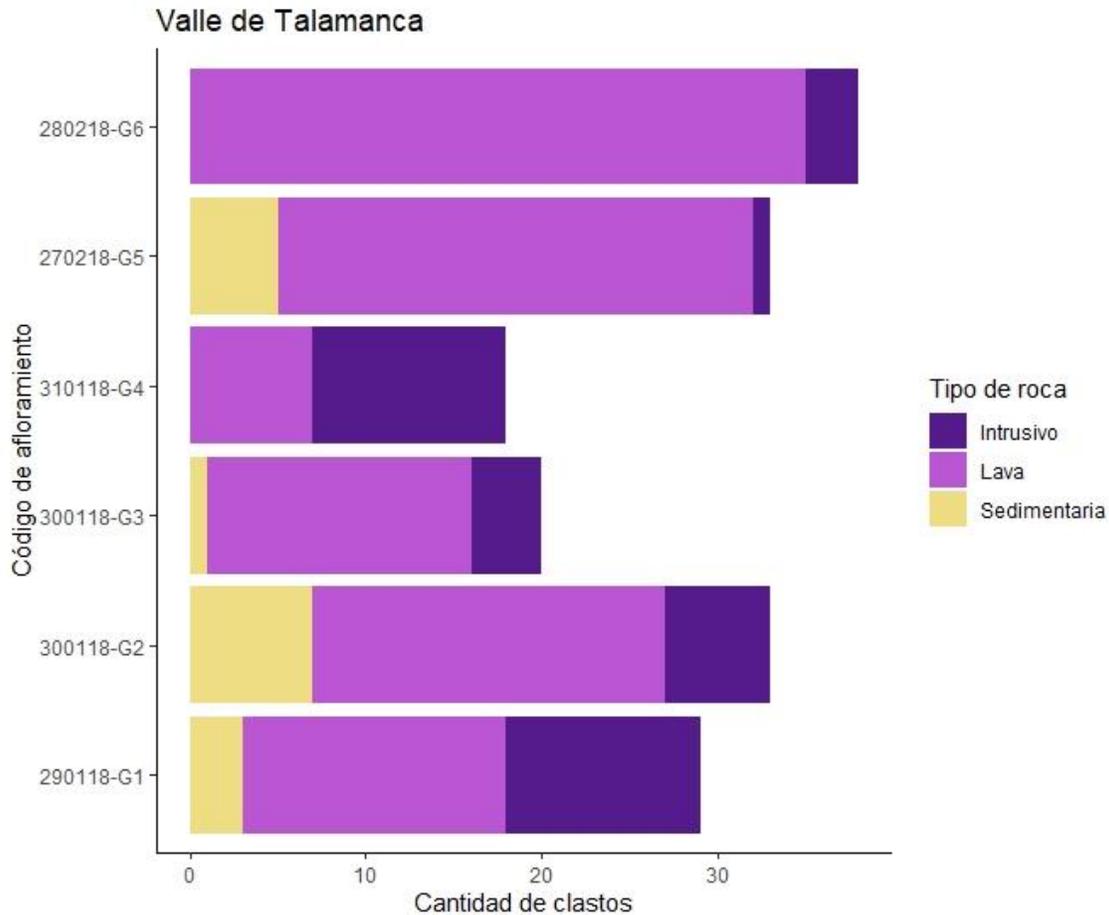


Figura 19: Composición de los materiales en clastos de diámetro > 10 cm en el sector del Valle de Tamanca. La escala de color representa los diferentes tipos litológicos.

#### Características de gravas medias y gruesas en los conglomerados

Para la zona del Valle de Tamanca se describieron 505 clastos de diámetro entre 1 y 10 cm, para las seis grillas realizadas en el campo. El afloramiento 300118-G2 es el que presentó más clastos por unidad de muestreo, contando 127 clastos, mientras que en el afloramiento 310118-G4 tan solo se encontraron 42 clastos que tuvieran las dimensiones indicadas (Figura 20). El afloramiento 310118-G4 no presenta clastos sedimentarios en la fracción centimétrica, pero sí se detectó en la fracción de diámetro mayor a 10 cm. Por otro lado, el resto de los afloramientos presentan materiales como lutitas y areniscas como clastos centimétricos. Tomando en cuenta los valores porcentuales por afloramiento, se concluye que los depósitos de la Formación Suretka en el área del Valle de Tamanca presentan un 8,9% de materiales sedimentarios para la fracción

centimétrica, lo que indica un aumento de 0,4 puntos porcentuales respecto a la fracción decimétrica.

Los afloramientos presentan una predominancia de clastos ígneos, en donde los materiales más abundantes son lavas, especialmente andesitas y andesitas basálticas, sin embargo, los clastos que no pueden ser identificados por su grado de meteorización son abundantes. Se concluye que, en promedio, en el área del Valle de Tamanca, los clastos de lava representan el 37,9% de los materiales en la Formación Suretka.

Por último, los clastos de intrusivos son los que presentan mayor variación respecto a los clastos decimétricos, ya que la presencia de clastos intrusivos es solo del 8,9%, mientras que en los decimétricos asciende a un 25%. Los afloramientos 280218-G6 y 300118-G3 no presentan ningún clasto de materiales intrusivos (Figura 20).

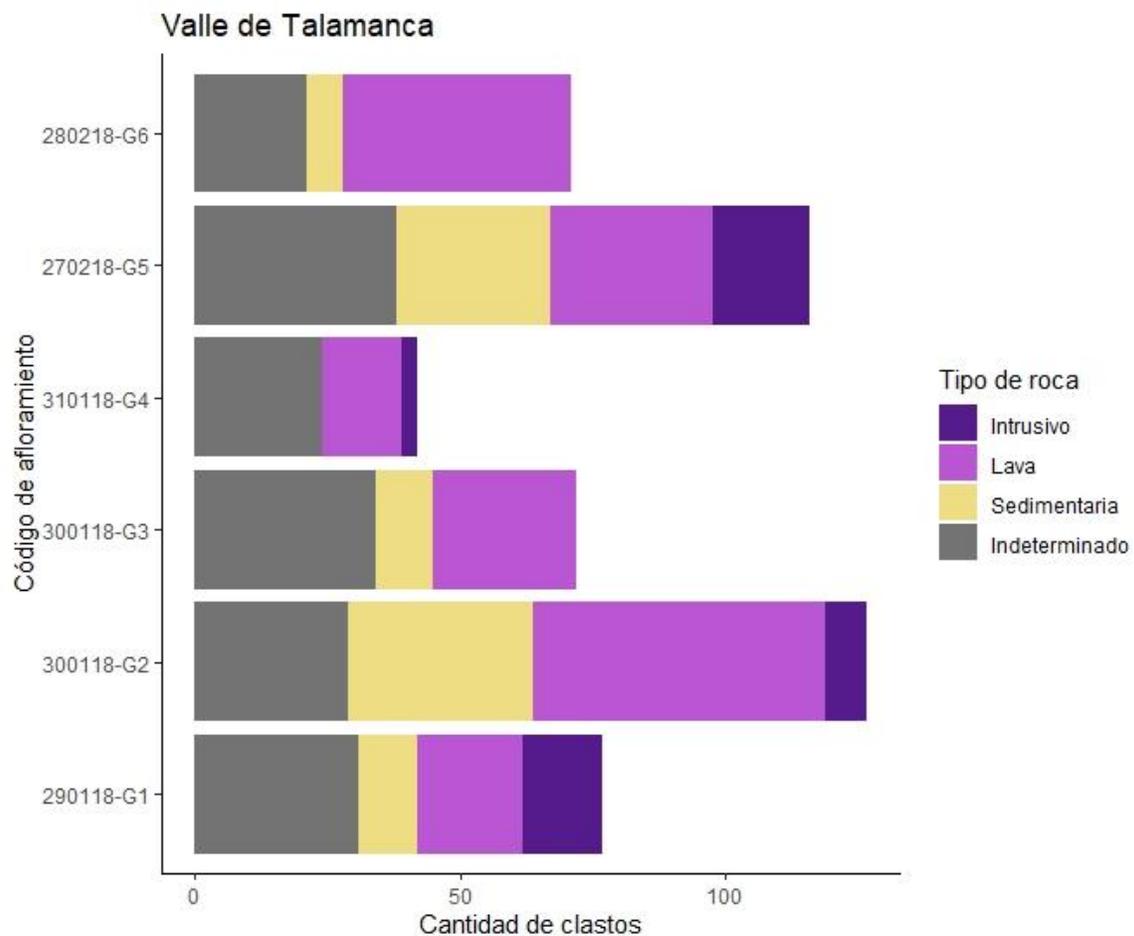


Figura 20: Clastos analizados < 10 cm de diámetro en las grillas de 1 m x 1 m realizadas en el sector del Valle de Tamanca.

## Análisis petrográfico

Para el sector del Valle de Tamanca se recolectaron 34 muestras de roca, correspondientes con materiales representativos de las litologías observadas en los conglomerados de la zona. El total de muestras de roca recolectadas se agrupó en litologías similares, para establecer cuales rocas serían analizadas microscópicamente por medio de secciones delgadas. Se seleccionaron 15 muestras para análisis petrográfico en este sector, ya que cuenta con mayor diversidad de litologías encontradas (Cuadro 7). Para este sector se describieron 7 secciones de rocas volcánicas extrusivas, una roca sedimentaria, dos rocas piroclásticas y 5 secciones de rocas plutónicas. (ver descripciones completas en Anexo 3.1) (Figura 21).

*Cuadro 7: Resumen de la información de las secciones delgadas descritas del área del Valle de Tamanca.*

Coordenada este (LN)	Coordenada norte (LN)	Código muestra	Afloramiento	Descripción macroscópica	Descripción Sección delgada
656253	171793	290118-02	290118-G1	Brecha piroclástica	Toba muy alterada con plagioclasa
656253	171793	290118-03	290118-G1	Andesita	Andesita con augita y hornblenda
656253	171793	290118-07	290118-G1	Gabro	Sienita alterada con clorita y epidota
658431	172243	300118-01	300118-G2	Basalto	Basalto con hipersteno y augita
658431	172243	300118-05	300118-G2	Brecha piroclástica	Brecha piroclástica
658507	172910	300118-12	300118-G3	Toba lapillítica	Toba lapillítica
658507	172910	300118-15	300118-G3	Granito	Granito con biotita
658507	172910	300118-19	300118-G3	Andesita	Andesita con biotita
659414	174974	310118-01	310118-G4	Granodiorita	Monzonita cuarzosa
659414	174974	310118-03	310118-G4	Andesita	Andesita
659414	174974	310118-04	310118-G4	Granodiorita	Granodiorita
655566	176751	270218-01	270218-G5	Andesita con anfíboles	Dacita con hornblenda y ortopiroxeno
655566	176751	270218-03	270218-G5	Basalto	Andesita basáltica
660610	188329	280218-04	280218-G6	Basalto	Basalto
660610	188329	280218-07	280218-G6	Diorita	Monzonita

Dentro de las rocas volcánicas extrusivas descritas se observaron tres grupos litológicos con texturas, mineralogía y alteraciones que los caracterizan. Un grupo corresponde con basaltos y andesitas con matriz de textura intersertal e intergranular, con augita, olivino, magnetita y plagioclasa como fenocristales, y que presentan alteraciones como clorita, uralita, sericita y epidota. El segundo grupo corresponde con andesitas y basaltos con matriz de textura intersertal, pero que presentan fenocristales de hornblenda con uralita como el mineral principal de alteración. Por último, se encontraron materiales que no tenían similitudes con otras muestras, como una dacita con matriz de textura intersertal, que presenta sanidina como fenocristal a diferencia de las demás muestras; y una latita con matriz de textura intersertal, que presenta augita y biotita como minerales principales.

Dentro de las rocas plutónicas destacan intrusivos de composición intermedia a félsica, como granito, granodiorita, y diorita. Estas muestras presentan textura holocristalina con minerales como cuarzo xenomórfico, ortosa y plagioclasa como minerales principales. Estas muestras presentan alteraciones a clorita azul, clorita parda y epidota, además de arcillitización de los feldespatos de la roca.

En algunos casos, como las secciones 290118-02 y 290118-03 el grado de meteorización y reemplazamiento de minerales es intenso. Los principales minerales de alteración observados son sericita, zeolita, uralita y clorita, minerales comunes de la alteración de plagioclasas y minerales máficos.

De las secciones de rocas piroclásticas, una roca consiste en una toba de ceniza muy alterada, con pocos litoclastos, y la segunda roca piroclástica consiste en una toba lapillítica que presenta litoclastos con texturas y mineralogía similar a las rocas volcánicas extrusivas encontradas en los mismos conglomerados de la Formación Suretka. La única roca sedimentaria encontrada en las secciones delgadas se compone totalmente de fragmentos angulares de las litologías ígneas descritas en las secciones delgadas restantes. Esta muestra consiste en una brecha de aporte volcanoclástico, con fragmentos alterados de basaltos, andesitas, gabros y granitos.

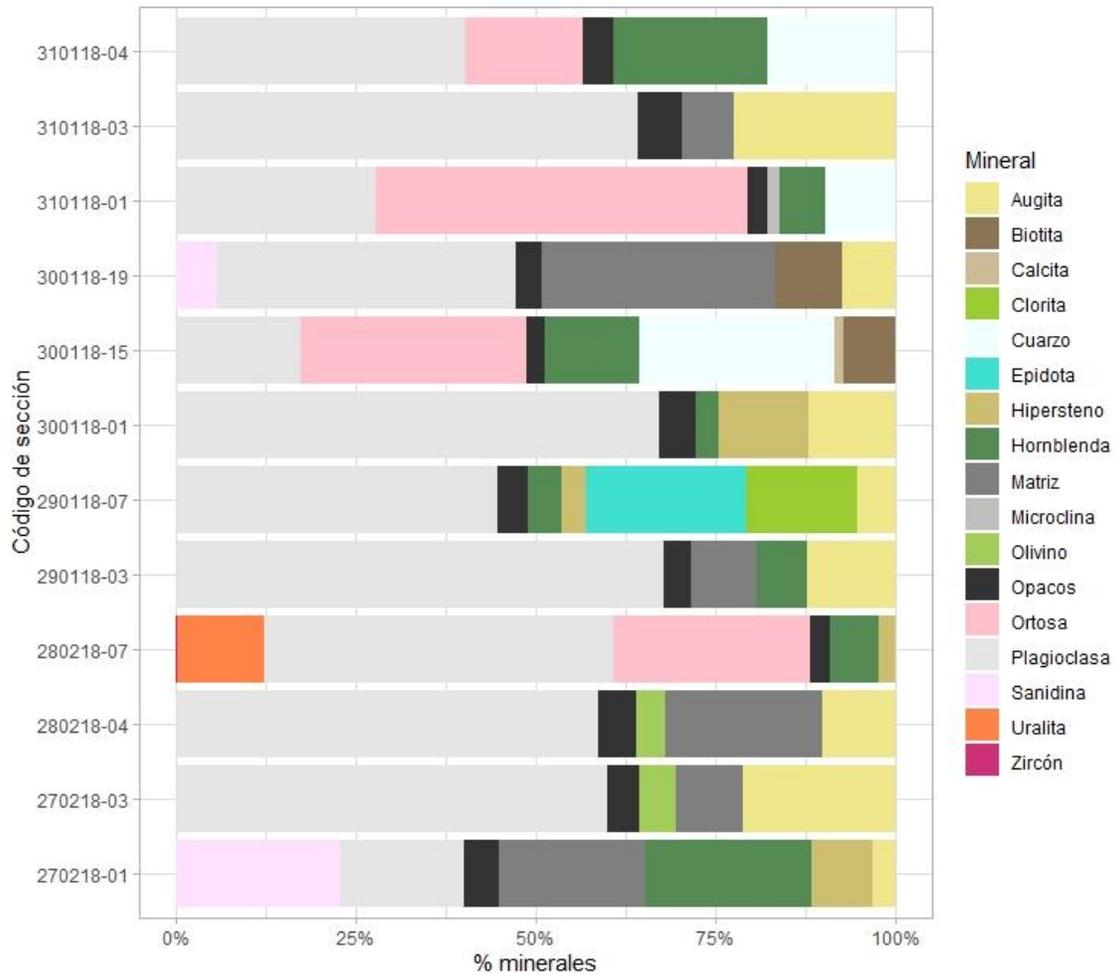


Figura 21: Petrografía de los materiales volcánicos de la Formación Suretka en los depósitos del sector del Valle de Talamanca.

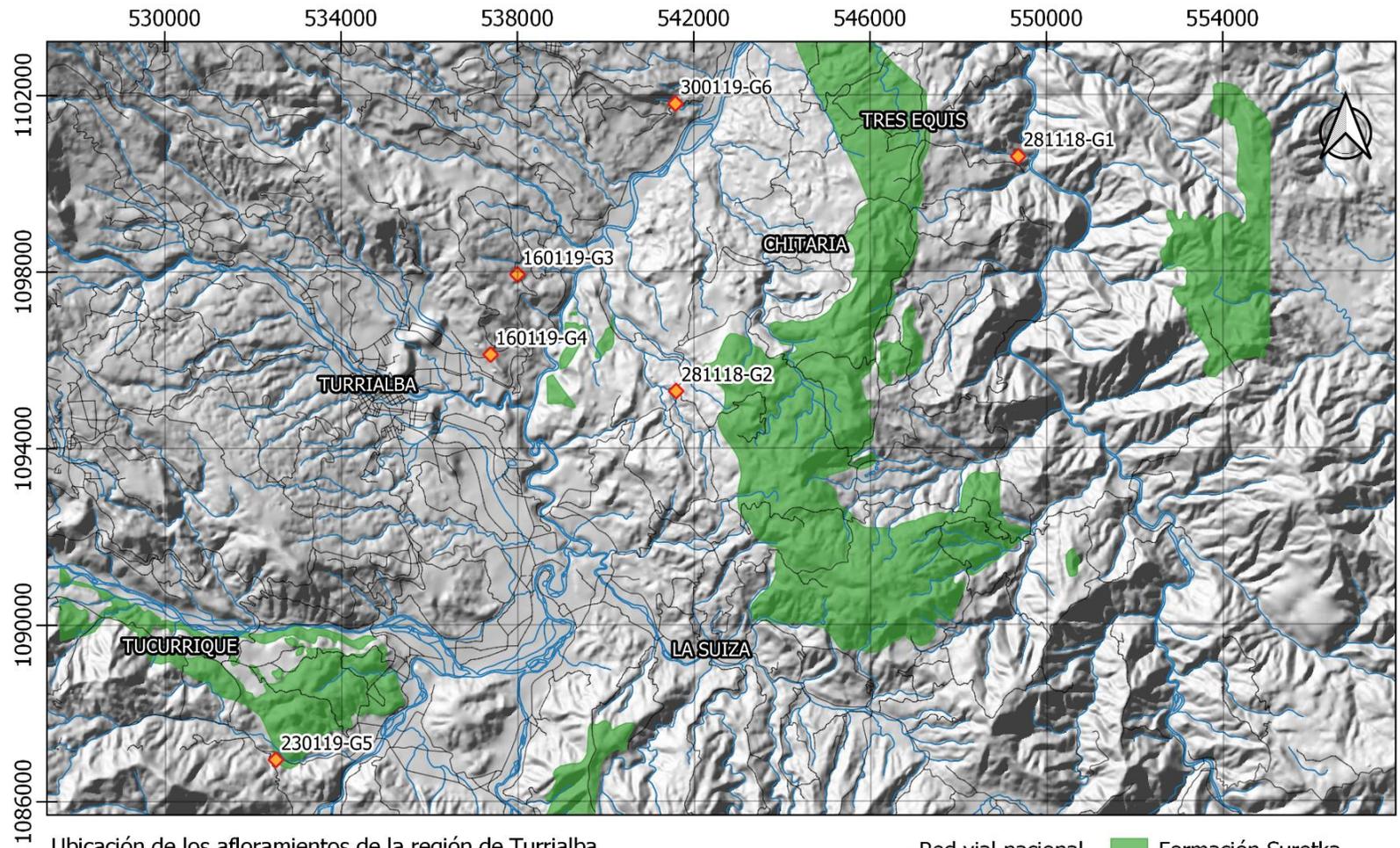
## Turrialba

Los afloramientos de la Formación Suretka estudiados en Turrialba se ubican en cortes de carretera de las rutas viales de la zona (Figura 22). En esta área de estudio la Formación Suretka presenta una fábrica más caótica, en donde los conglomerados se encuentran como paquetes densos sin evidencias de estratificación (Figura 23).

Cabe destacar que los afloramientos de la zona de Turrialba presentan una meteorización mayor en la matriz del depósito, respecto a las otras áreas de estudio. La matriz se puede ver rojiza debido a la precipitación de óxidos y arcillas dentro de los poros del material, producto de la alteración. En zonas sin alteración se observa la misma matriz de arena media color beige que en el

resto de las áreas de estudio. El afloramiento 281118-G1 es el único afloramiento encontrado en un sitio con estratificación visible y características similares a las exposiciones del Valle de Tamanca (Figura 23).

La sección medida levantada en el sitio del afloramiento 281118-G1 (Figura 24) muestra un corte con intercalaciones de areniscas y conglomerado. Esta secuencia mostrada en la columna se asocia en la base con facies de abanico aluvial proximal, según las definiciones de facies realizada por Bottazzi (2016).



Ubicación de los afloramientos de la región de Turrialba

Cartografía modificada de Fernández (1987), Pérez (1996), Chavarría (1996), Sibaja (1996) y Rojas (1996).

SRC: CRTM05

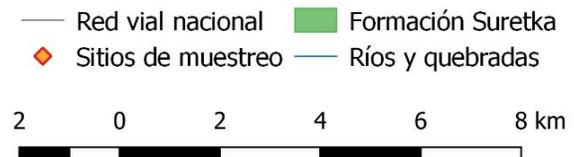


Figura 22: Ubicación de los afloramientos de la zona de Turrialba.



Figura 23: Fotografías de los afloramientos analizados en el sector de Turrialba (G1: 549356 E / 1100609 N, G2: 541588 E / 1095295 N, G3: 537992 E / 1097943 N, G4: 537382 E / 1096127 N, G5: 532499 E / 1086950 N, G6: 541581 E / 1101810 N CRTM05).

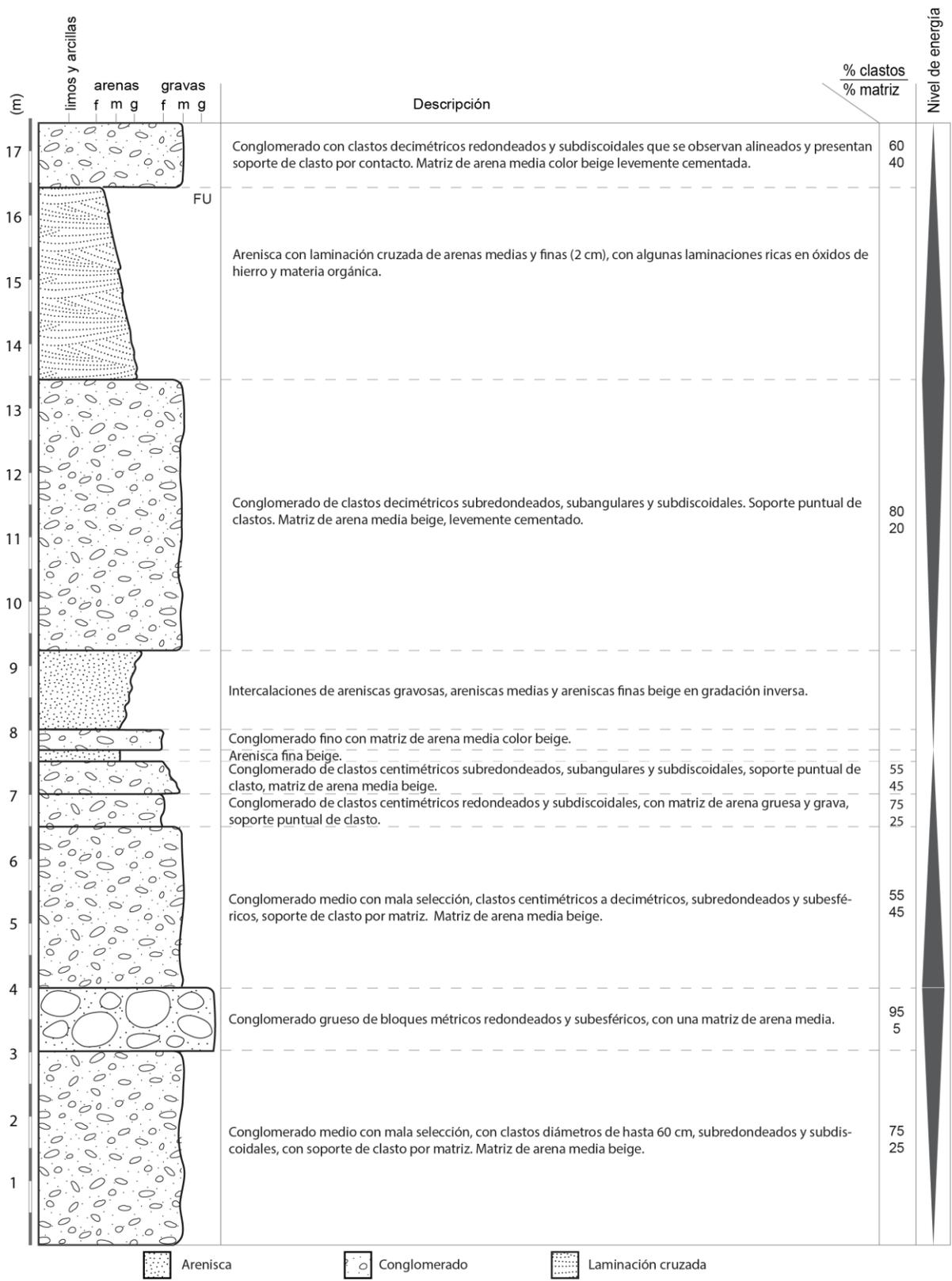


Figura 24: Sección medida del sector de Turrialba (afloramiento 281118-G1, coordenadas 549358 este / 1100600 norte, proyección CRTM05).

## Características de los materiales mayores a 10 cm en los conglomerados

Para la zona de Turrialba se describieron 125 clastos con diámetro mayor a 10 cm, para las seis grillas realizadas en el campo (Anexo 1.2). De la totalidad de clastos analizados se tomaron 35 muestras para su respectiva descripción y análisis en laboratorio. El afloramiento 300119-G6 es el que presentó más clastos por cuadrícula, contando 32 clastos con un diámetro mayor a 10 cm, mientras que en el 281118-G2 tan solo se contabilizaron 10 clastos que tuvieran las dimensiones indicadas (Figura 25).

En el área de Turrialba hay un claro aporte mayoritario de materiales volcánicos efusivos respecto a las demás áreas de estudio, como se evidencia en las grillas 300119-G6 y 160119-G4, en donde la totalidad de los clastos con las dimensiones indicadas constituían lavas. En este sector prácticamente no se detectaron materiales sedimentarios, sólo en el afloramiento 281118-G1 se registró un clasto de origen sedimentario.

Debido a la intensa meteorización en la zona, en su mayoría en los afloramientos se encontraron clastos totalmente meteorizados, por lo que no resultó posible la identificación litológica de los mismos. Estos clastos correspondían con materiales ígneos que no era posible ser identificados detalladamente, por lo cual estos fueron incluidos en una categoría diferente. El afloramiento 160119-G3 es el que presenta la meteorización más avanzada con nueve clastos totalmente meteorizados e indiferenciables.

Todos los afloramientos de la zona presentan una predominancia de clastos ígneos, principalmente lavas, andesitas y basaltos en su mayoría. Destacan los afloramientos 160119-G4 y 300119-G6, en donde la totalidad de los clastos son lavas. En promedio se concluye que, para el área de Turrialba, los clastos de lava representan el 94% de los materiales de los conglomerados de la Formación Suretka.

Solamente tres afloramientos del área de Turrialba presentan clastos de intrusivos en sus depósitos, principalmente gabros, estos representan un 6% de la totalidad de materiales con un diámetro mayor a 10 cm (Figura 25).

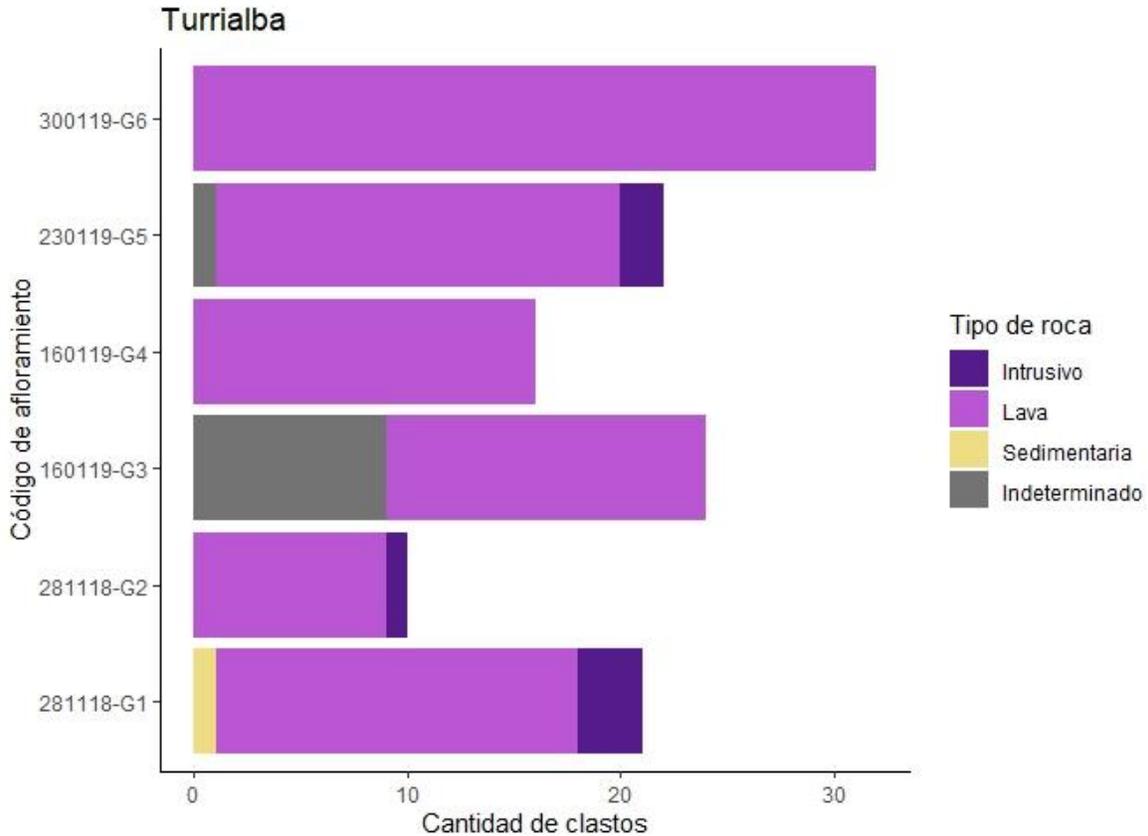


Figura 25: Clastos de diámetro > 10 cm en las grillas de 1 m x 1 m realizadas en el sector de Turrialba. En escala de color se muestra la composición de los materiales encontrados en cada sitio.

#### Características de gravas medias y gruesas en los conglomerados

En Turrialba se describieron 444 clastos con diámetro entre 1 a 10 cm, para las seis grillas realizadas en el campo. El afloramiento 281118-G1 es el afloramiento que presentó más clastos por cuadrícula, con un total de 121 clastos con un diámetro entre 1 a 10 cm. El afloramiento 160119-G3 no presentó materiales retenidos en las mallas de procesamiento de la muestra (Figura 26).

En el área de Turrialba el aporte es principalmente de materiales volcánicos efusivos respecto a las demás áreas de estudio. En esta zona los clastos centimétricos presentan un alto grado de meteorización, por lo que en los afloramientos predominan los clastos de la categoría indeterminada. A diferencia de la fracción decimétrica, en los materiales centimétricos hay un aporte de materiales sedimentarios. El afloramiento 300119-G6 es el único punto en el cual no se describen materiales sedimentarios.

Los afloramientos de esta zona presentan una predominancia de clastos ígneos, en donde los materiales que abundan son lavas, particularmente andesitas y andesitas basálticas. El afloramiento 281118-G1 presenta una alta cantidad de clastos sedimentarios con respecto al resto de afloramientos, ya que en este la composición alcanza un 20% de clastos sedimentarios como areniscas y lutitas alteradas. Tan solo dos afloramientos de Turrialba presentan clastos intrusivos en sus depósitos, y representan menos del 5% del total de clastos.

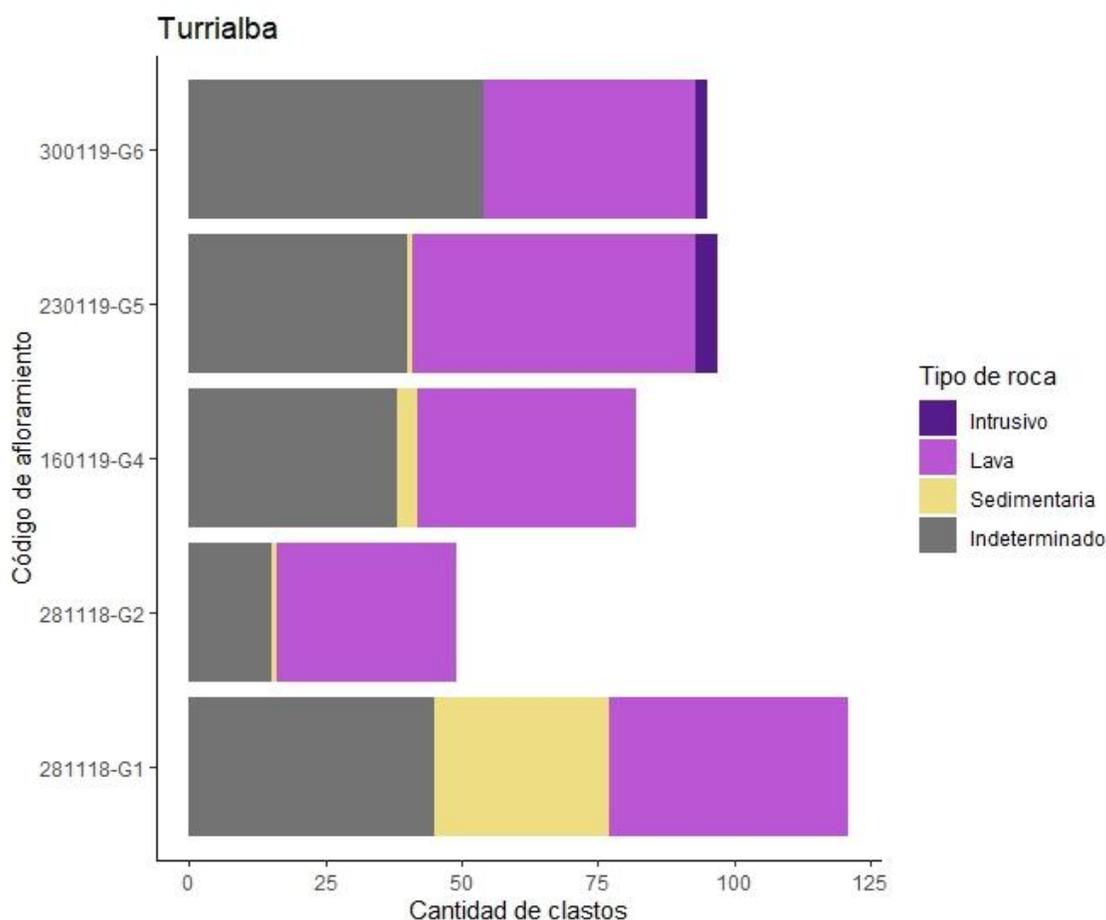


Figura 26: Clastos analizados < 10 cm de diámetro en las grillas de 1 m x 1 m realizadas en el sector de Turrialba.

### Análisis petrográfico

En el área de Turrialba se recolectaron 32 muestras de roca, correspondientes con materiales representativos de las litologías presentes en los conglomerados de la zona. En el laboratorio las muestras se agruparon en tipos litológicos similares, a partir de estos se seleccionaron los clastos para elaborar secciones delgadas de las muestras representativas de cada

tipo. Se seleccionaron 14 muestras para análisis petrográfico en este sector, de las cuales trece muestras consisten en rocas volcánicas y una de roca plutónica (Cuadro 8). (ver descripciones completas en Anexo 3.2) (Figura 27).

*Cuadro 8: Resumen de la información de las secciones delgadas descritas del área de Turrialba.*

X	Y	Código muestra	Afloramiento	Descripción macroscópica	Descripción Sección delgada
573730	210806	160119-06	160119-G4	Andesita	Andesita con augita e hipersteno
573730	210806	160119-09	160119-G4	Basalto	Andesita basáltica con augita
568857	201623	230119-04	230119-G5	Andesita	Andesita con hornblenda y augita
568857	201623	230119-05	230119-G5	Gabro microcristalino	Gabro con augita y olivino
585700	215302	281118-04	281118-G1	Andesita	Andesita con augita e hipersteno
585700	215302	281118-05	281118-G1	Dacita vesicular	Dacita vesicular con biotita
585700	215302	281118-06	281118-G1	Andesita	Andesita con augita e hipersteno
585700	215302	281118-07	281118-G1	Andesita	Andesita con augita titanífera
585700	215302	281118-08	281118-G1	Basalto	Basalto con augita y olivino
577938	209979	281118-13	281118-G2	Andesita	Andesita con augita
577923	216494	300119-01	300119-G6	Andesita	Andesita con augita e hipersteno
577923	216494	300119-02	300119-G6	Basalto	Basalto con augita y olivino
577923	216494	300119-04	300119-G6	Basalto	Basalto con augita y olivino
577923	216494	300119-05	300119-G6	Andesita	Andesita con augita e hipersteno

Las rocas volcánicas extrusivas son las litologías claramente predominantes en los conglomerados de Suretka para esta área, y se observó que estos materiales se pueden clasificar en cuatro grupos principales. La litología de mayor representatividad en los análisis petrográficos

consiste en andesitas con augita e hipersteno, que presentan matriz de textura intersertal. De esta litología se encuentran seis muestras descritas, que presentan diferente grado de meteorización, variando desde alteraciones leves en minerales máficos como uralita y nontronita, hasta secciones con abundancia de zeolita, clorita y sericita.

El segundo grupo de rocas volcánicas extrusivas consiste en basaltos y andesitas basálticas con augita y olivino, que presentan matriz de textura intersertal. Cabe destacar que la muestra 300119-04 presenta la misma paragénesis de este grupo, pero tiene una textura de matriz pilotaxítica. Para estas muestras se observó que los principales minerales de alteración corresponden con iddingsita como alteración de olivinos, además de precipitaciones de óxidos de hierro y leve alteración a sericita en las plagioclasas presentes en la roca.

Otro grupo de muestras consiste en andesitas de matriz de textura intersertal, pero que presentan augita, hipersteno y hornblenda como fenocristales. La hornblenda resulta el factor distintivo con respecto al grupo principal de muestras de andesitas en el área de estudio, además de que los minerales de alteración principales para estas dos muestras son opacita, sericita y uralita. Por último, se describió una dacita de textura vesicular que presenta sanidina, hornblenda verde, cuarzo y biotita como fenocristales.

La única sección delgada descrita de una roca plutónica consiste en gabro con augita y olivino de textura holocristalina xenomórfica granular, que se encontraba en buenas condiciones debido a la baja meteorización de la muestra. Esta roca tan solo presentaba una leve alteración de los olivinos a iddingsita en algunos cristales.

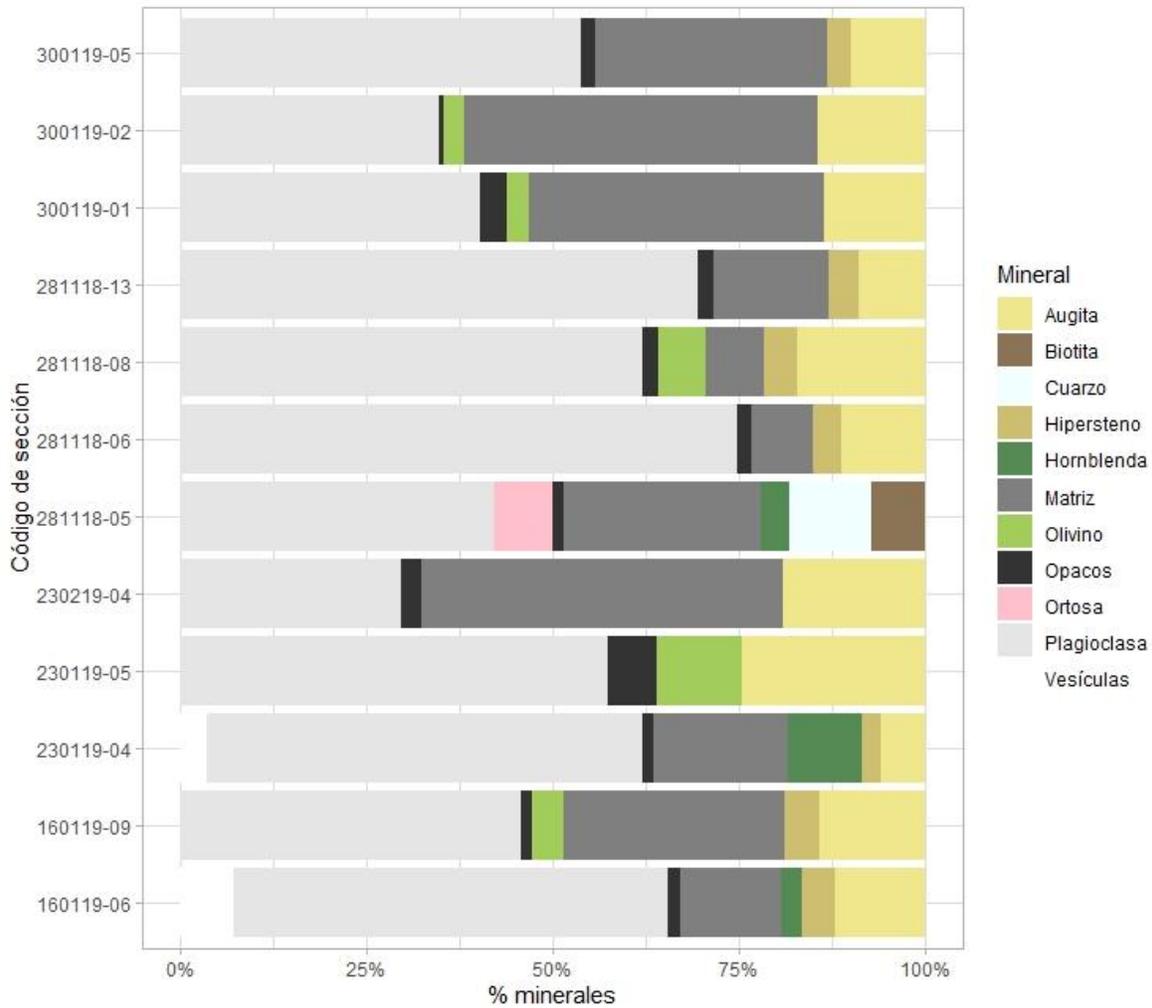


Figura 27: Petrografía de los materiales volcánicos de la Formación Suretka en los depósitos del sector de Turrialba.

### Reserva Biológica Hitoy Cerere

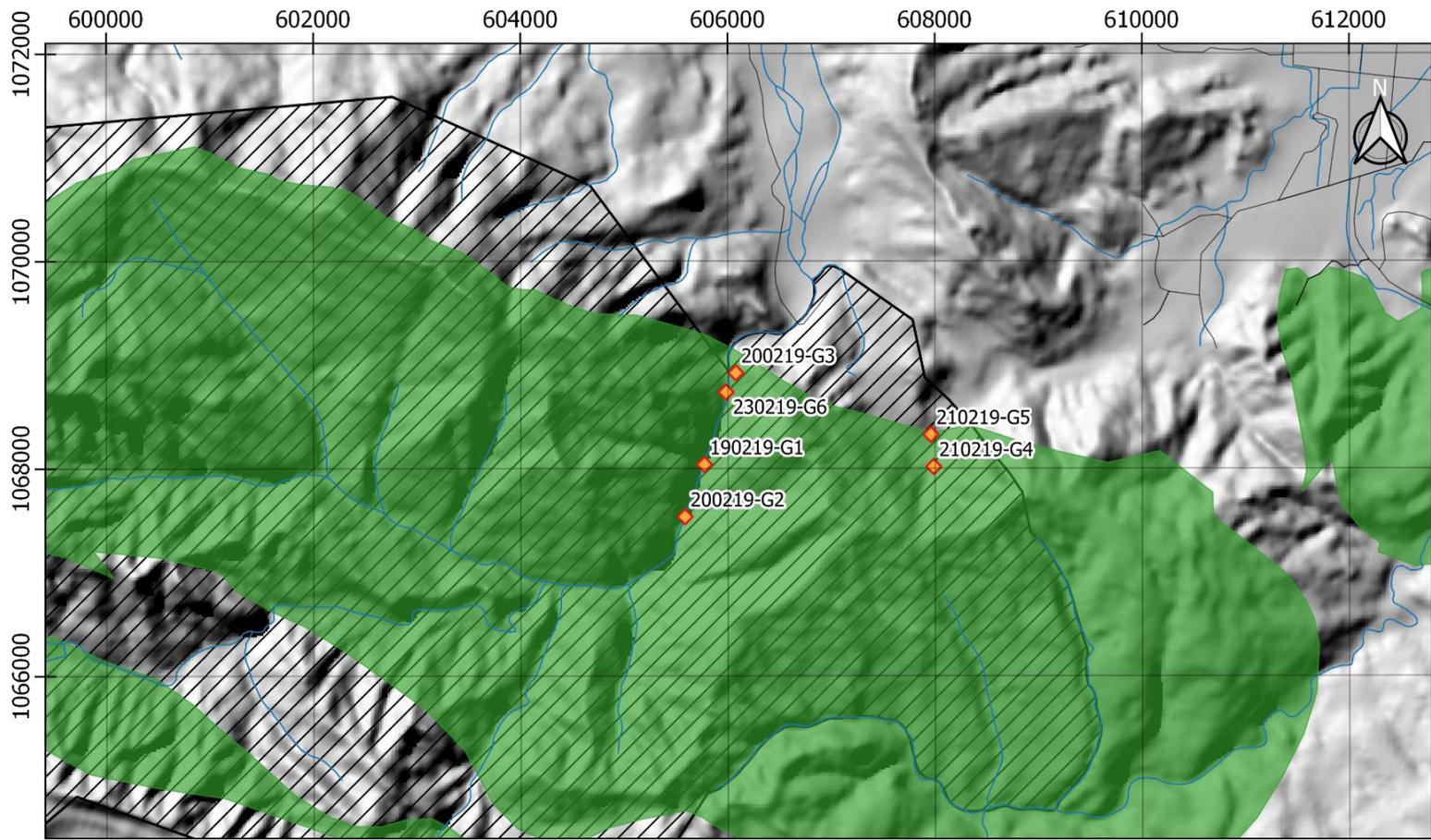
Para la colecta de datos en la zona de la Reserva Biológica Hitoy Cerere se utilizó el cartografiado de Bottazzi (2016) de los afloramientos de la Formación Suretka en el Río Hitoy Cerere. Este río tiene los afloramientos mejor preservados y más representativos de la Formación Suretka, con extensiones de varios cientos de metros de afloramientos al margen de su cauce. En la sección del Río Hitoy Cerere se realizaron cuatro grillas de muestreo, mientras que en el sector de la Quebrada Rompe Pechos se realizaron dos grillas más, con el fin de obtener variaciones espaciales y no solo deposicionales de los materiales observados (Figura 28).

En estas áreas la formación presenta una fuerte cementación silíceá, por lo que los depósitos se presentan como paredes verticales. En algunas ocasiones no fue posible ni siquiera

colocar los pines de la grilla en el afloramiento, por lo que se debió recurrir a pegar con cinta una grilla. Respecto a las condiciones de meteorización de los afloramientos, estos en general se encuentran en un buen estado de preservación debido a la constante erosión que ocasiona el Río Hitoy Cerere en las paredes del cañón y al alto grado de litificación de la formación (Figura 29).

Los depósitos de la Formación Suretka en la zona destacan por presentar intercalaciones de paquetes densos de conglomerados con espesores métricos, con estratos de areniscas medias y finas. En algunos tramos de la sección se observó la presencia de materiales finos como limolitas con materia orgánica en forma capas milimétricas de carbón. En algunos sitios se presentan estratificaciones cruzadas en la secuencia deposicional, además de areniscas en forma de lentes, con pocas estructuras sedimentarias. En los lentes de arenas se observa gradación normal, con ocasionales estratificaciones finas de gravas finas. En general los paquetes de conglomerados presentan imbricación, con una relación de clastos contra matriz del 80%-20%, y un soporte por contacto de los clastos. En los lentes de arenas se observa gradación normal, con ocasionales estratificaciones finas de gravas finas.

La sección medida levantada corresponde con facies de abanico proximal (Bottazzi, 2016) (Figura 30) mientras que la segunda sección medida representa facies correspondientes con depósitos de abanico aluvial medio (Figura 31).



Ubicación de los afloramientos de la Reserva Biológica Hitoy Cerere

Cartografía modificada de Bolaños (1983)

SRC: CRTM05



Figura 28: Ubicación de los afloramientos en la Reserva Biológica Hitoy Cerere.

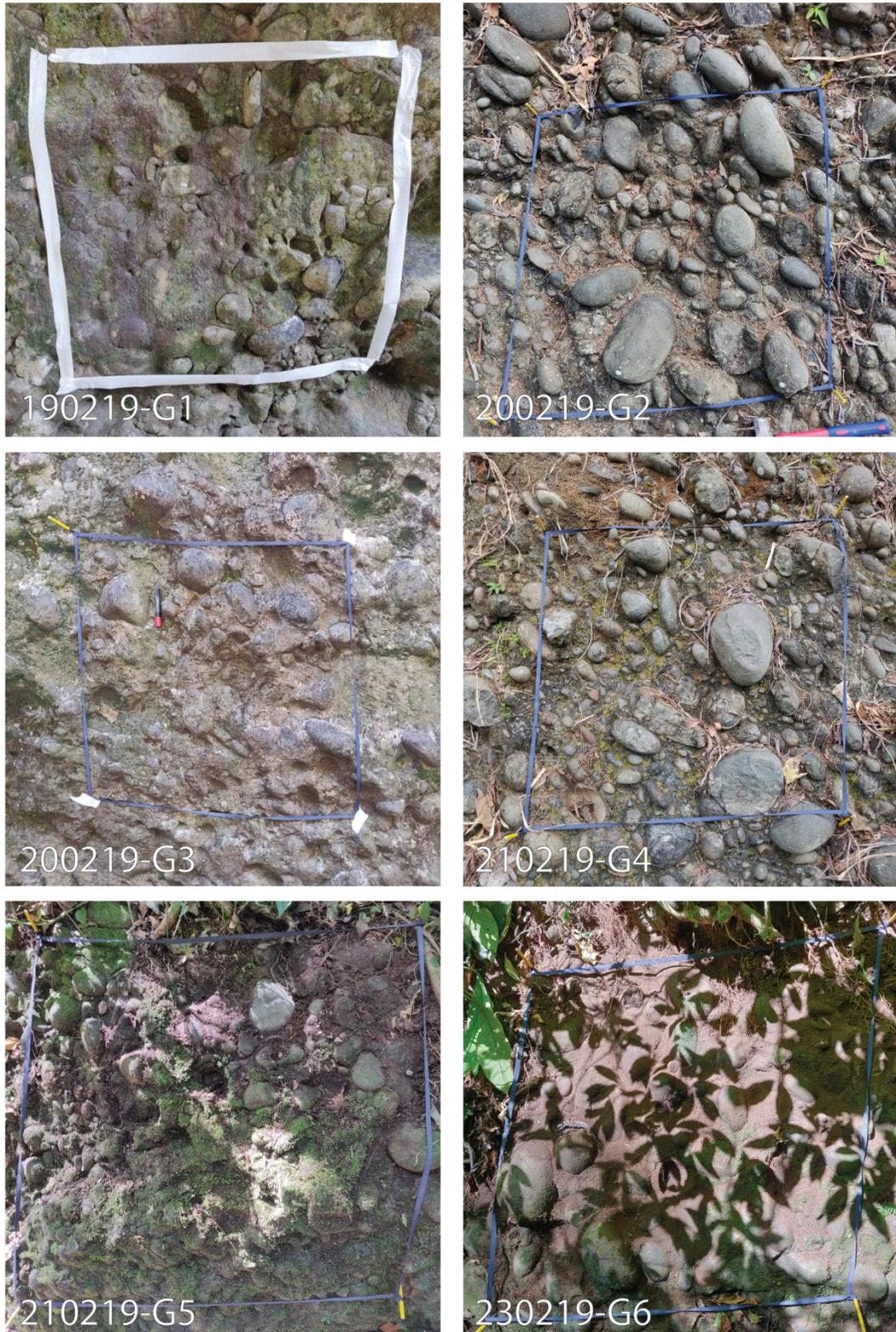


Figura 29: Fotografías de los afloramientos analizados en el sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere y alrededores (G1: 605769 E / 1068046 N, G2: 605582 E / 1067542 N, G3: 606073 E / 1068929 N, G4: 607983 E / 1068024 N, G5: 607957 E / 1068334 N, G6: 605978 E / 1068743 N CRTM05).

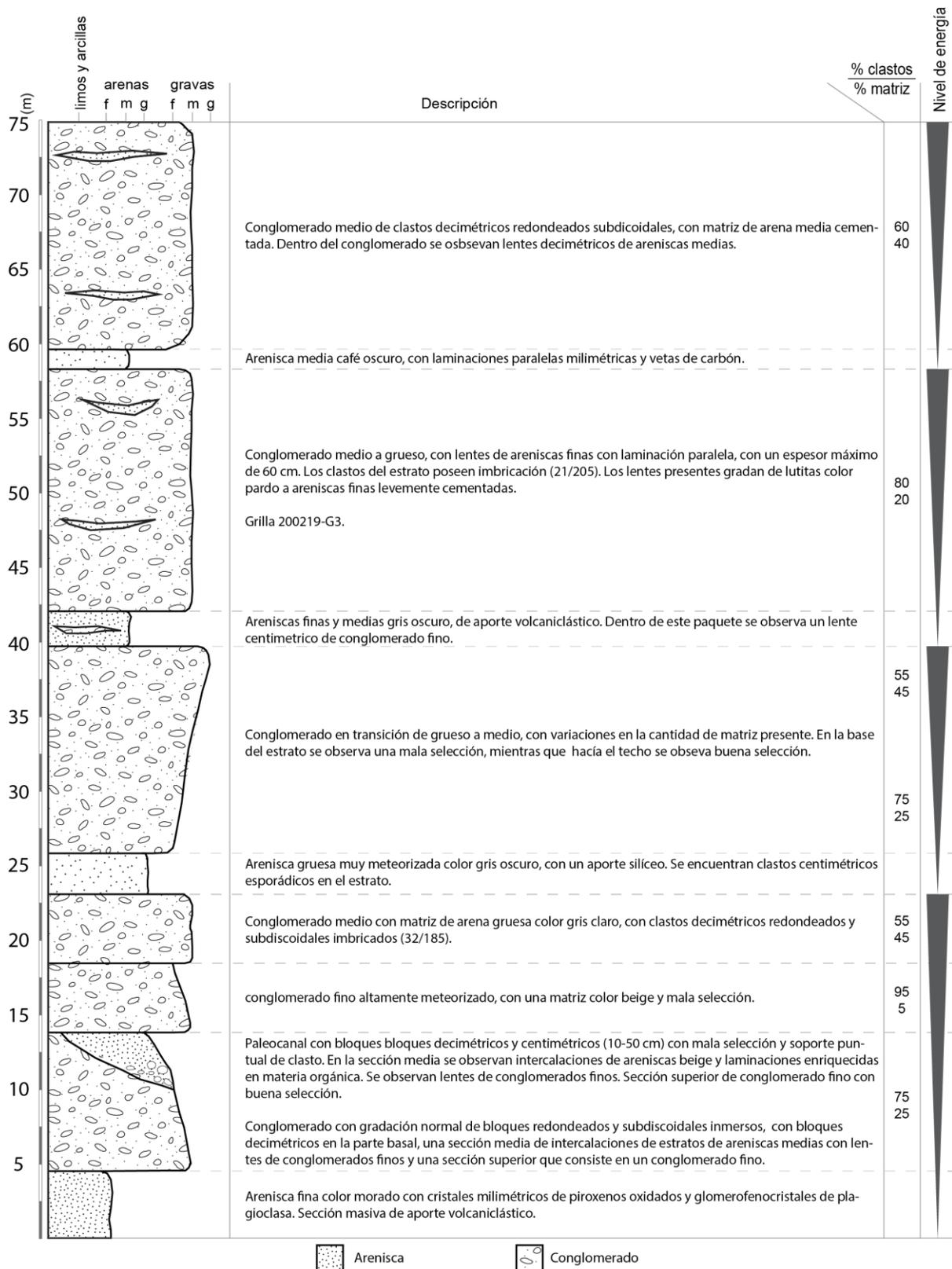


Figura 30: Sección medida del área de la Reserva Biológica Hitoy Cerere (coordenadas 605962 este / 1068776 norte, proyección CRTM05).

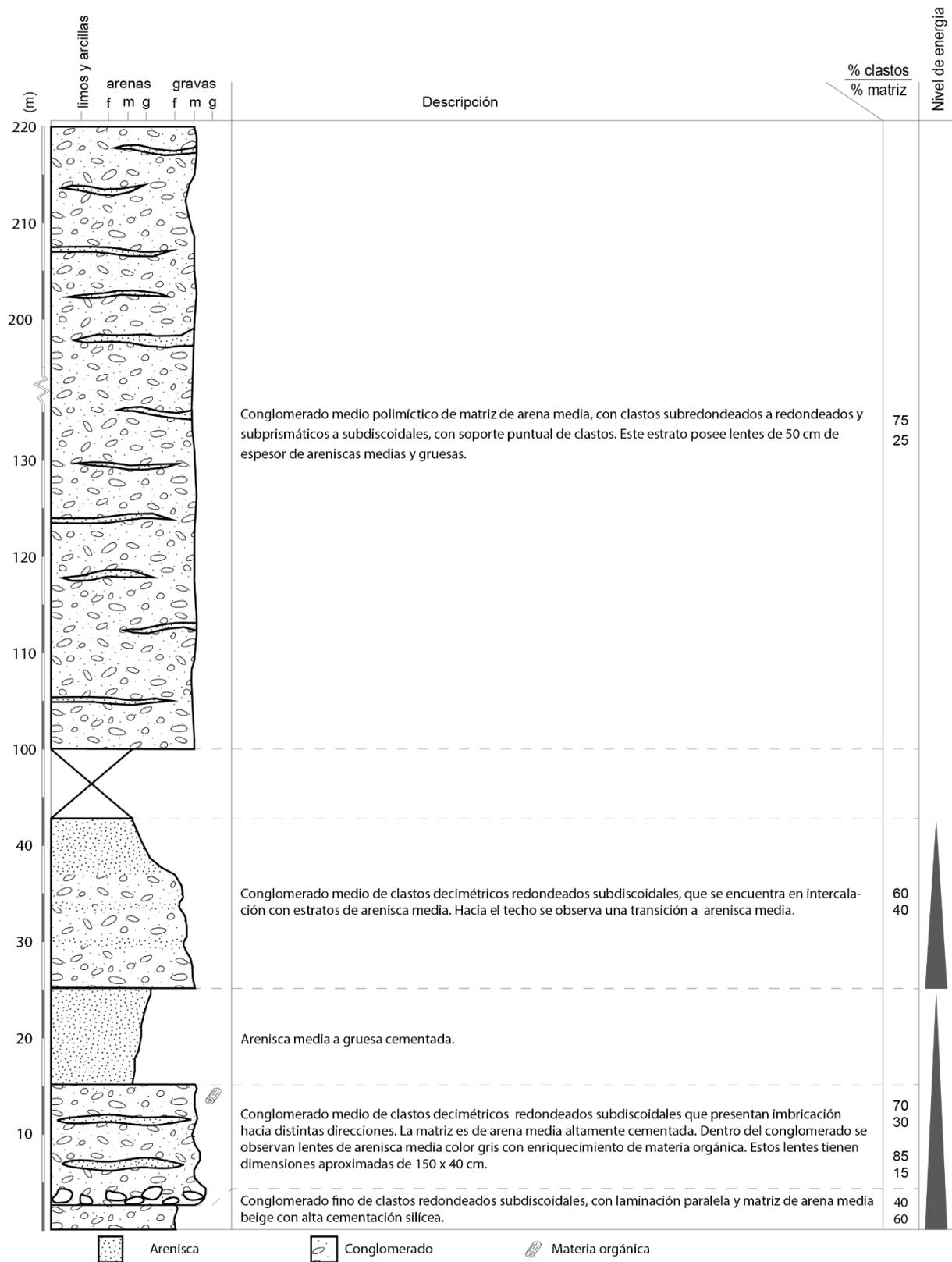


Figura 31: Sección medida del área de la Reserva Biológica Hitoy Cerere (coordenadas 606083 este / 1069047 norte, proyección CRTM05).

## Características de los materiales mayores a 10 cm en los conglomerados

En la Reserva Biológica Hitoy Cerere se describieron 148 clastos con diámetro mayor a 10 cm, para las seis grillas realizadas en el campo (Anexo 1.3). De la totalidad de clastos analizados se tomaron 27 muestras para su respectiva descripción y análisis en laboratorio. El afloramiento 200219-G3 es el afloramiento que presentó más clastos por cuadrícula, con 33 clastos con un diámetro mayor a 10 cm, mientras que en el afloramiento 230219-G6 se contabilizaron 16 clastos (Figura 32).

En el área de Hitoy Cerere hay un claro aporte mayoritario de lavas, como se evidencia en las grillas 300119-G6 y 160119-G4, en donde la totalidad de los clastos son lavas. En este sector se da una ausencia importante de materiales sedimentarios, ya que sólo el afloramiento 281118-G1 presenta un clasto de origen sedimentario.

Similar a la zona de Turrialba, los clastos de origen sedimentario son escasos, tan sólo se encontró un clasto de arenisca volcánicla. También se documentaron clastos muy meteorizados que fueron catalogados dentro del grupo indeterminado ya que no fue posible identificarlos.

Al igual que las zonas del Valle de Talamanca y Turrialba predominan los clastos de andesitas y basaltos. En este sector los conglomerados de la formación presentan una mayor cantidad de clastos de materiales intrusivos. La composición promedio de los sedimentos en esta zona es de un 70% de clastos ígneos y un 30% de materiales intrusivos, con ocasionales clastos de origen sedimentario.

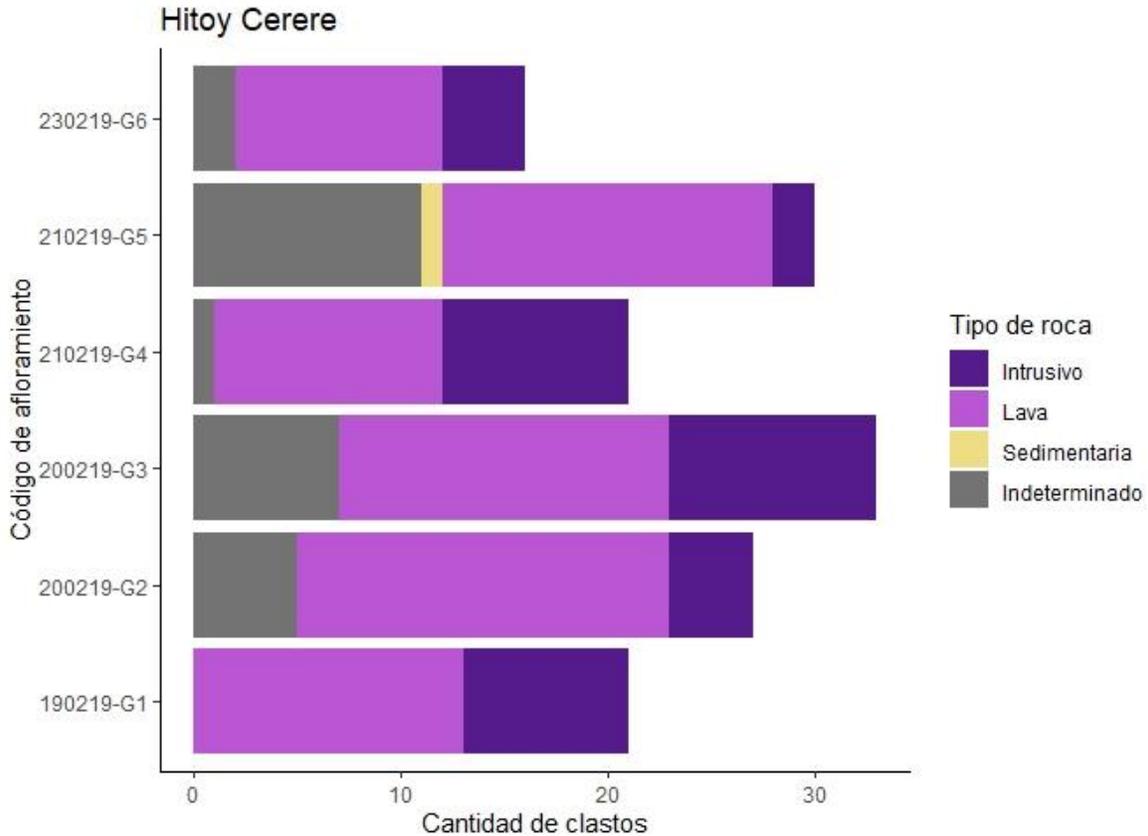


Figura 32: Clastos analizados > 10 cm en las grillas de 1 m x 1 m realizadas en la Reserva Biológica Hitoy Cerere.

### Características de las gravas medias y gruesas en los conglomerados

En la Reserva Biológica Hitoy Cerere se describieron 157 clastos con diámetro 1 a 10 cm, en las seis grillas realizadas en el campo. El afloramiento 200219-G3 es el afloramiento que presentó más clastos por cuadrícula, contando 70 clastos con un diámetro entre 1 y 10 cm, mientras que en el afloramiento 230219-G6 se contabilizaron 5 clastos (Figura 33).

En la mayoría de los sitios estudiados, salvo en los materiales del afloramiento 200219-G2, predominan los materiales volcánicos efusivos. Destaca que el afloramiento 190219-G1 sólo presenta materiales volcánicos efusivos, sin materiales indeterminados por la meteorización. En este sector sólo dos afloramientos presentan materiales sedimentarios, el afloramiento 281118-G1 también presenta materiales en esta fracción, mientras el afloramiento 210219-G5 presenta tres clastos.

Al igual que las zonas del Valle de Tamanca y Turrialba predominan los clastos de andesitas y andesitas basálticas, excepto en el afloramiento 200219-G2, en el que predominan los clastos de

intrusivos. En este sector la formación presenta una mayor cantidad de clastos de materiales intrusivos. La composición promedio del conglomerado en esta zona es de un 70% de lavas y un 30% de materiales intrusivos, con ocasionales clastos de origen sedimentario.

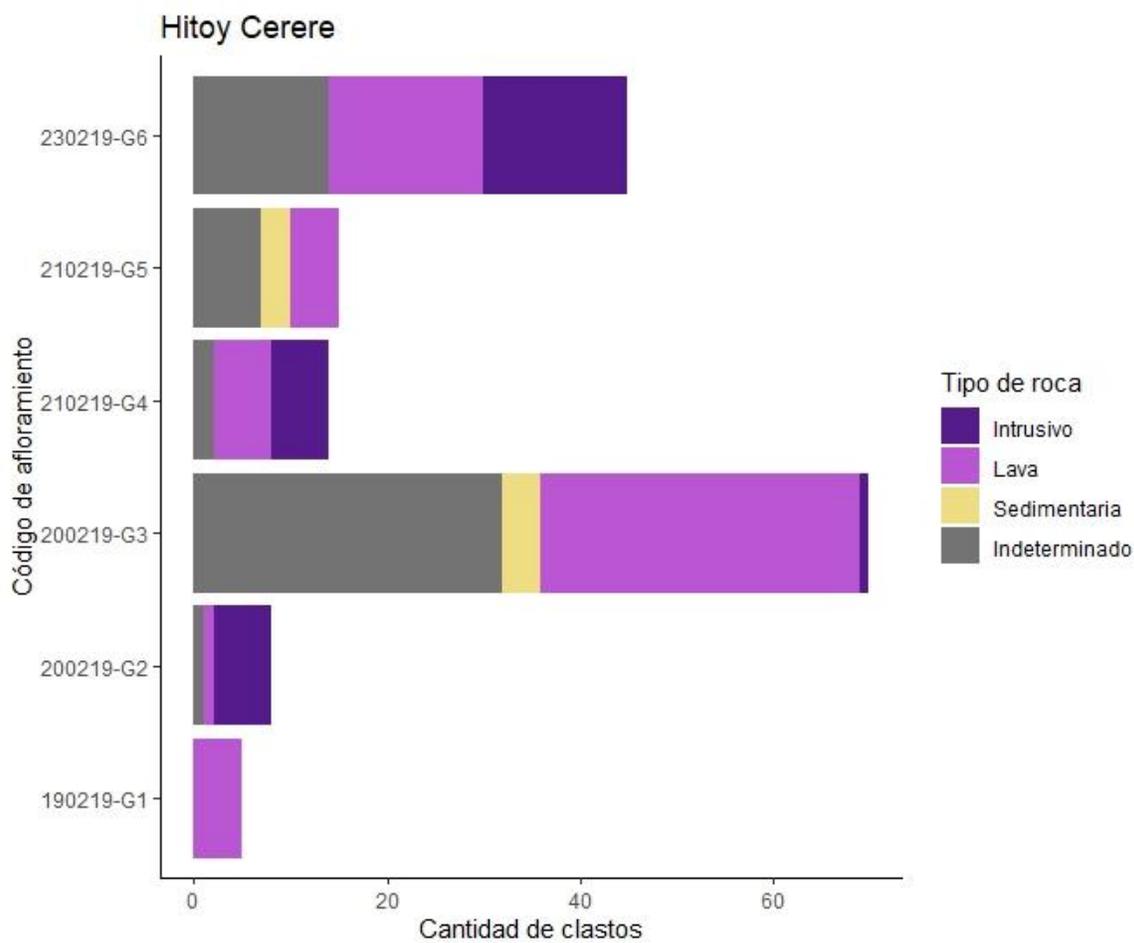


Figura 33: Clastos analizados entre 1 y 10 cm en las grillas de 1 m x 1 m realizadas en la Reserva Biológica Hitoy Cerere.

### Análisis petrográfico

Para el sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere se recolectaron 22 muestras de roca. Las muestras se agruparon en tipos litológicos, para luego seleccionar algunas muestras para elaborar secciones delgadas. Se seleccionaron 21 muestras para análisis petrográfico en este sector, de las cuales 19 muestras consisten en rocas volcánicas y dos muestras corresponden con rocas piroclásticas (Cuadro 9). (ver descripciones completas en Anexo 3.3) (Figura 34).

Cuadro 9: Resumen de la información de las secciones delgadas descritas de la Reserva Biológica Hitoy Cerere.

X	Y	Código muestra	Afloramiento	Descripción macroscópica	Descripción Sección delgada
642156	182804	190219-01	190219-G1	Andesita	Andesita basáltica con augita
642156	182804	190219-03	190219-G1	Toba fina	Toba vítrea riolítica
641969	182300	200219-01	200219-G2	Andesita basáltica	Andesita con augita e hipersteno
641969	182300	200219-02	200219-G2	Basalto	Basalto con olivino
642459	183688	200219-03	200219-G3	Basalto	Basalto con olivino
642459	183688	200219-04	200219-G3	Basalto	Basalto con augita y olivino
642459	183688	200219-05	200219-G3	Basalto	Basalto con augita y olivino
642459	183688	200219-06	200219-G3	Andesita	Andesita basáltica con augita
642459	183688	200219-07	200219-G3	Basalto	Basalto con olivino
644370	182785	210219-02	210219-G4	Andesita	Andesita con biotita
644370	182785	210219-03	210219-G4	Andesita	Basalto con augita y olivino
644370	182785	210219-04	210219-G4	Andesita	Andesita con augita
644343	183095	210219-05	210219-G5	Andesita basáltica	Andesita basáltica con augita e hipersteno
644343	183095	210219-06	210219-G5	Basalto	Basalto con olivino
644343	183095	210219-07	210219-G5	Tobita	Toba cristalina con plagioclasa
644343	183095	210219-08	210219-G5	Andesita	Andesita con augita
644343	183095	210219-09	210219-G5	Andesita	Andesita vesicular con augita
642364	183502	230219-01	230219-G6	Andesita	Andesita vesicular con augita
642364	183502	230219-02	230219-G6	Andesita	Andesita con augita
642364	183502	230219-03	230219-G6	Andesita	Andesita con augita e hipersteno
642364	183502	230219-04	230219-G6	Basalto	Andesita con augita

Así como ocurre en los conglomerados del sector de Turrialba, las rocas volcánicas extrusivas son las litologías predominantes en los conglomerados de Suretka para esta área. Existen cinco tipos distintos de litologías extrusivas, mientras que se registraron dos tipos de rocas piroclásticas.

El grupo de mayor representatividad en los análisis petrográficos consiste en basaltos y andesitas basálticas con augita y olivino, que presentan matriz de textura intersertal o intergranular. De esta litología se encuentran ocho muestras descritas, que presentan diferente grado de meteorización, variando desde alteraciones leves en minerales máficos como óxidos de hierro, hasta secciones que presentan minerales de alteración como uralita, nontronita, zeolita, clorita y sericita. Algunas secciones hasta presentan minerales como calcita en vetas y rellenos de vesículas.

También se encuentran andesitas con matriz de textura vesicular, que presentan augita como principal fenocristal máfico. Estas muestras presentan una textura amigdaloida en microscopía evidenciada por precipitados radiales de zeolita y calcita relleno de vesículas. Cabe destacar que los principales minerales de alteración en dichas secciones son sericita, uralita y óxidos de hierro.

Existen tres muestras que presentan matriz de textura pilotaxítica, que consisten en basaltos y andesitas que tienen augita como principal fenocristal. Otro grupo de andesitas presentan matriz de textura intersertal y fenocristales de augita e hipersteno como principal característica distintiva. Ambos grupos presentan minerales de alteración como uralita, clorita, sericita y óxidos de hierro.

Se encontró una muestra de andesita con matriz de textura intersertal con fenocristales de hornblenda, lo cual la diferencia de los otros grupos de andesitas encontrados en el área de estudio. Por último, se describió una muestra de una latita, con biotita y augita como principales fenocristales y una matriz de textura intersertal.

Las secciones de rocas piroclásticas consisten en tobas vítreas que presentan grados de meteorización considerables, que alteran la roca al punto de que los componentes de esta son difícilmente reconocibles.

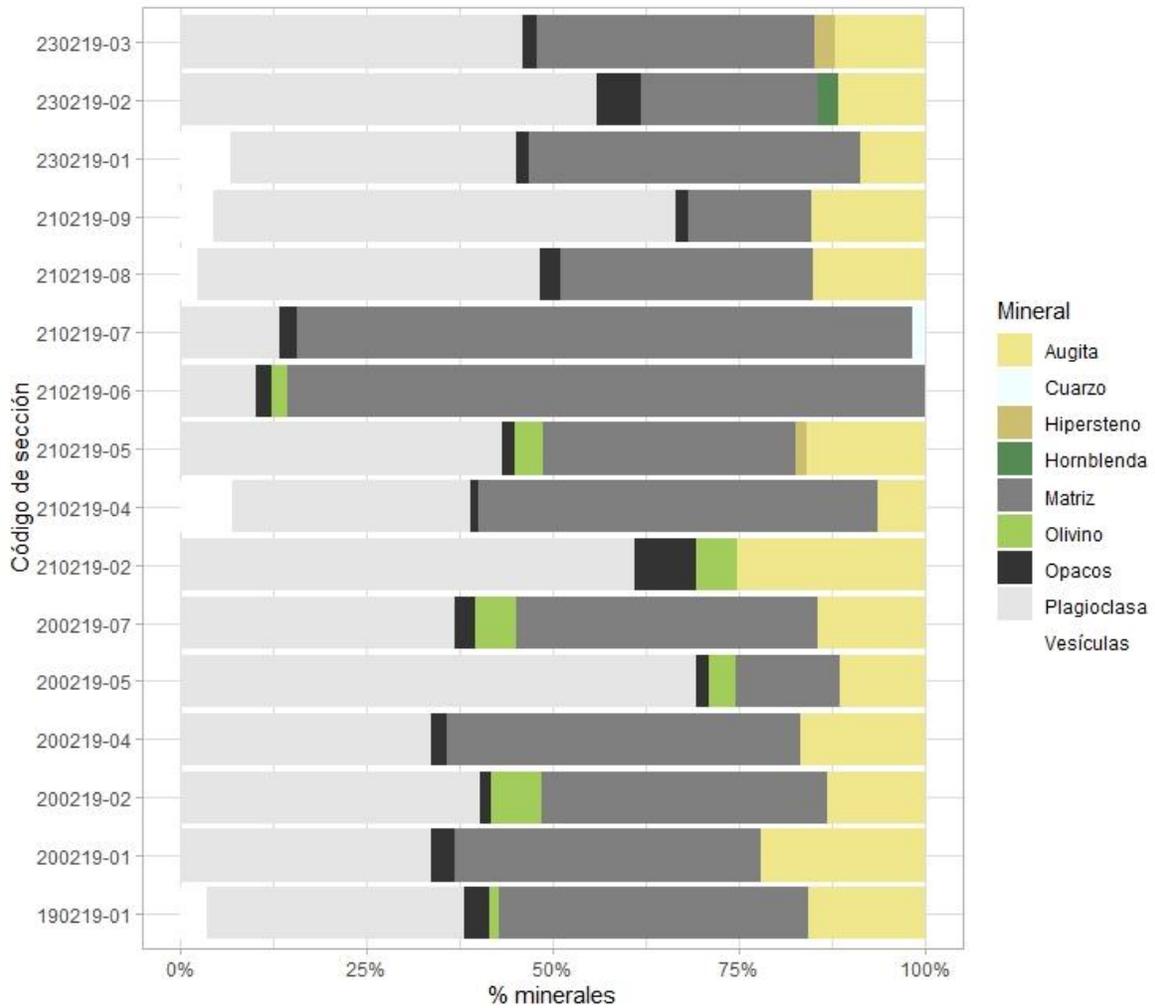


Figura 34: Petrografía de los materiales volcánicos de la Formación Suretka en los depósitos del sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere.

## Discusión

### Distribución por tamaño de los sedimentos en relación con el grado de meteorización

Diversos factores pueden determinar el tamaño de los clastos presentes en los depósitos conglomeráticos. Existen propiedades específicas de la composición y litología que inciden en la resistencia a fracturarse y erosionarse, mientras que existen factores propios del área fuente, transporte y depositación que también pueden incidir. El tamaño de los materiales depositados

pueden ser determinados por las condiciones en el área fuente y la energía con la que son transportados (Tucker, 2003).

El grado de meteorización de los clastos depende de la susceptibilidad de los materiales de los que se compone un clasto y de sus dimensiones. Entre menor tamaño tenga un clasto, mayor es la posibilidad de que el grado de meteorización sea intenso; por el contrario, entre mayor sea el tamaño de un clasto, es más probable encontrar un núcleo de roca sano.

La media del tamaño con su intervalo de confianza ( $p < 0,05$ ) de los clastos calificados en cada categoría de grado de meteorización, para los clastos  $> 10\text{cm}$  muestra que según sea más pequeño el bloque observado, es mayor el grado de meteorización que presenta (Figura 35). Cabe destacar que para los clastos de tamaño decimétrico esta diferencia no es estadísticamente representativa, como lo evidencia el resultado de la prueba ANOVA:  $F(4, 439) = 1,986$ ,  $p = ,096$ , que presenta un valor  $p$  mayor a  $0,05$ , por lo que se acepta la hipótesis nula y se determina que no existen diferencias significativas entre las medias de las categorías de meteorización. Esto hace indicar que no existe una relación entre el tamaño de los materiales y su grado de meteorización.

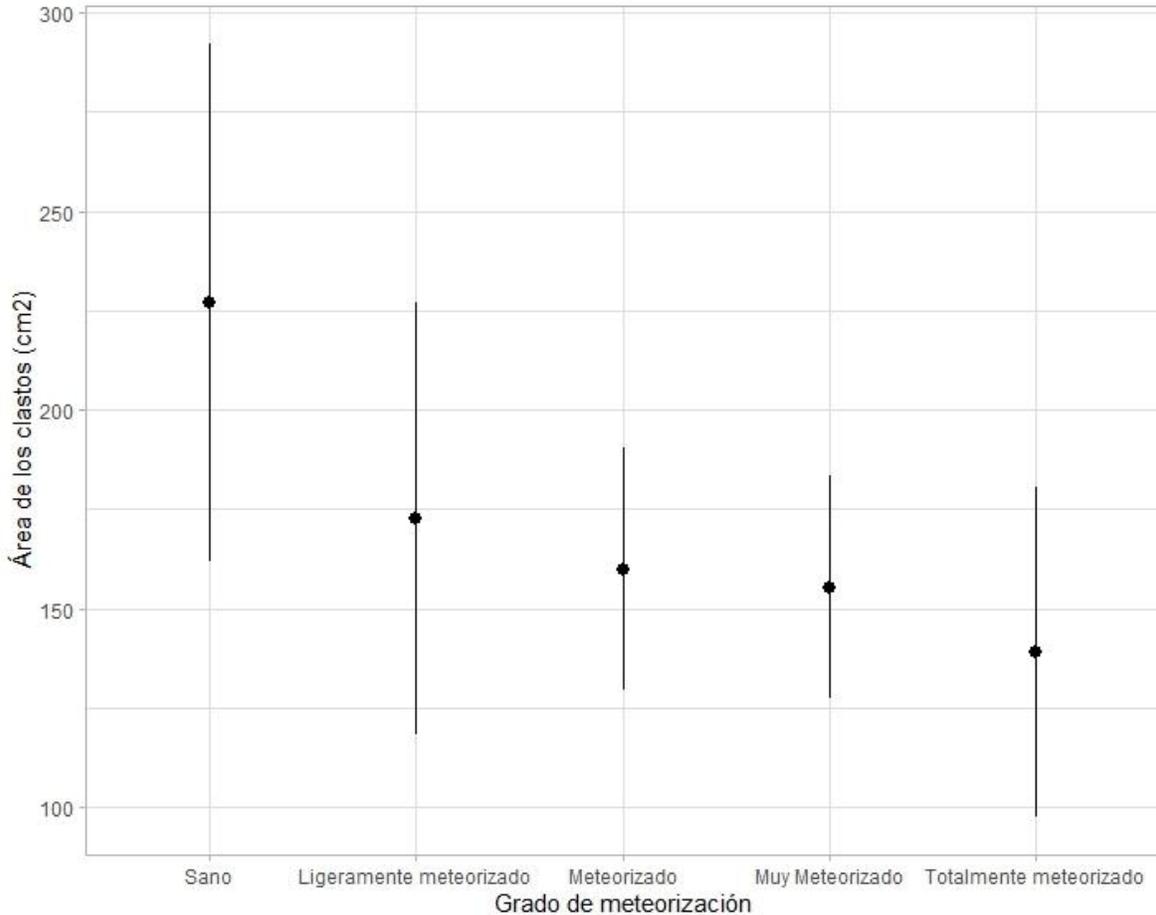


Figura 35: Tamaño promedio con su intervalo de confianza para los grados de meteorización de los materiales >10 cm medidos en campo.

En la media los tamaños de los materiales centimétricos, con su intervalo de confianza, existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tamaño de los clastos totalmente meteorizados y las categorías de meteorización restantes (Figura 36). Al igual que para los materiales decimétricos, conforme el grado de meteorización aumenta se reduce la media del tamaño de los materiales. También cabe destacar que, debido a las pocas observaciones de materiales en las categorías de “sano” y “ligeramente meteorizado”, estos valores presentan intervalos de confianza amplios. La prueba ANOVA:  $F(4,1101) = 11,98$ ,  $p < ,001$  descarta la hipótesis nula y se determina que si existen diferencias significativas entre las medias de las categorías de meteorización. A partir de la prueba Tukey se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tamaño de los materiales totalmente meteorizados y el resto de categorías de meteorización de los materiales. Esto implica que, para la fracción de materiales centimétricos, el

grado de meteorización presenta una correlación negativa directa, en donde conforme disminuye el tamaño del clasto aumenta su grado de meteorización.

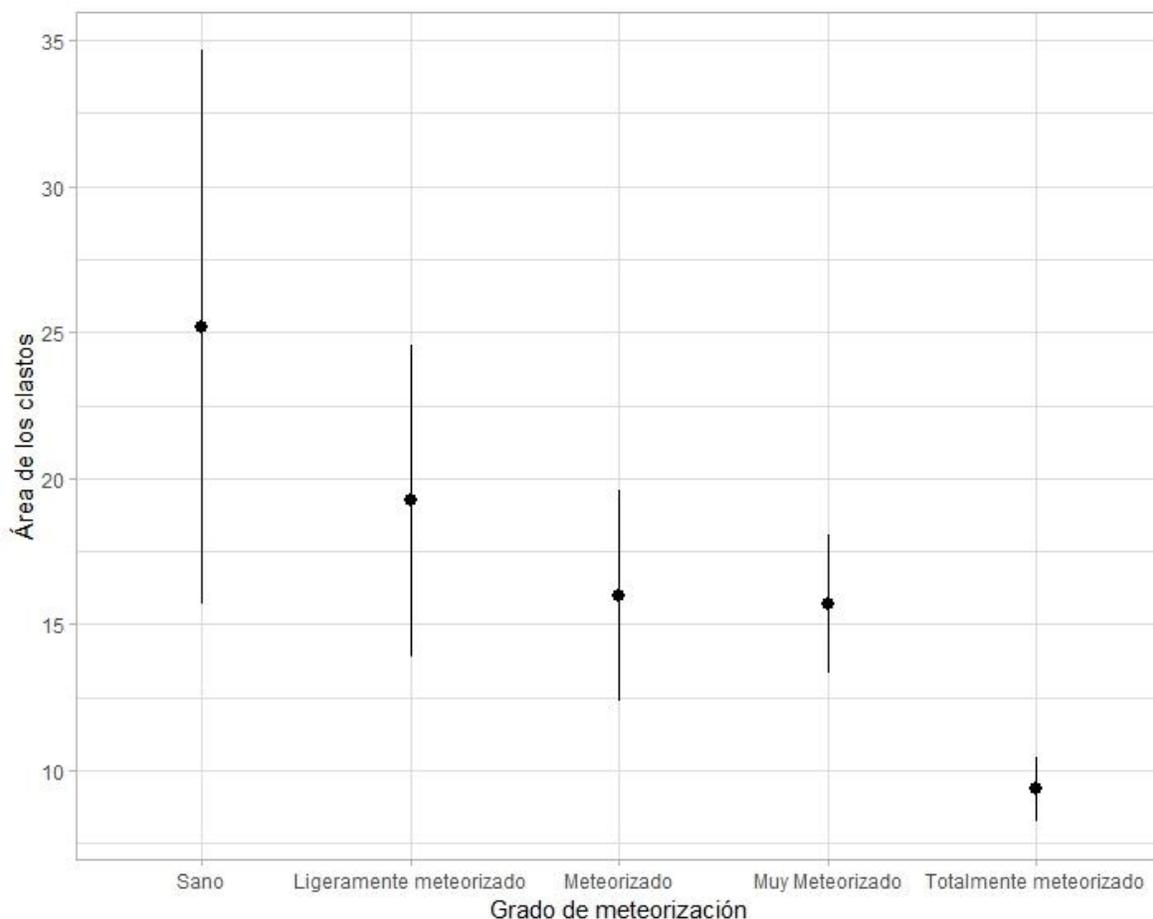


Figura 36: Tamaño promedio con su intervalo de confianza para los grados de meteorización de los materiales centimétricos medidos en campo.

### Forma de los clastos

#### Razón entre el eje mayor y menor de los materiales (Razón Z/X)

Con el fin de caracterizar la forma de los clastos, su redondez y esfericidad se compara la longitud de los ejes principales de cada clasto. Las dimensiones de los clastos según litología y su respectiva correlación para los materiales de diámetro >10 cm (Figura 37). El *valor p* reportado para la correlación de las litologías mostradas presenta en los cuatro casos un valor < ,01, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se considera como una correlación estadísticamente representativa para los datos en cuestión.

Respecto al coeficiente de correlación de Pearson, los intrusivos, lavas e indeterminados presentan una correlación positiva entre el tamaño de los ejes, lo que significa que existe una relación lineal positiva entre los tamaños de los clastos. Esta relación lo que indica es que las lavas, intrusivos y materiales indeterminados presentan formas redondeadas a bien redondeadas. Los materiales sedimentarios presentan una razón de Pearson de ,61, por lo que se alejan de una relación lineal entre la medida de sus ejes, evidenciando que estos materiales tienden a tener formas más prismáticas o discoidales.

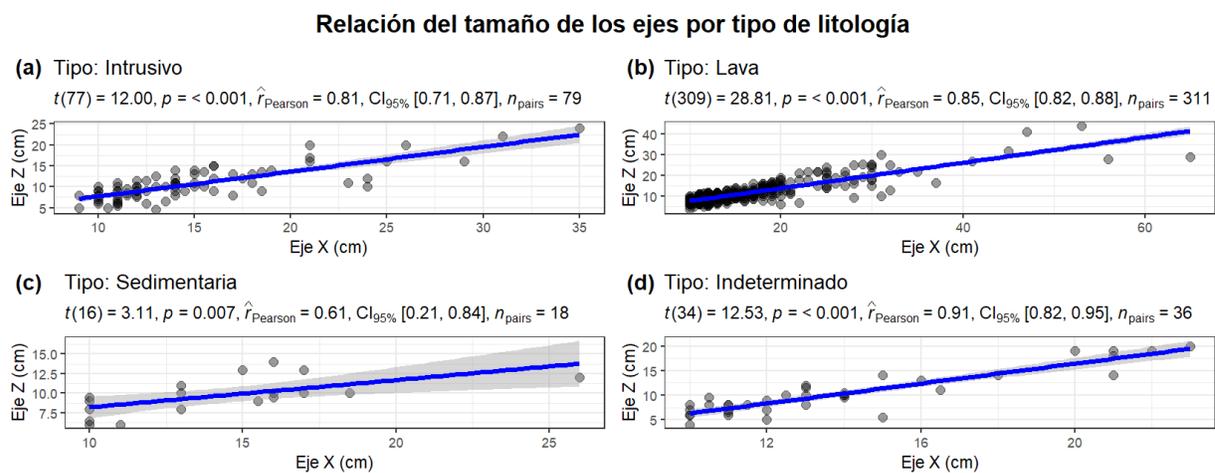


Figura 37: Relación de los ejes medidos para cada clasto según litología, en los materiales de >10 cm.

En el caso de los materiales de tamaño <10 cm (Figura 38) se establece la relación de los ejes de los clastos según litología, con su tendencia. El *valor p* reportado por la correlación de los datos de las litologías mostradas presenta en los cuatro casos un valor menor a 0,01, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se considera que existe una relación lineal estadísticamente representativa para las cuatro categorías.

El coeficiente de correlación de Pearson de los materiales indica que en los materiales centimétricos las lavas, sedimentarios e intrusivos presentan una correlación positiva directa entre los ejes, que indica que si un eje aumenta en sus dimensiones el otro también lo hará proporcionalmente. Para los materiales indeterminados la razón de Pearson presenta un valor de ,68, que puede ser producto de la variación de los materiales producto de la meteorización intensa que presentan. Al observar la tendencia de la correlación de las cuatro categorías se observa que

estos datos tienden a tener formas menos regulares, con mayor diferencia entre el eje mayor y el eje menor.

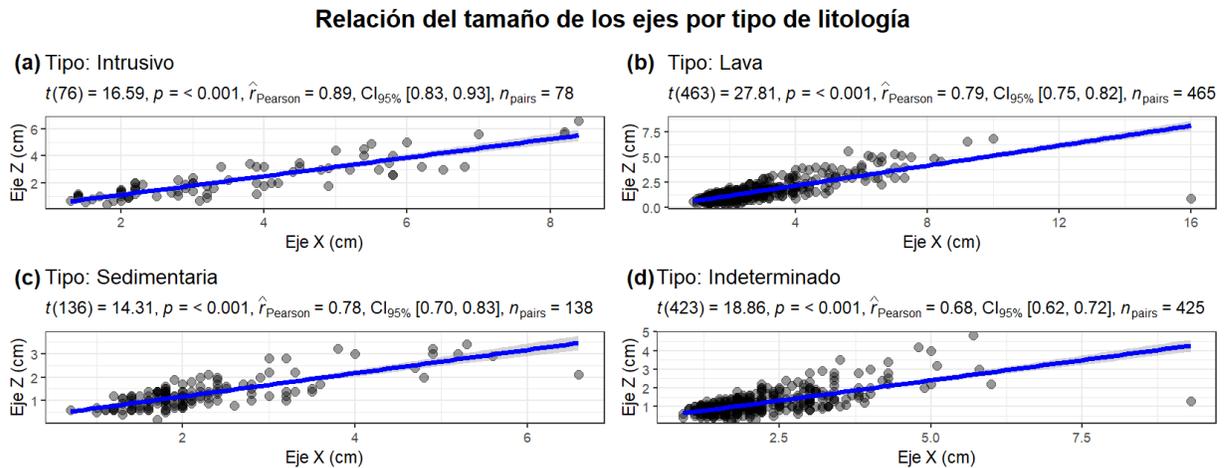


Figura 38: Relación de los ejes medidos para cada clasto según litología en los materiales de tamaño <10 cm.

La razón  $Z/X$  es la división del eje menor de un clasto contra el eje mayor; y esto arroja un índice de 0 a 1, en donde 1 corresponde a un clasto en donde sus ejes tienen la misma dimensión y valores cercanos a 0 indican ejes de clasto con grandes diferencias en las dimensiones de sus ejes. Esta razón se puede asociar a la redondez y esfericidad de los materiales, ya que los materiales más redondeados y esféricos tendrán razones  $Z/X$  cercanas a 1, mientras que los materiales más prismáticos y angulares tendrán valores más bajos. La relación de ejes de los materiales >10 cm según litología para cada área de estudio se muestra en la Figura 39.

El área de Hitoy Cerere es la que presenta una distribución de datos más homogénea en el eje de la razón  $Z/X$ , con una cantidad considerable de muestras a lo largo de los ejes para cada tipo de litología. En esta área de estudio tan solo se observa una muestra de clasto de origen sedimentario. En el sector de Turrialba los materiales intrusivos, sedimentarios e indeterminados presentan razones por encima de un factor de 0,5, mientras que las lavas tienen materiales en todo el espectro de la razón de ejes. Destaca que en las lavas para este sitio de estudio se observan muchas muestras que presentan una razón entre ejes de 1, indicando que ambos ejes miden lo mismo.

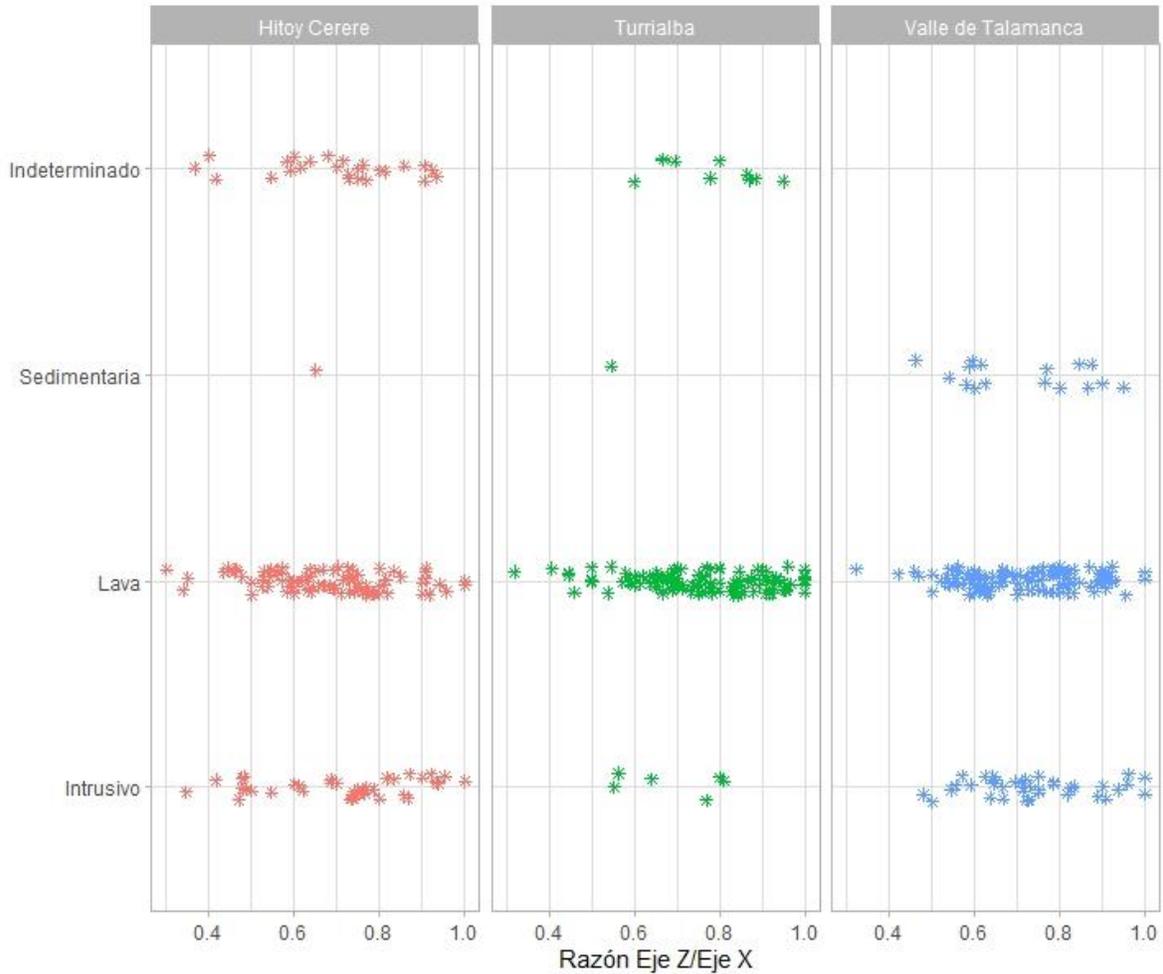


Figura 39: Razón entre los ejes de los materiales medidos de diámetro >10 cm por zona estudio.

En el sector del Valle de Talamanca los clastos intrusivos y sedimentarios presentan razones mayores de 0,5, mientras que las lavas presentan razones entre 0,3 y 1. En este sector se observa una concentración mayor de muestras en un rango entre 0,6 y 0,8, principalmente en los intrusivos y lavas.

La relación de ejes de los materiales de tamaño <10 cm según litología para cada área de estudio muestra que, a diferencia de los materiales decimétricos, la distribución de los resultados obtenidos es más homogénea. La cantidad de muestras con una relación de ejes con valor cercano a 1 es escasa (Figura 40).

En Hitoy Cerere se observa que sólo existen dos muestras con una razón de 1, en los materiales indeterminados y las lavas. El rango de valores para los materiales indeterminados, lavas

e intrusivos es amplio, con observaciones entre valores de 0,2 y 1. Los materiales sedimentarios presentan pocas observaciones, y se encuentran en el rango entre 0,25 y 0,80.

Para el sector de Turrialba destaca que existen pocas muestras de materiales intrusivos, que se encuentran entre el rango de 0,25 y 0,75. Los materiales indeterminados y lavas presentan la mayor cantidad de muestras, desde valores de 0,12 hasta valores cercanos a 1. Las observaciones de materiales intrusivos son escasas para esta área de estudio.

Los materiales del Valle de Talamanca presentan una densidad mayor de materiales en cada tipo de litología. Pocas muestras se observan con valores menores a 0,25, con la mayor densidad de muestras en el área de estudio en el rango de 0,25 a 0,87.

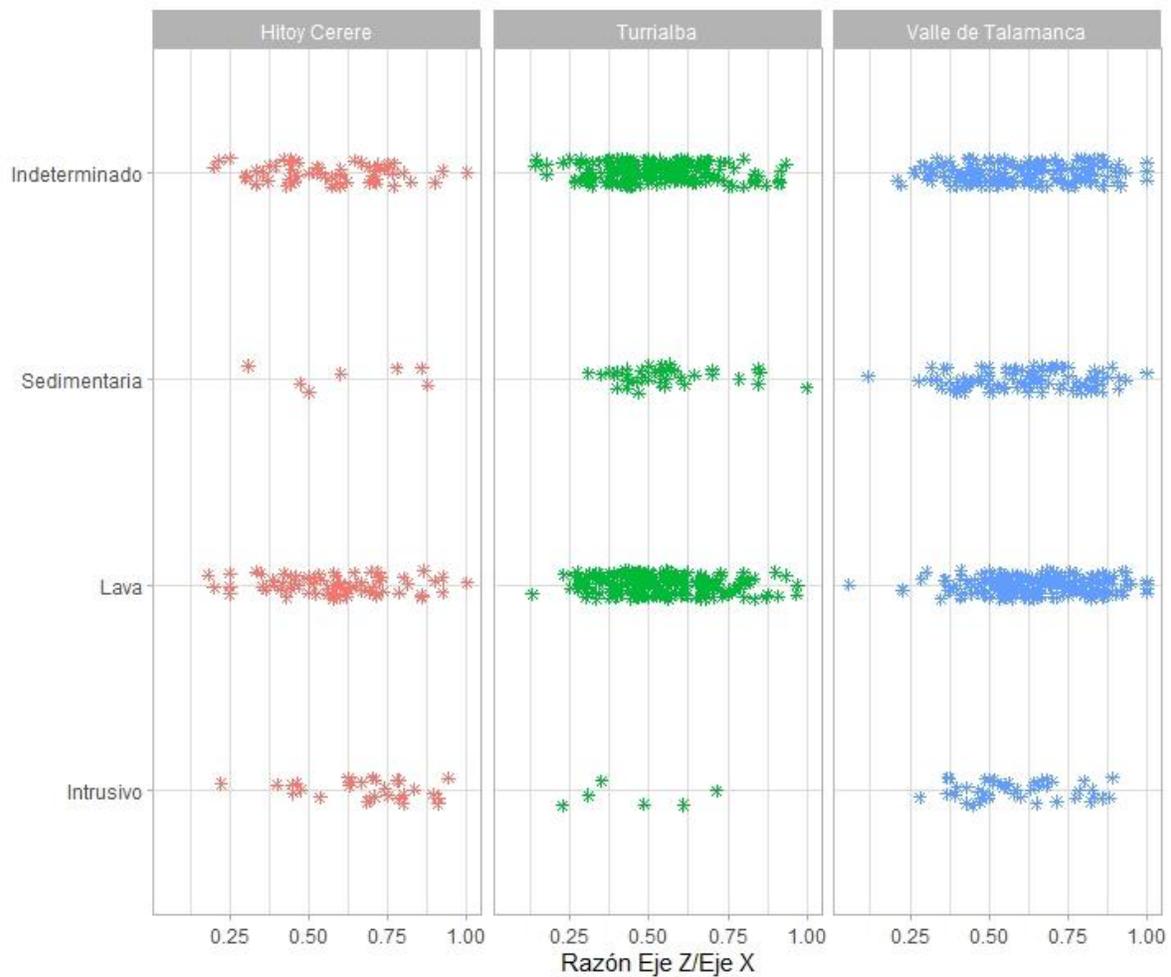


Figura 40: Razón entre los ejes de los materiales medidos de diámetro <10 cm por zona estudio.

## Formas de los clastos a partir de la redondez y esfericidad

Las tres áreas de estudio presentan diferencias en la combinación predominante de redondez y esfericidad para los materiales analizados. Destaca en el área del Valle de Talamasca que predominan los materiales redondeados y subdiscoidales, mientras que en el sector de Turrialba predominan clastos subredondeados y subdiscoidales, por el otro lado en Hitoy Cerere no existe una combinación de características que impere, ya que los materiales bien redondeados y esféricos coexisten junto con los materiales redondeados subdiscoidales y subprismáticos (Figura 41).

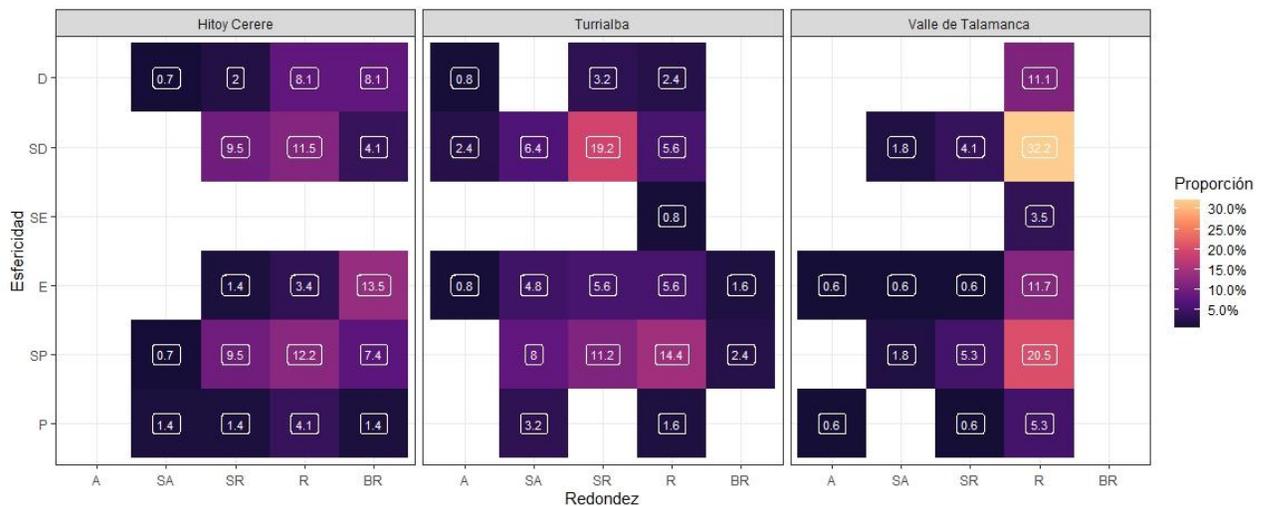


Figura 41: Relación de redondez y esfericidad para los materiales >10 cm según el área de estudio.

Al consistir en una formación principalmente conglomerática se observa que la mayor cantidad de muestras se categoriza, a nivel de redondez, como materiales de subredondeados a bien redondeados. Los materiales angulares son escasos, pero en el sector de Turrialba se observa una mayor aparición de materiales angulares y subangulares que en el resto de las áreas de estudio. La forma de los materiales de Turrialba varía respecto a la redondez de los materiales debido al tipo de sedimentación y cercanía al área de aporte de la cuenca, que no permite que con el transporte los clastos adquieran formas más redondeadas.

Los sitios de depositación de los materiales en Hitoy Cerere y el Valle de Talamasca presentaban una distancia de transporte de materiales mayor que los depósitos en Turrialba, como

lo evidencian las características de redondez y esfericidad de los materiales. Los materiales subdiscoidales de Hitoy Cerere y Valle de Talamanca se pueden correlacionar con depósitos de carga de fondo de ríos, mientras que en Turrialba pueden asociarse más a cauces abandonados o sitios de abanicos aluviales y coluviales.

Las variaciones en redondez y esfericidad de los materiales centimétricos incluyen la categoría MA muy angular, ya que en los mayores de diámetro mayor a 10 cm no hubo materiales clasificados en dicha categoría de redondez (Figura 42). Los sectores de Turrialba y el Valle de Talamanca presentan patrones predominantes en los materiales, mientras que en la zona de Hitoy Cerere no existe una categoría que predomine sobre las demás.

En los materiales de los depósitos de Turrialba predominan formas subprismáticas y subdiscoidales, además de subangulares y subredondeadas. Dichas características hablan de materiales con una menor acción erosiva y moldeante del transporte fluvial, por lo que se mantienen las formas prismáticas de los clastos.

En el Valle de Talamanca son los materiales subesféricos los que predominan, seguido de los materiales subprismáticos. A nivel de redondez, los materiales son predominantemente subangulares y subredondeados. La forma de dichos materiales indica que estos sufrieron un moldeamiento más intenso producto del transporte fluvial, por lo que se puede inferir que las zonas de depósito de encontraban más lejanas al área de aporte.

En Hitoy Cerere no existe una predominancia clara respecto a la redondez y esfericidad de los materiales, tan solo destacan levemente los materiales subprismáticos y subesféricos redondeados. Esta ausencia de una categoría predominante es un comportamiento similar al de los materiales decimétricos.

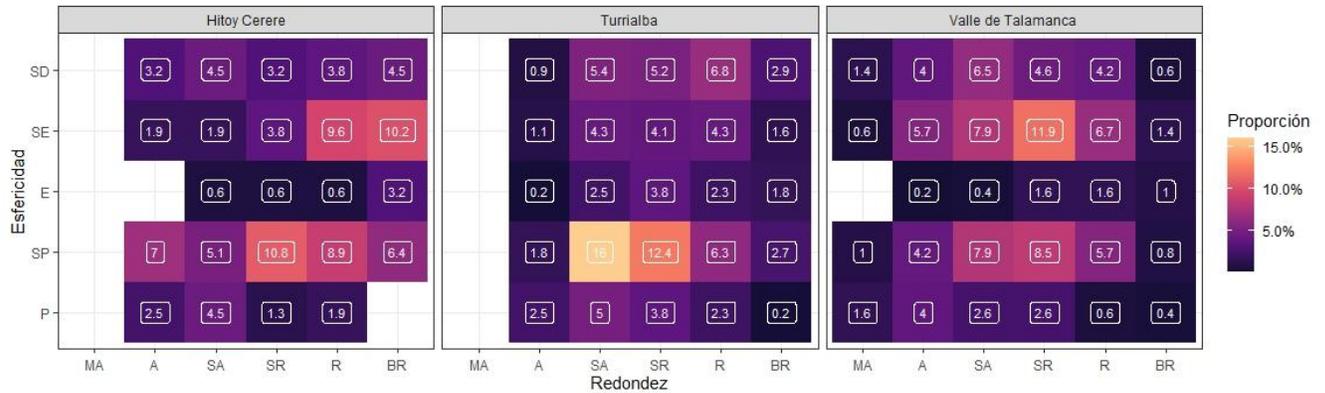


Figura 42: Relación de redondez y esfericidad para los materiales <10 cm según el área de estudio.

## Composición

A nivel composicional, la formación Suretka presenta variaciones según el área de estudio. Los materiales volcánicos son predominantes en la Formación Suretka para los tres sitios estudiados, con un mínimo de 60% de la totalidad de materiales. Los bloques intrusivos también se observan en las tres áreas de estudio, con las zonas de Hitoy Cerere y Valle de Tamanca con 25% y 20% de su composición total, respectivamente. El conglomerado en el sector de Turrialba se caracteriza por tener menor cantidad de materiales intrusivos. En los materiales sedimentarios es donde se observa una mayor diferencia entre las áreas de estudio, ya que el Valle de Tamanca presenta hasta un 7% de sus bloques sedimentarios, mientras que en Turrialba e Hitoy Cerere estos materiales están prácticamente ausentes (Figura 43).

Conforme los datos recolectados hay una asociación estadísticamente significativa entre el área y el tipo de roca, como lo determina la Prueba  $\chi^2(6) = 75.2, p < .001$ . Además, se determina que el tamaño del efecto es moderado,  $V = .28$ , IC 95% [.2, .34], lo que indica que la asociación entre el área y la composición por tipo de roca es importante.

En los sectores de Turrialba e Hitoy Cerere existen materiales clasificados como indeterminados, pero estos materiales debido a la meteorización que presentan probablemente correspondían con materiales de tipo intrusivos o lavas. Es posible inferir esto en ciertos casos donde las pátinas y minerales de alteración aún permiten reconocer los minerales originales, ya sea por la paragénesis de los minerales de alteración como por las formas remanentes. En ocasiones también se observan algunos minerales máficos alterados pero reconocibles por sus formas, como

algunos piroxenos y hornblendas. Estas rocas no presentan evidencia de porosidad y granularidad, por lo que se descarta que correspondan a rocas sedimentarias.

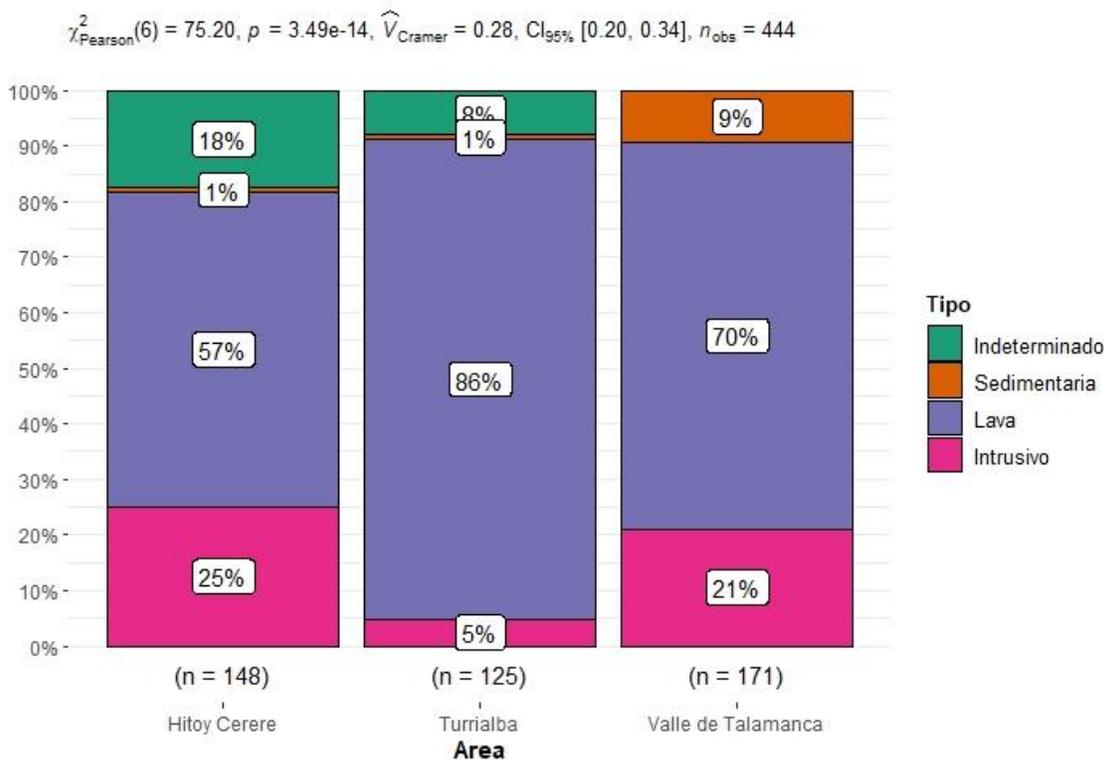


Figura 43: Comparación de la composición de los materiales >10 cm en las áreas de estudio.

Las variaciones a nivel composicional de los conglomerados en las distintas áreas de estudio se deben a las variaciones en las áreas de aporte para cada sector. Debido a estas composiciones se infiere que el área de aporte de los conglomerados del Valle de Talamanca presenta una mayor cobertura de materiales sedimentarios clásticos, ya que para que estos materiales se preserven en el conglomerado deben erosionarse en gran cantidad y resistir el proceso de transporte respectivo (Tucker, 2003). También se infiere que cuerpos intrusivos de composiciones félsicas se encontraban exhumados, por la presencia de materiales intrusivos graníticos, monzoníticos y dioríticos. Estos materiales intrusivos de composiciones félsicas solo se observaron en el conglomerado de este sector. Los materiales volcánicos descritos destacan por presentar principalmente andesitas y andesitas basálticas, sin embargo, también se encontraron materiales como dacitas y andesitas con biotita los cuales constituyen evidencia de vulcanismo de magmatismo más evolucionado.

En el sector de Hitoy Cerere se realizó el análisis de la sección inferior de la secuencia de depositación, debido a la complejidad del acceso para el resto de la secuencia descrita en Bottazzi (2016). Las facies descritas se interpretan como las facies más antiguas de la formación en dicho sector, ya que carecen de materiales intrusivos félsicos. Gracias a bloques desprendidos y transportados de la Formación Suretka en el cauce del Río Cerere se observó que en la zona se encuentran facies que contienen hasta un 20% de clastos de origen intrusivo, en su mayoría félsicos (Figura 44).



*Figura 44: Fotografía de un bloque desprendido y transportado en el Río Cerere que contiene clastos de intrusivos de composición félsica (606086 E / 1068964 N CRTM05).*

El área de Turrialba tiene una predominancia de materiales volcánicos andesíticos, con escasos bloques de andesitas con biotita como fenocristal. Los bloques intrusivos encontrados evidencian que el área de aporte presentaba la exhumación de cuerpos intrusivos de composiciones máficas, como gabros y dioritas.

El área de aporte del conglomerado en Turrialba presenta diferencias debido a la cercanía del Arco Volcánico Central. La composición de los materiales demuestra que aproximadamente un 85% de los materiales descritos corresponden con andesitas, andesitas basálticas y basaltos. Muchos de estos materiales se pueden asociar petrográficamente con las lavas de la Formación La

Cruz (Alfaro et al., 2018). Los cuerpos intrusivos descritos son escasos, con gabros como la principal litología.

La principal característica que resalta de la composición de los materiales de la fracción granulométrica de <10 cm es que el porcentaje de materiales sedimentarios es mayor respecto a los materiales decimétricos, mientras que los materiales intrusivos son sustancialmente más escasos (Figura 45).

Para los datos de materiales centimétricos se determina que hay una asociación estadísticamente significativa entre el área y el tipo de roca, como lo determina la Prueba  $\chi^2$  (6) = 85.2,  $p < .001$ . Además, se determina que el tamaño del efecto es de pequeño a moderado,  $V = .19$ , IC 95% [.14, .23], lo que indica que la asociación entre el área y la composición por tipo de roca no presenta mayor importancia.

Al igual que en la fracción decimétrica de materiales, las lavas son los materiales predominantes en todas las áreas de estudio, con los materiales indeterminados como el siguiente tipo de muestras más abundantes. En las tres áreas de estudio se presenta mayor cantidad de fragmentos sedimentarios centimétricos, ya que la fábrica de la roca sedimentaria ocasiona que sea menos resistente al transporte, por lo que se conservan materiales con menor tamaño que otras litologías (Tucker, 2003). Al igual que en los materiales mayores, Turrialba presenta el mayor porcentaje de materiales indeterminados.

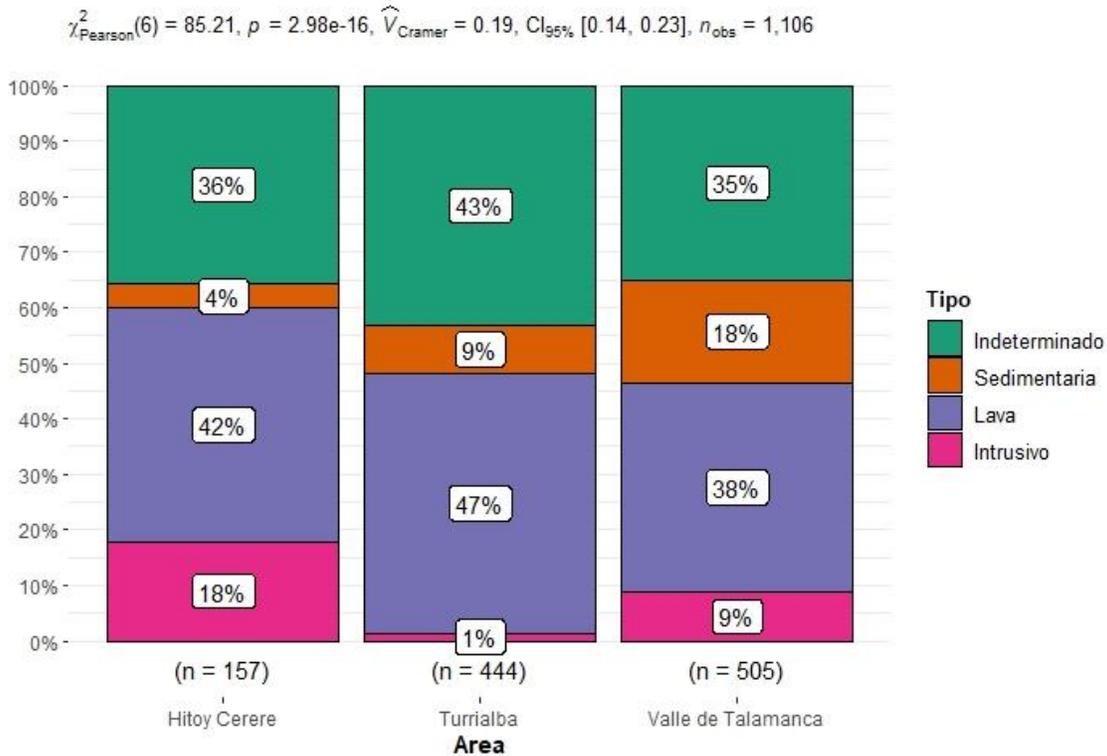


Figura 45: Comparación de la composición de los materiales <10 cm en las áreas de estudio.

En los materiales de Hitoy Cerere destaca que hasta un 15% de sus fragmentos corresponden con intrusivos, principalmente gabros. En esta fracción también resulta ser el área de estudio con menor porcentaje de materiales sedimentarios, por lo que se puede inferir que, de las tres áreas de aporte, la cuenca alta de los depósitos de Hitoy Cerere es la que presentaba la menor cantidad de materiales sedimentarios erosionándose.

A diferencia de los clastos mayores de 10 cm, la composición de los materiales presenta diferencias ya que, pese a que predominan los materiales volcánicos, los materiales sedimentarios representan un porcentaje mayor de la fracción granulométrica. También destaca que los materiales con un alto grado de meteorización son más abundantes que en los bloques mayores.

### Características petrográficas de los materiales asociados a formaciones presentes en la Cordillera de Talamanca

Utilizando los análisis petrográficos se establecen las relaciones entre los materiales ígneos preservados como clastos en la Formación Suretka y los materiales que afloran en la Cordillera de

Talamanca. Para dicha comparación y contraste se usaron las descripciones petrográficas de Ulloa & Delgado (2010) y Alfaro (2017). (ver datos de composición en el anexo 4).

### Rocas intrusivas

En el presente trabajo se analizaron 5 secciones delgadas de rocas intrusivas, que se asocian con el Intrusivo de Talamanca. Entre las litologías descritas se encuentran dioritas, monzonitas, gabros, granodioritas y granitos (Figura 46). Estas muestras se agrupan según las asociaciones petrográficas descritas por Ulloa & Delgado (2010) y Alfaro (2017) para los materiales del Intrusivo de Talamanca.

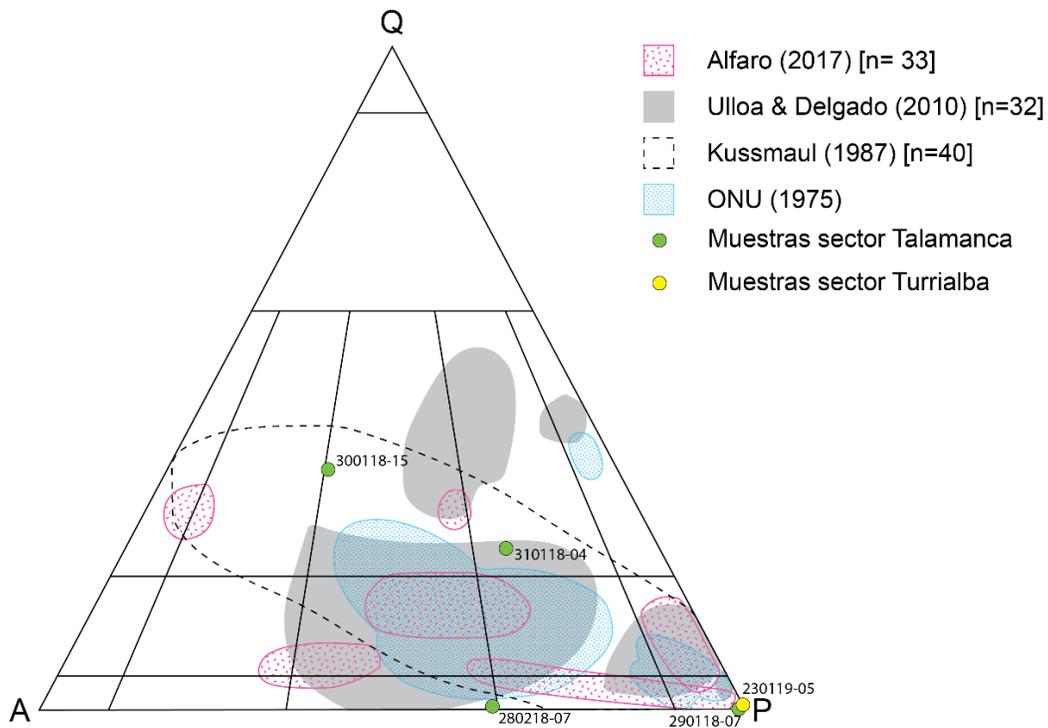


Figura 46: Diagrama QAP de los materiales ígneos que afloran en la cordillera de Talamanca de acuerdo con los autores Alfaro (2017), Kusssmaul (1987), ONU (1975) y Ulloa & Delgado (2010). Adicionalmente se ubican las muestras descritas provenientes de la Formación Suretka en los sectores del Valle de Talamanca y Turrialba.

### Monzonitas, dioritas y gabros

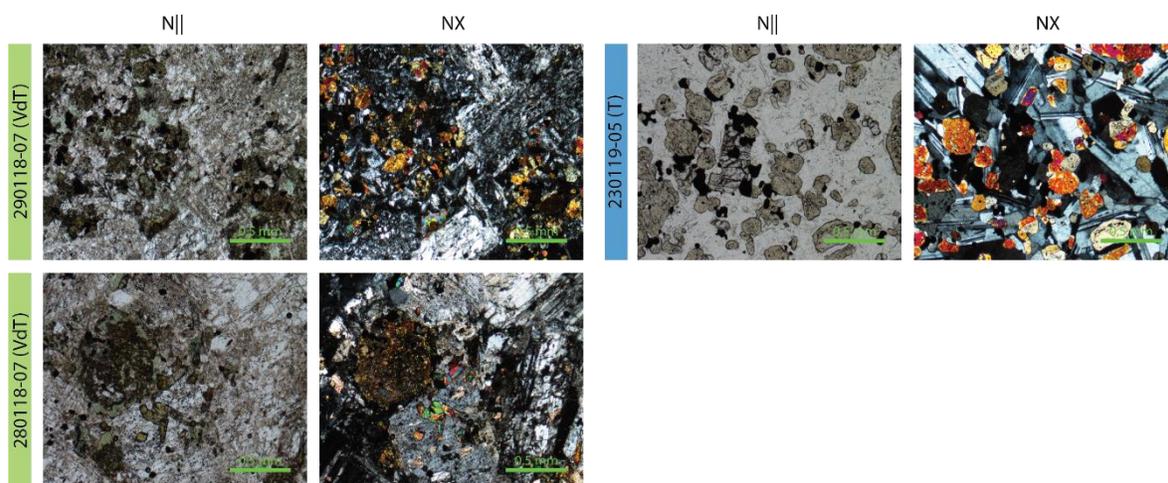
Tres muestras tomadas de la Formación Suretka corresponden con este grupo de intrusivos. Estos materiales se caracterizan por tener una matriz de textura holocristalina hipidiomórfica granular. Dentro de los minerales máficos presentes destacan augita, hipersteno y hornblenda, con magnetita presente en todas las muestras. El olivino está presente únicamente en la muestra

230119-05, mientras que la ortosa sólo se observa en la muestra 290118-07 (Cuadro 10). Las muestras del Valle de Tamanca presentan una meteorización de mayor intensidad que la muestra recolectada en los depósitos de Turrialba (Figura 47).

A nivel composicional y textural las descripciones de estas muestras presentan similitudes con las descripciones realizadas por Alfaro (2017) y Ulloa & Delgado (2010) para las dioritas y gabros del Grupo Intrusivo de Tamanca. Entre ambos trabajos se describen 15 muestras de esta unidad.

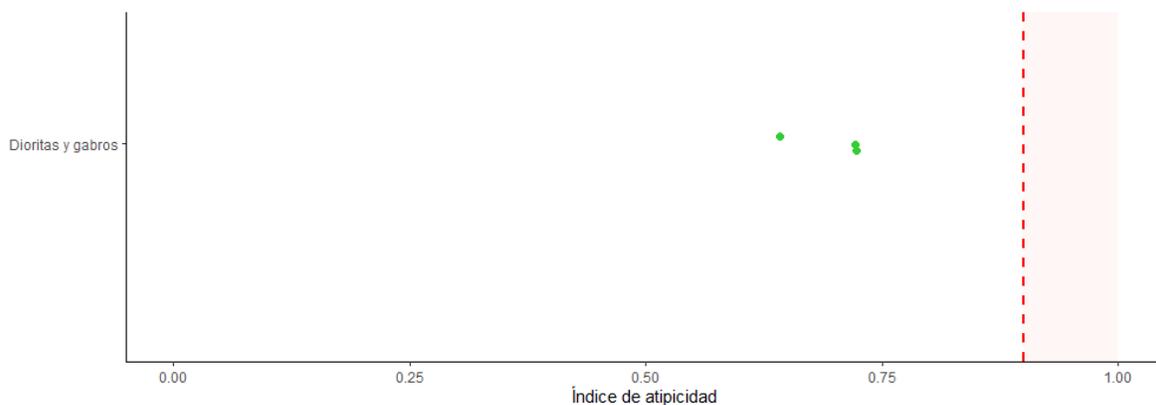
*Cuadro 10: Resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes a Sienitas, dioritas y gabros de la Formación Suretka.*

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura	Minerales de alteración
290118-07	Valle de Tamanca	Diorita alterada con clorita y epidota	Holocrystalina hipidiomórfica granular de grano fino	Clorita Epidota Uralita
280218-07	Valle de Tamanca	Monzonita	Holocrystalina hipidiomórfica granular de grano fino	Clorita Calcita Uralita Sericita
230119-05	Turrialba	Gabro con augita y olivino	Holocrystalina hipidiomórfica granular de grano fino	Iddingsita



*Figura 47: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes con Diorita (290118-07), Monzonita (280218-07) y Gabro (230119-05). (N||): Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Tamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).*

Al realizar el análisis CoDA para las muestras de monzonitas y gabros, se concluye que las muestras identificadas en los depósitos conglomeráticos se asocian con los Intrusivos de Talamanca. Los valores de índice de atipicidad obtenidos para las muestras, que rondan entre 0,6 y 0,75. Estos valores indican que las muestras son estadísticamente representativas de las unidades descritas en trabajos previos (Figura 48).



*Figura 48: Índice de atipicidad de las muestras de la Formación Suretka respecto a las muestras utilizadas para la definición petrográfica de los Intrusivos de Talamanca en trabajos previos. La línea punteada marca el valor de 0,9 en la escala de índice de atipicidad, con la zona en rojo indicando los valores de atipicidad con los que se descarta una relación de las muestras con la composición patrón.*

#### *Granitos y granodioritas*

Dos muestras recolectadas en el Valle de Talamanca corresponden con intrusivos félsicos, que presentan una textura holocristalina hipidiomórfica granular de grano fino. Dentro de los minerales máficos presentes destacan augita y hornblenda, con magnetita presente en todas las muestras (Cuadro 11) (Figura 49). Destaca que predominan el cuarzo y la ortosa como minerales principales, con hornblenda como el principal mineral máfico presente. La muestra 300118-15 presenta biotita y cuarzo con zonación.

A nivel composicional y textural las descripciones de estas muestras presentan similitudes con las descripciones realizadas por Alfaro (2017) y Ulloa & Delgado (2010) para los granitos y granodioritas del Grupo Intrusivo de Talamanca.

Cuadro 11: Resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes a Granitos y Granodioritas presentes en los materiales de la Formación Suretka.

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura	Alteraciones
300118-15	Valle de Tamanca	Granito con biotita	holocristalina hipidiomórfica granular de grano fino	Clorita azul Calcita Uralita Sericita
310118-04	Valle de Tamanca	Granodiorita	holocristalina hipidiomórfica granular de grano fino	Epidota



Figura 49: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes con granito (300118-15) y granodiorita (310118-04). (N||): Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Tamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

### Rocas volcánicas

Las muestras volcánicas son las que predominan en los conglomerados, por lo que también presentan la mayor cantidad de muestras descritas. Se describieron un total de 39 muestras volcánicas, que se pueden asociar a diversas unidades volcánicas descritas en la Cordillera de Tamanca.

Tomando como referencia las descripciones petrográficas de los trabajos de Alfaro (2017) y Alfaro et al. (2018), se describen materiales del vulcanismo Mioceno, conocidos como Formación La Cruz, y vulcanismo Plioceno a reciente, conocidos como las unidades Kamuk, Durika y Río Lori. Todas estas unidades geológicas se encontraron representadas en los depósitos de la Formación Suretka. A continuación, se describen las muestras volcánicas recolectadas.

### Formación La Cruz

En los depósitos de las áreas de Hitoy Cerere y Valle de Talamanca se encuentran muestras relacionables con las lavas de la Formación La Cruz. Un total de dieciséis muestras tomadas de la Formación Suretka corresponden con esta formación, que se caracterizan por ser andesitas, basaltos y andesitas basálticas, con la presencia de augita y la ausencia de hipersteno como principal característica (Alfaro et al., 2018) (Cuadro 12). La textura de la matriz de las rocas de esta formación es predominantemente intergranular, sin embargo, algunas muestras presentan matriz de textura pilotaxítica.

Las 16 muestras asociadas con esta formación consisten en ocho andesitas, tres andesitas basálticas y cuatro basaltos. Todas las secciones seleccionadas presentan como principales fenocristales la plagioclasa, augita y magnetita; los basaltos además presentan olivino, generalmente alterado. Tres muestras presentan hornblenda como fenocristal (200219-06, 230219-02 y 290118-03), este mineral se presenta en bajo contenido en algunas secciones descritas en trabajos previos de las cimas de la Cordillera de Talamanca. Estas muestras se presentan en porcentajes entre 2,7% y 7%.

Destacan como minerales de alteración la calcita, clorita y epidota en los afloramientos de la Cordillera de Talamanca. Para las secciones descritas de la Formación Suretka destaca la presencia de calcita, iddingsita, uralita y sericita como principales minerales de alteración.

*Cuadro 12: Tabla resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes a basaltos, andesitas basálticas y andesitas relacionados con la Formación La Cruz, presentes en la Formación Suretka.*

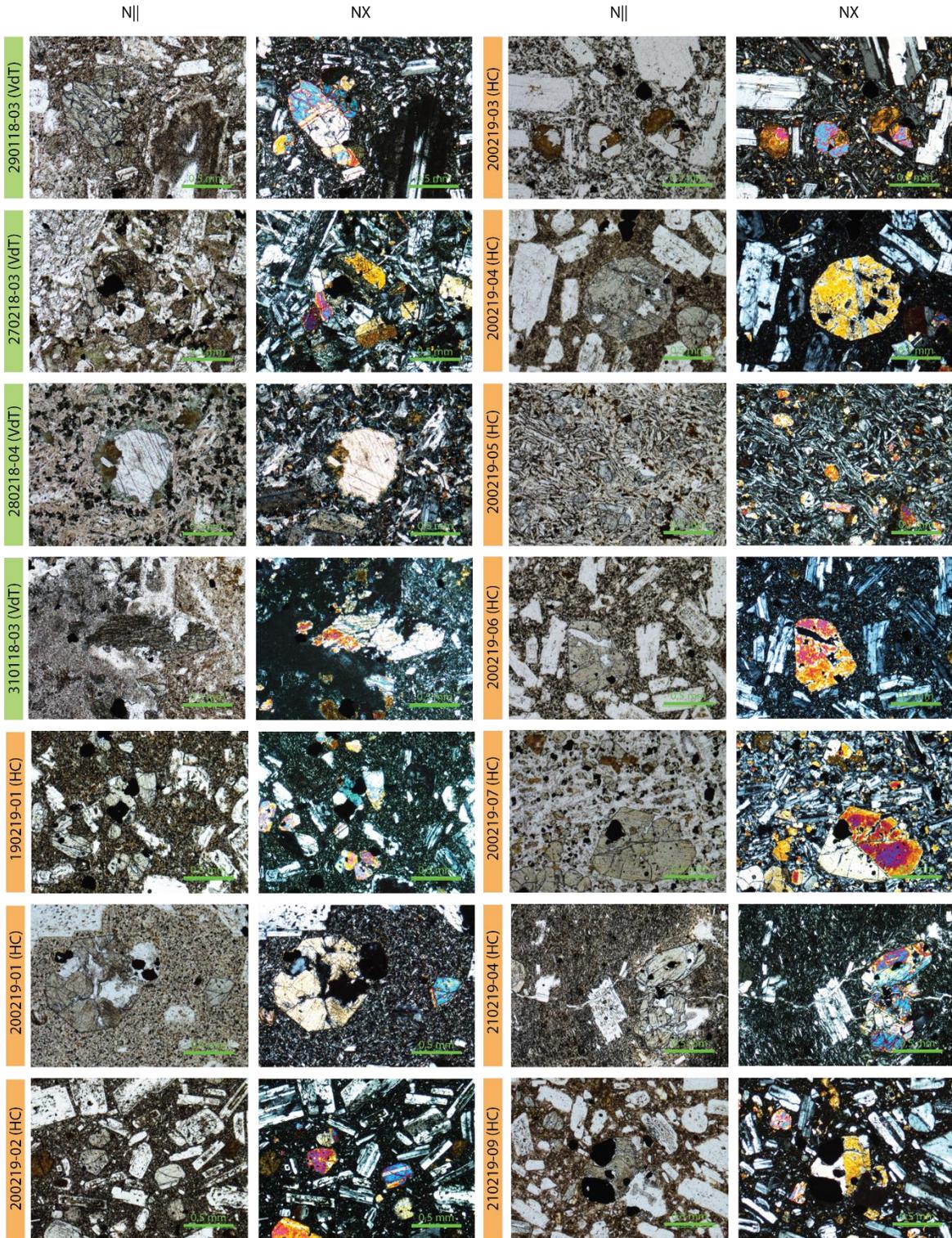
Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de la matriz	Alteraciones
290118-03	Valle de Talamanca	Andesita con augita y hornblenda	Intersertal	Nontronita Sericita Uralita Óxidos
310118-03	Valle de Talamanca	Andesita	Intergranular	Clorita Epidota
270218-03	Valle de Talamanca	Andesita basáltica	Intersertal	Calcita Uralita Sericita
280218-04	Valle de Talamanca	Basalto	Intersertal	Calcita Uralita Sericita

190219-01	Hitoy Cerere	Andesita basáltica con augita	Intersertal	Sericita Calcita
200219-01	Hitoy Cerere	Andesita con augita e hipersteno	Intergranular	Hematita Sericita
200219-02	Hitoy Cerere	Basalto con olivino	Intersertal	Sericita Iddingsita
200219-03	Hitoy Cerere	Basalto con olivino	Intergranular	Nontronita
200219-04	Hitoy Cerere	Basalto con augita y olivino	Intersertal	Uralita Calcita
200219-05	Hitoy Cerere	Basalto con augita y olivino	Pilotaxítica	Uralita Calcita
200219-06	Hitoy Cerere	Andesita basáltica con augita	Intersertal	Uralita Calcita Sericita
200219-07	Hitoy Cerere	Basalto con olivino	Intergranular	Iddingsita Uralita Clorita Sericita
210219-04	Hitoy Cerere	Andesita con augita	Pilotaxítica	Cuarzo Calcita Sericita
210219-09	Hitoy Cerere	Andesita con augita	Intersertal	Uralita Zeolita Clorita
230219-01	Hitoy Cerere	Andesita con augita	Intersertal	Calcita Sericita
230219-02	Hitoy Cerere	Andesita con augita	Intersertal	Sericita Iddingsita
230219-04	Hitoy Cerere	Andesita con augita	Intersertal	Calcita Cuarzo Sericita Uralita

En las fotografías de las secciones petrográficas asociadas a la Formación La Cruz se observa que predominan las rocas con matriz de textura intersertal e intergranular, mientras que las secciones 200219-05 y 210219-04 presentan matriz de textura pilotaxítica (Figura 50). Ambas secciones corresponden a los depósitos de la Formación Suretka en el sector de Hitoy Cerere.

Las muestras de la Formación Suretka asociadas a la Formación La Cruz presentan fenocristales de augita u olivino granulares idiomórficos, con una matriz predominantemente criptocristalina color café claro. Los microlitos de plagioclasa y magnetita están presentes en todas las muestras, con algunas presentando microlitos de augita u hornblenda en su matriz.

El análisis CoDA de la composición de las muestras seleccionadas indica que de las 16 muestras identificadas en los depósitos conglomeráticos que comparten características petrográficas con los materiales de la Formación La Cruz, 14 presentan una composición estadísticamente representativa de la formación (Figura 51). Las muestras 200219-03 y 200219-06 presentan índices de atipicidad de 1 y 0,92, respectivamente, por lo que estadísticamente no presentan una composición asociada con la Formación La Cruz. Estas dos muestras corresponden a las únicas secciones en donde el mineral ferromagnesiano principal no es la augita. La muestra 200219-03 tiene el olivino como su fenocristal ferromagnesiano principal y presenta ausencia de augita, mientras que la muestra 200219-06 tiene una predominancia de hornblenda sobre la augita. Debido a estas particularidades composicionales se considera que las muestras no representan composicionalmente a la Formación La Cruz.



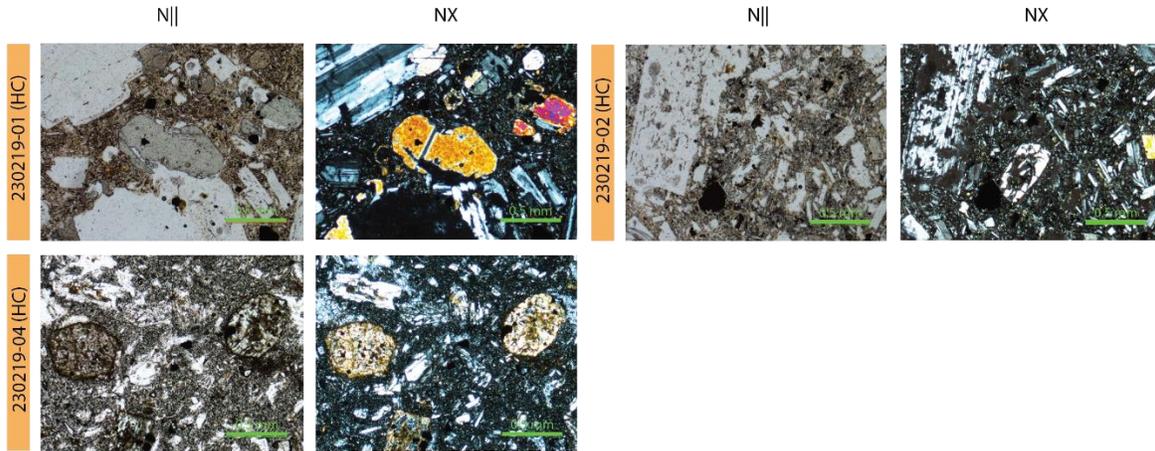


Figura 50: Fotografía de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes con basaltos, andesitas basálticas y andesitas asociadas a la Formación La Cruz. (N||: Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

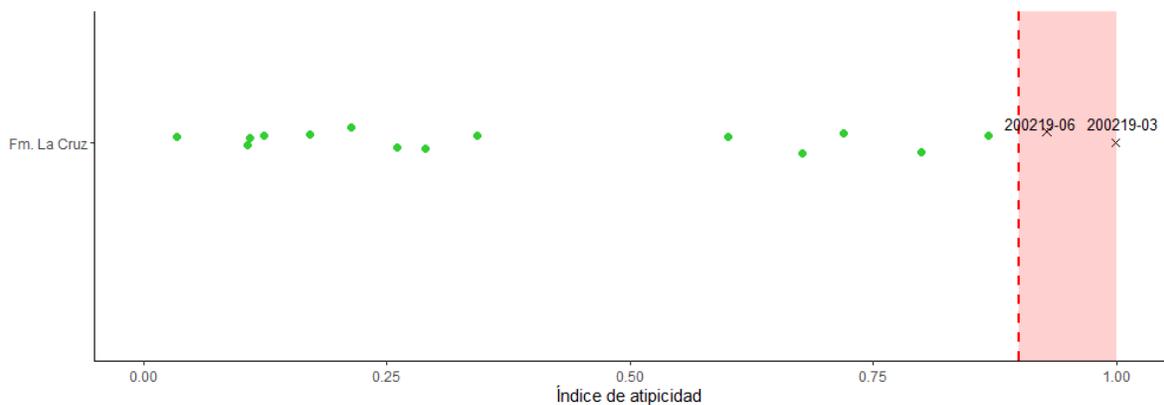


Figura 51: Resultados de índice de atipicidad de las muestras de la Formación Suretka respecto a las muestras utilizadas para la definición petrográfica de la Formación La Cruz en Alfaro (2017). La línea punteada marca el valor de 0,9 en la escala de índice de atipicidad, con la zona en rojo indicando los valores de atipicidad con los que se descarta una relación de las muestras con la composición patrón.

### Unidad Kamuk

Clastos correlacionables con la Unidad Kamuk, presente en las cimas de la Cordillera de Talamanca, se encuentran en los depósitos de la Formación Suretka en las tres áreas de estudio, pero predominan en los depósitos del área de Turrialba (Cuadro 13). De la totalidad de muestras analizadas, nueve muestras se correlacionan con dicha unidad, con seis muestras de Turrialba, dos muestras de Hitoy Cerere y una muestra proveniente del Valle de Talamanca. Alfaro (2017) define la Unidad Kamuk como andesitas y andesitas basálticas con matriz de textura intergranular que

presentan plagioclasa, augita, hipersteno y magnetita como fenocristales, con la presencia de olivino en porcentajes bajos.

*Cuadro 13: Tabla resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes a andesitas basálticas y andesitas correlacionables con la Unidad Kamuk.*

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de la matriz	Alteraciones
160119-06	Turrialba	Andesita con augita e hipersteno	Intersertal	Uralita Opacita
281118-04	Turrialba	Andesita con augita e hipersteno	Intersertal	No presenta
281118-06	Turrialba	Andesita con augita e hipersteno	Intersertal	Nontronita
281118-07	Turrialba	Andesita con augita titanífera	Intersertal	Nontronita
281118-13	Turrialba	Andesita con augita	Intersertal	Nontronita
300119-05	Turrialba	Andesita con augita e hipersteno	Intersertal	Sericita Opacita
210219-08	Hitoy Cerere	Andesita con augita	Intersertal	Clorita Uralita Sericita
230219-03	Hitoy Cerere	Andesita con augita e hipersteno	Intersertal	Clorita Sericita
300118-01	Valle de Talamanca	Basalto con hipersteno y augita	Intersertal	Sericita Uralita

Las fotografías de las secciones petrográficas de dicha unidad, en donde se observa que predominan todas las muestras presentan textura intersertal en la matriz. Los fenocristales de mayor tamaño en las muestras son los minerales máficos, con augita e hipersteno ideomórfico (Figura 52).

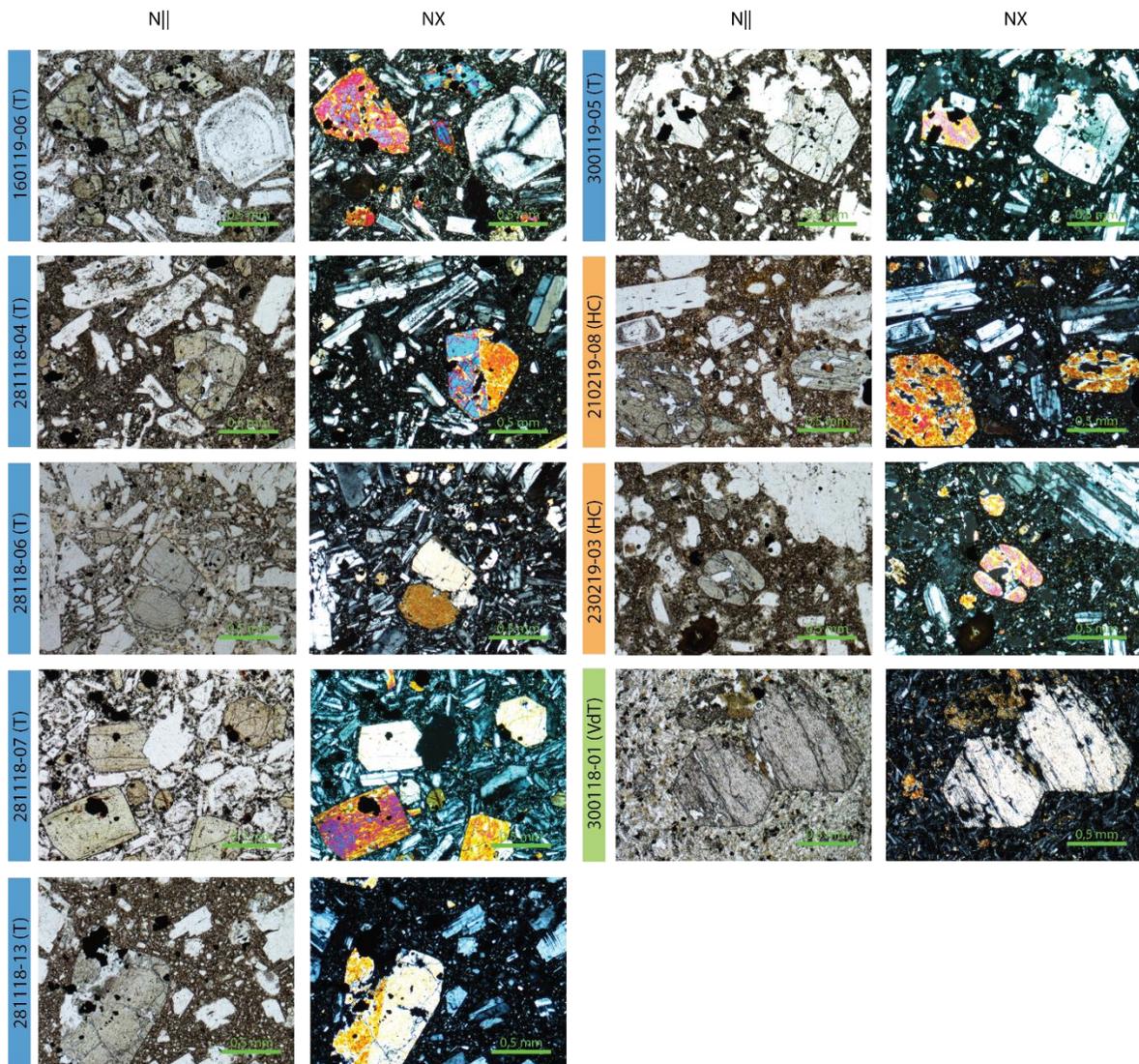


Figura 52: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes a los materiales de la Unidad Kamuk. (N||): Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

El análisis CoDA de la composición de las muestras seleccionadas indica que de las 9 muestras identificadas en los depósitos conglomeráticos que comparten características petrográficas con los materiales de la Unidad Kamuk, solo dos muestras no tienen composiciones representativas de dichos materiales (Figura 53). Las muestras 160119-06 y 210219-08 presentan valores de índice de atipicidad mayores a 0,9, por lo que estadísticamente distan de la media composicional de la Unidad Kamuk según lo descrito por Alfaro (2017). En la muestra 160119-06 resalta la presencia de hornblenda como fenocristal, mientras que en la muestra 210219-08 destaca la ausencia de hipersteno como fenocristal.

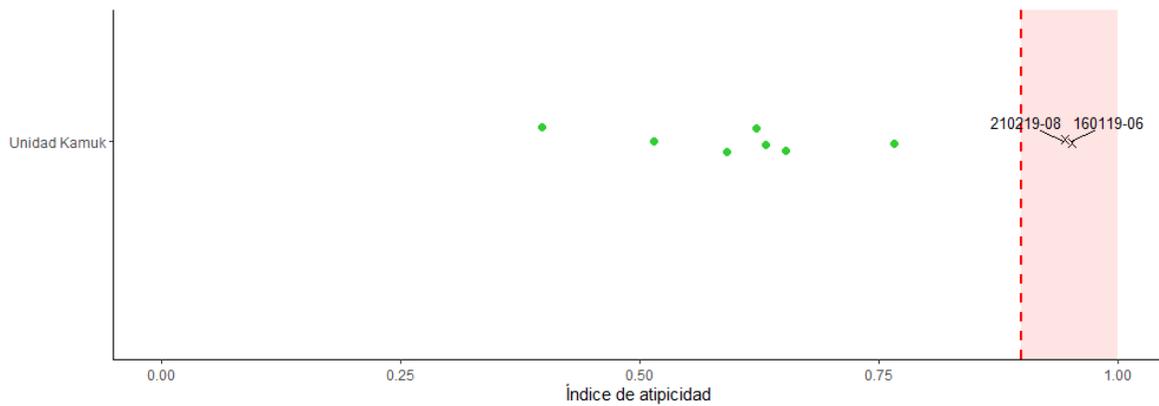


Figura 53: Índice de atipicidad de las muestras asociadas a la Unidad Kamuk respecto a las muestras utilizadas para la definición petrográfica por Alfaro (2017). La línea punteada marca el valor de 0,9 en la escala de índice de atipicidad, con la zona en rojo indicando los valores de atipicidad con los que se descarta una relación de las muestras con la composición patrón.

#### Unidad Dúrika

La Unidad Dúrika se caracteriza por la presencia de andesitas con fenocristales de biotita y anfíboles, con plagioclasas tipo andesina rodeadas de feldespato potásico. Estos materiales se caracterizan por una alta fracción de fenocristales (Alfaro, 2017). Dos clastos pertenecientes a esta unidad se describen en los depósitos de la Formación Suretka y se encontraron en los depósitos en las zonas de la Reserva Biológica Hitoy Cerere y el Valle de Talamanca.

Las descripciones petrográficas de las dos muestras recolectadas de la Unidad Dúrika en la Formación Suretka presentan texturas de matriz intergranular e intersertal, con distintos minerales de alteración (Cuadro 14).

Ambas muestras asociadas con esta unidad presentan matriz de textura intersertal (Figura 54). Los fenocristales de mayor tamaño en las muestras son plagioclasa, biotita y sanidina. La muestra 210219-02 presenta alteración en los fenocristales de biotita y en la matriz, sin embargo, el grado de meteorización en las muestras varía.

Cuadro 14: Tabla resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes con andesitas con biotita correlacionables con la Unidad Dúrika.

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de la matriz	Alteraciones
210219-02	Hitoy Cerere	Andesita con biotita	Intergranular	Uralita Nontronita
300118-19	Valle de Tamanca	Andesita con biotita	Intersertal	Uralita Clorita azul Sericita



Figura 54: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes a los materiales de la Unidad Dúrika. (N||): Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Tamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

El análisis CoDA de la composición las muestras seleccionadas comparten características petrográficas con los materiales de la Unidad Dúrika (Figura 55). Ambas muestras presentan similitudes en tamaño de fenocristales, cantidad de matriz y composición.

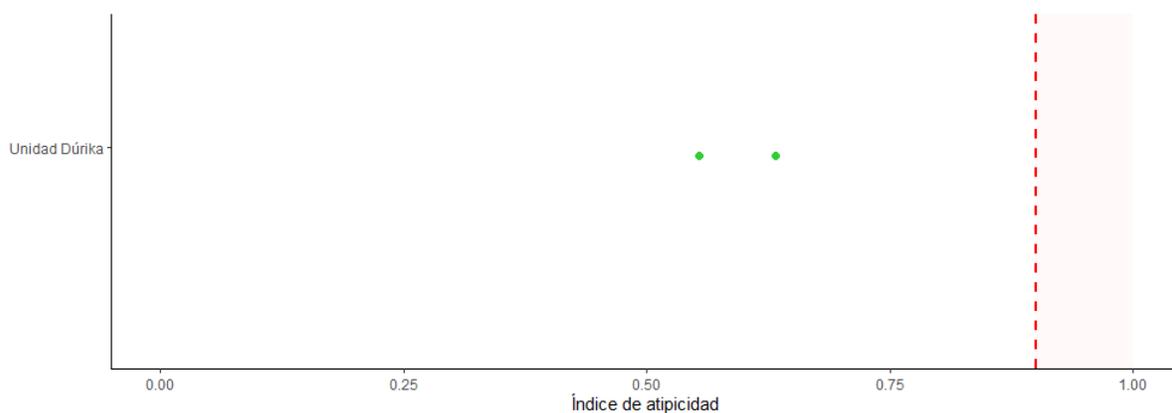


Figura 55: Resultados de índice de atipicidad de las muestras asociadas a la Unidad Dúrika respecto a las muestras utilizadas para la definición petrográfica por Alfaro (2017). La línea punteada marca el valor de 0,9 en la escala de índice de atipicidad, con la zona en rojo indicando los valores de atipicidad con los que se descarta una relación de las muestras con la composición patrón.

### *Basaltos Cerro Cabécar*

Ulloa & Delgado (2010) describen coladas de lavas basálticas, de color negro, con fenocristales de augita en las cercanías del Cerro Bacécar. Microscópicamente, estas rocas presentan una textura hipocristalina porfirítica con fenocristales de plagioclasa, augita y hornblenda inmersos en una matriz intersertal. Estos basaltos corresponden a una fase de vulcanismo post-intrusivo de la Cordillera de Tamanca.

Entre los materiales de la Formación Suretka se encuentran materiales correlacionables con estos basaltos post intrusivo. Un total de seis muestras tomadas de la Formación Suretka corresponden con las descripciones petrográficas de esta unidad litológica. Las muestras asociadas son basaltos y andesitas basálticas con presencia de augita y olivino como fenocristales. Todas las muestras contienen augita como el fenocristal ferromagnesiano predominante, no obstante, algunas secciones como 160119-09, 28111-08 y 210119-05 también cuentan con hipersteno como fenocristal.

En el Cuadro 15 se resumen las descripciones petrográficas de las secciones descritas correlacionables con los basaltos post-intrusivo del Cerro Cabécar. Destacan como minerales de alteración la iddingsita como alteración de olivinos, hematita y zeolita.

*Cuadro 15: Tabla resumen de las descripciones petrográficas para los basaltos correlacionables con los Basaltos Cerro Cabécar.*

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de la matriz	Alteraciones
160119-09	Turrialba	Andesita basáltica con Augita	Intersertal	Zeolita Clorita Calcita Sericita
281118-08	Turrialba	Andesita basáltica con Augita	Intersertal	Iddingsita
300119-01	Turrialba	Andesita basáltica con Augita	Intersertal	Iddingsita
300119-02	Turrialba	Basalto con Augita y Olivino	Intersertal	Iddingsita Sericita
210219-03	Hitoy Cerere	Basalto con Augita y Olivino	Intersertal	Zeolita Sericita Hematita
210219-05	Hitoy Cerere	Andesita basáltica con Augita e Hipersteno	Intersertal	Hematita

Las fotografías de las secciones petrográficas de los basaltos post-intrusivo, en donde se observa que todas las muestras presentan matriz de textura intersertal. Los fenocristales de mayor tamaño en las muestras son plagioclasa y augita idiomórficos e hipidiomórficos. Estas muestras presentan un grado de meteorización menor en comparación con las muestras correlacionables a otras unidades volcánicas encontradas en la Formación Suretka (Figura 56).

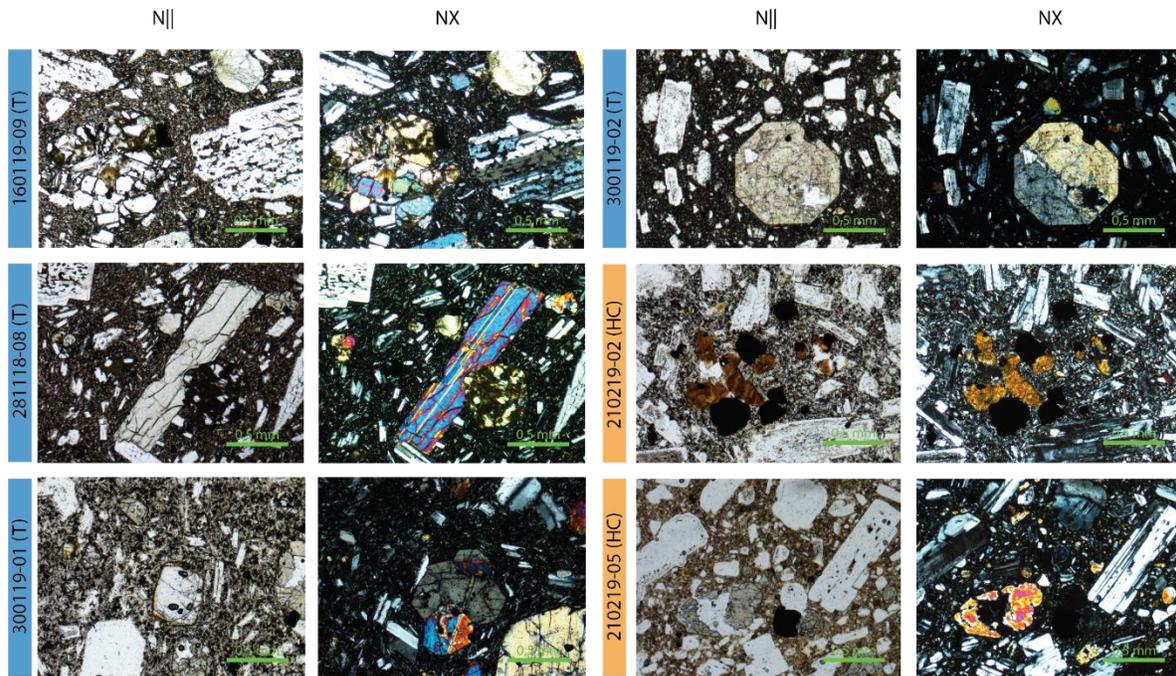


Figura 56: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes a los basaltos post intrusivo del Cerro Cabécar. (N||): Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

El análisis CoDA de la composición de las muestras seleccionadas indica que las 6 muestras identificadas en los depósitos conglomeráticos que comparten características petrográficas con los basaltos post-intrusivo del Cerro Cabécar (Figura 57).

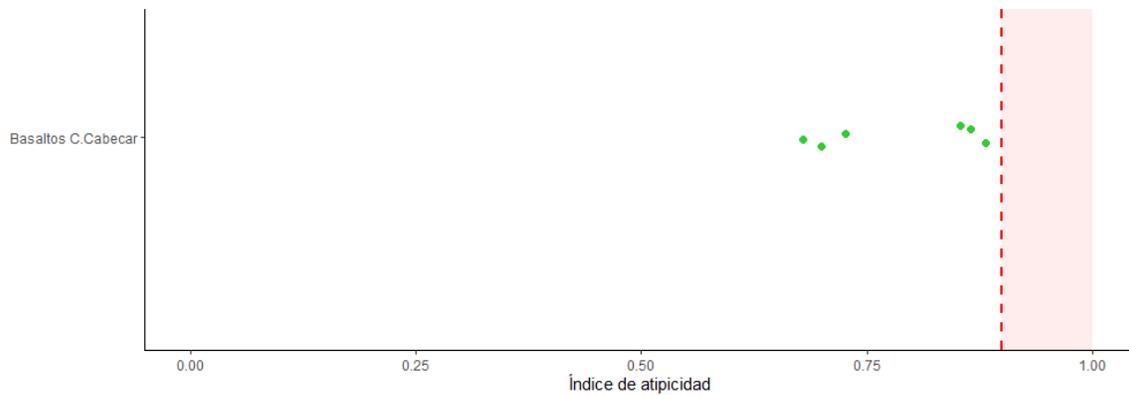


Figura 57: Índice de atipicidad de las muestras asociadas a los basaltos del Cerro Cabécar respecto a las muestras utilizadas para la definición petrográfica por Ulloa & Delgado (2010).

### Características petrográficas de los materiales no asociados a formaciones presentes en la Cordillera de Talamanca

Las siguientes unidades corresponden con los materiales encontrados en la Formación Suretka que no son correlacionables con ninguna descripción petrográfica de las formaciones en la Cordillera de Talamanca.

#### Basaltos de textura pilotaxítica

Consisten en dos muestras de basaltos con textura pilotaxítica y fenocristales de olivino granular, que en su mayoría se encuentran alterados a iddingsita. En el Cuadro 16 se muestran las principales características petrográficas de las muestras de basaltos con textura pilotaxítica descritos para los materiales de la Formación Suretka. Entre ambas muestras existe una diferencia de tamaño en los cristales de plagioclasa, pero en ambas muestras se observan las evidencias de flujo en los cristales alineados. La muestra 300119-04 presenta, además de olivino, fenocristales de augita granular (Figura 58). Estas dos muestras provienen de las zonas de Turrialba e Hitoy Cerere.

Cuadro 16: Tabla resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes con basaltos e textura pilotaxítica contenidos en la Formación Suretka.

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de matriz	Alteraciones
300119-04	Turrialba	Basalto con augita e hipersteno	Pilotaxítica	Hematita Opacita Iddingsita
210219-06	Hitoy Cerere	Basalto con olivino	Pilotaxítica	Sericita Iddingsita



Figura 58: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes a basaltos de textura pilotaxítica contenidos en la Formación Suretka. (N||: Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

Debido a las similitudes mineralógicas que presentan estos materiales con la unidad de Basaltos del Cerro Cabécar, estos materiales se pueden interpretar como basaltos del periodo post-intrusivo de la Cordillera de Talamanca. Estos materiales se diferencian de otros descritos en trabajos previos de la Cordillera de Talamanca debido a las diferencias de textura de la matriz y la cantidad de fenocristales presentes en las muestras.

#### Dacitas con hornblenda

Dos muestras se clasifican como dacitas con matriz de textura microcristalina y fenocristales de sanidina, augita y hornblenda como principales minerales máficos, que provienen de los depósitos de la Formación Suretka en las zonas de Turrialba y el Valle de Talamanca. Destaca que la muestra 281118-05 presenta biotita tabular y cuarzo corroído como fenocristales acompañando la hornblenda. Destaca la sericita como alteración de las plagioclasas y sanidina, además de la presencia de cuarzo secundario microcristalino en la muestra 270218-01 (Cuadro 17, Figura 59).

Cuadro 17: Resumen de las descripciones petrográficas para los materiales correspondientes con dacitas con biotita y matriz de textura microcristalina contenidos en la Formación Suretka.

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de matriz	Alteraciones
281118-05	Turrialba	Dacita vesicular con biotita	Microcristalina	Sericita Opacita
270218-01	Valle de Talamanca	Dacita con hornblenda	Microcristalina	Sericita Cuarzo secundario

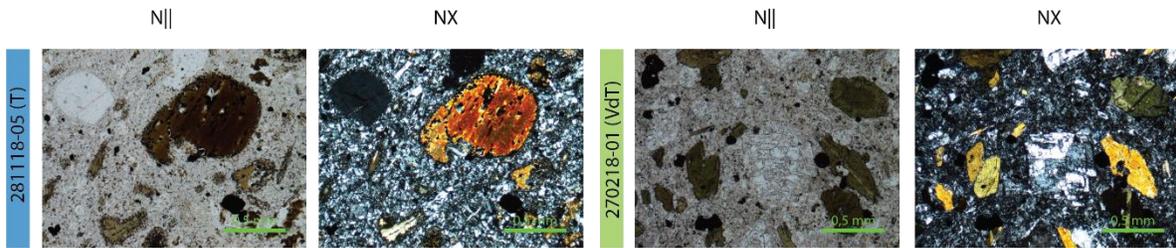


Figura 59: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras correspondientes a dacitas con hornblenda y biotita contenidos en la Formación Suretka. (N||: Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

La presencia de minerales como hornblenda y biotita como fenocristales en estas dacitas permite ubicar estos materiales como vulcanismo post-intrusivo, proveniente de la actividad volcánica de la Cordillera de Talamanca de Mioceno Superior al Plioceno. La presencia de hornblenda en estas dacitas las diferencia de la Unidad Dúrika.

#### Andesita con textura ortofídica

Esta andesita recolectada en el sector de Turrialba se diferencia de las demás rocas volcánicas descritas en el presente trabajo, ya que presenta una textura hipocristalina hipidiomórfica porfirítica seriada, con matriz ortofídica. Dentro de los fenocristales presentes destaca la presencia de augita con maclado simple, hornblenda verde con halo de opacita e hipersteno. La muestra presenta una alteración leve de plagioclasas a sericita (Cuadro 18, Figura 60).

La presencia del hipersteno ubica esta muestra como vulcanismo post intrusivo según la caracterización realizada por (Alfaro et al., 2018). Debido a la textura de la matriz y la composición mineralógica de la muestra no se logra relacionar con ningún material descrito en la Cordillera de Talamanca.

Cuadro 18: Tabla resumen de la descripción petrográfica de la andesita con textura ortofídica contenida en la Formación Suretka.

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura de la matriz	Alteraciones
230119-04	Turrialba	Andesita con hornblenda y augita	Ortofídica	Sericita Opacita

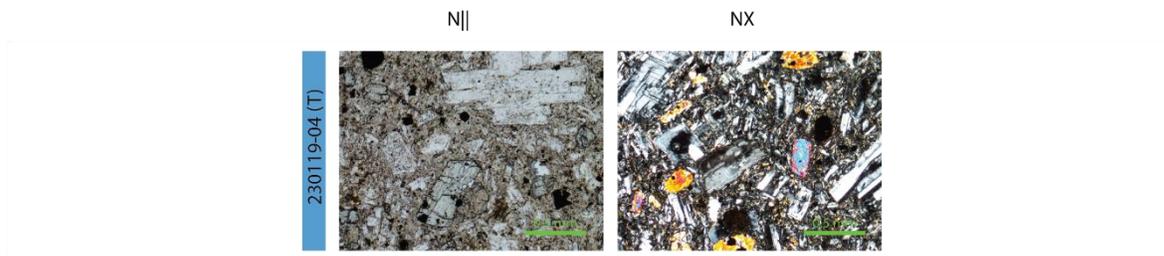


Figura 60: Fotografías de las secciones petrográficas de la muestra correspondiente a andesita con textura ortofídica contenida en la Formación Suretka. (N||: Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

### Materiales piroclásticos indiferenciados

En los depósitos de Hitoy Cerere y el Valle de Talamanca de la Formación Suretka se encuentran 4 muestras de materiales piroclásticos que no se pueden identificar con unidades descritas en trabajos previos (Alfaro, 2017; Alfaro et al., 2018; Ulloa & Delgado, 2010). Estas muestras presentan un alto grado de meteorización en la matriz, litoclastos, cristaloclastos y vitroclastos. Estas muestras presentan textura piroclástica, salvo la muestra 210219-07 proveniente de Hitoy Cerere, que presenta una matriz de textura vitroclástica (Cuadro 19, Figura 61).

Cuadro 19: Tabla resumen de la descripción petrográfica de los materiales piroclásticos contenidos en la Formación Suretka.

Código	Área de estudio	Descripción petrográfica breve	Textura
190219-03	Hitoy Cerere	Toba vítrea riolítica	Piroclástica
210219-07	Hitoy Cerere	Toba cristalina con plagioclasa	Vitroclástica
300118-12	Valle de Talamanca	Toba lapilítica	Piroclástica
290118-02	Valle de Talamanca	Toba muy alterada con plagioclasa	Piroclástica

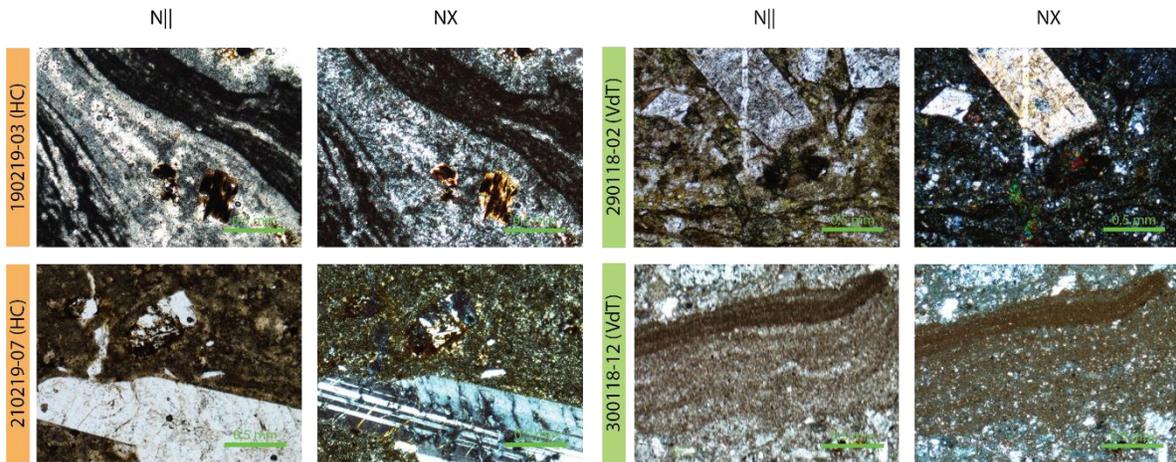


Figura 61: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras de unidades piroclásticas presentes en los depósitos de la Formación Suretka. (N||: Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca, T: Turrialba, HC: Reserva Biológica Hitoy Cerere).

### Brecha volcániclaística

De las muestras seleccionadas para el análisis petrográfico para el presente estudio, se seleccionó una muestra sedimentaria, correspondiente con una brecha volcániclaística, compuesta por fragmentos angulares milimétricos y centimétricos de materiales volcánicos similares a los descritos en la Cordillera de Talamanca.

Esta muestra macroscópicamente se asemeja a una toba lítica, con matriz de ceniza, pero en microscopía se observa que no presenta evidencias de una textura asociada a rocas piroclásticas. Dentro de los fragmentos se encuentran litologías como basaltos con matriz de textura pilotaxítica, andesitas y granitoides; además de aglomerados de fenocristales de plagioclasa. Todos estos fragmentos presentan similitudes texturales con las unidades volcánicas descritas entre los materiales de la Formación Suretka. La roca presenta una mala selección, con los granos en soporte por contacto (Figura 62).

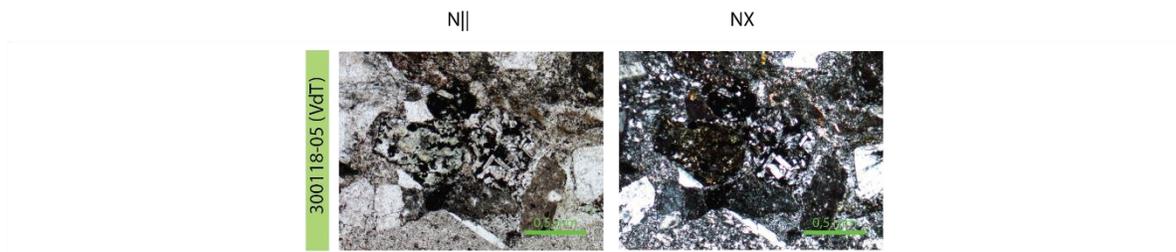


Figura 62: Fotografías de las secciones petrográficas de las muestras de unidades piroclásticas presentes en los depósitos de la Formación Suretka. (N||: Nícoles paralelos, NX: Nícoles cruzados, VdT: Valle de Talamanca).

## Síntesis del análisis petrográfico y sedimentológico

Los materiales reconocidos a partir del análisis petrográfico son los remanentes del registro litológico de las áreas fuente. A partir de ellos se puede determinar una composición probable para estas áreas al momento de su erosión. Para cada área de estudio la selección de muestras en el campo y su posterior análisis petrográfico se realizó a partir de un muestreo determinístico, por lo que el análisis realizado sobre la composición de los materiales es meramente cualitativo.

Para el sector de Turrialba se recolectaron 35 muestras de roca, de las cuales a 14 se les realizó análisis petrográfico completo, como se muestra en la Figura 63. De estas muestras 13 pertenecen a materiales volcánicos y una a rocas intrusivas. Once de estas muestras se identificaron como unidades litológicas previamente descritas en la Cordillera de Talamanca. Dos muestras de lavas, una andesita y un basalto, no coinciden con ninguna descripción petrográfica reportada por la literatura para Talamanca.

De las 11 muestras identificadas para el sector de Turrialba, 10 corresponden a lavas. De estas 7 presentan materiales correlacionables con los basaltos del Cerro Cabécar y las unidades Dúrika y Kamuk de vulcanismo post-intrusivo. Esto, junto con la composición de los materiales del conglomerado del sector de Turrialba, sugiere que el área de aporte tenía una predominancia de materiales de la actividad volcánica posterior al emplazamiento de los intrusivos de Talamanca. Parte de este vulcanismo que incidió en el área de aporte para la zona podría corresponder a materiales de la actividad de la Cordillera Volcánica Central, debido a la proximidad de este arco al área deposicional. Es llamativo que no se encuentran materiales que se asocien petrográficamente a la actividad volcánica de la Cordillera de Talamanca en el Mioceno.

Dos muestras de lavas seleccionadas para análisis petrográfico no se asocian composicionalmente, ni texturalmente con los materiales descritos en la cima de la Cordillera de Talamanca.

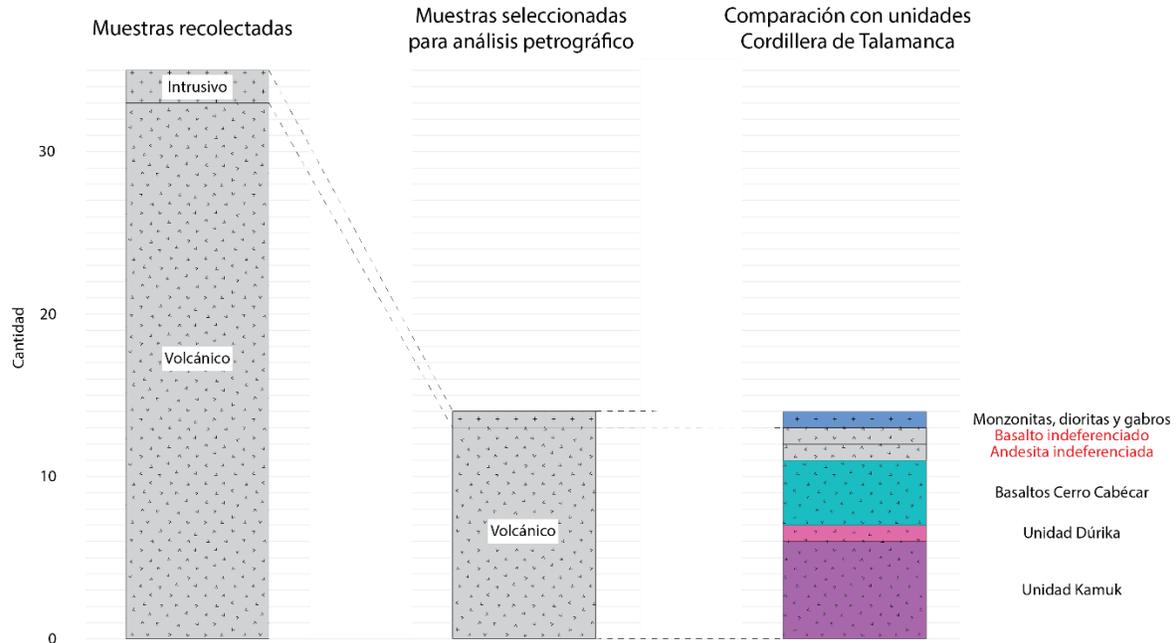


Figura 63: Síntesis del muestreo en campo y su posterior análisis petrográfico para las muestras recolectadas en el sector de Turrialba. Las muestras con nombre en color rojo corresponden con las muestras de materiales que no se asocian petrográficamente con los materiales presentes en las cimas de la Cordillera de Talamanca.

En el sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere se recolectaron 21 muestras de rocas volcánicas, de las cuales 19 se identificaron como unidades litológicas previamente descritas en la Cordillera de Talamanca. Dos muestras de materiales piroclásticos no coinciden con ninguna descripción petrográfica reportada por la literatura para Talamanca.

Las 19 muestras de lavas identificadas como unidades presentes en la Cordillera de Talamanca corresponden a materiales correlacionables en su mayoría con andesitas de la Formación La Cruz, además de presentar muestras correlacionables con las Unidades Dúrika, Kamuk y los basaltos del Cerro Cabécar (Figura 64). Para las secciones descritas de los depósitos de la Formación Suretka en Hitoy Cerere el aporte de materiales consistía principalmente en materiales del arco volcánico de Talamanca durante el Mioceno, con una menor cantidad de lavas del vulcanismo post intrusivo.

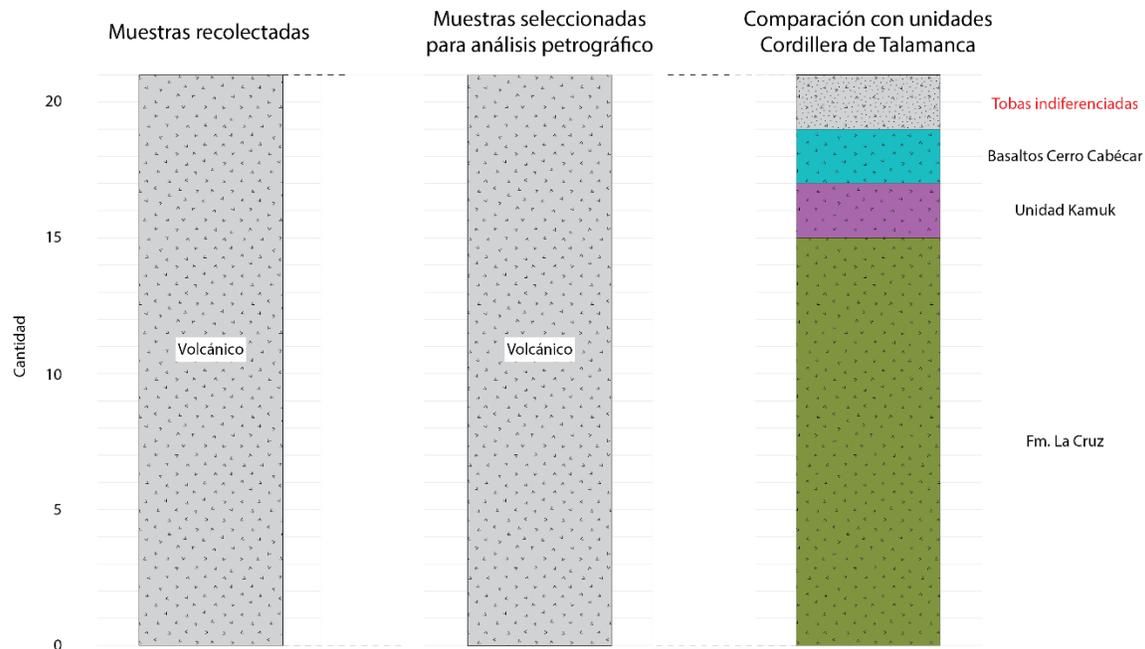


Figura 64: Síntesis del muestreo en campo y su posterior análisis petrográfico para las muestras recolectadas en el sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere. Las muestras con nombre en color rojo corresponden con las muestras de materiales que no se asocian petrográficamente con los materiales presentes en las cimas de la Cordillera de Talamanca.

Se recolectaron 34 muestras de roca en el área del Valle de Talamanca, de las cuales a 15 se les realizó análisis petrográfico, como se muestra en la Figura 65. De las 15 muestras seleccionadas, 9 corresponden con materiales volcánicos, 5 con materiales intrusivos y una muestra corresponde a material sedimentario. De estos materiales, una brecha volcanoclástica, dos tobas y una andesita con anfíboles no fueron correlacionadas con materiales descritos en la Cordillera de Talamanca.

De las 11 muestras identificadas del sector de Turrialba como lavas, 10 de ellas fue posible correlacionarlas con los materiales de la Formación La Cruz, la Unidad Dúrika y la Unidad Kamuk. Es importante recalcar que la mayoría de estas muestras se asocian a la Formación La Cruz. Una muestra de andesita con anfíboles no es posible correlacionarla convincentemente con ninguna descripción petrográfica de las lavas de la Cordillera de Talamanca, pese a contar con minerales que podrían indicar a una relación con la Unidad Dúrika. Esta muestra dista mucho de la composición descrita para esta unidad, por lo que se interpreta como una muestra de lavas no descritas en las cimas de Talamanca.

La totalidad de muestras intrusivas presentes en el área de estudio se pueden asociar composicionalmente a las características petrográficas de los intrusivos de Talamanca descritos aflorando en la Cordillera, concretamente a los materiales como monzonitas, dioritas, gabros, granodioritas y granitos. La única muestra sedimentaria en el presente trabajo no se asocia a ninguna unidad presente en la Cordillera de Talamanca debido a la escasez de información petrográfica de los materiales sedimentarios en la Cordillera.

Al observar los resultados de los análisis petrográficos y sedimentológicos del área del Valle de Talamanca se observa que esta es más compleja en comparación a las otras dos áreas evidenciado por la presencia de mayor diversidad de unidades en sus depósitos. El área de aporte para los depósitos de la Formación Suretka en el Valle de Talamanca tenía una mayor presencia de materiales intrusivos exhumados de composición félsica, con lavas de vulcanismo del Mioceno, tobas y evidencias de vulcanismo post intrusivo.

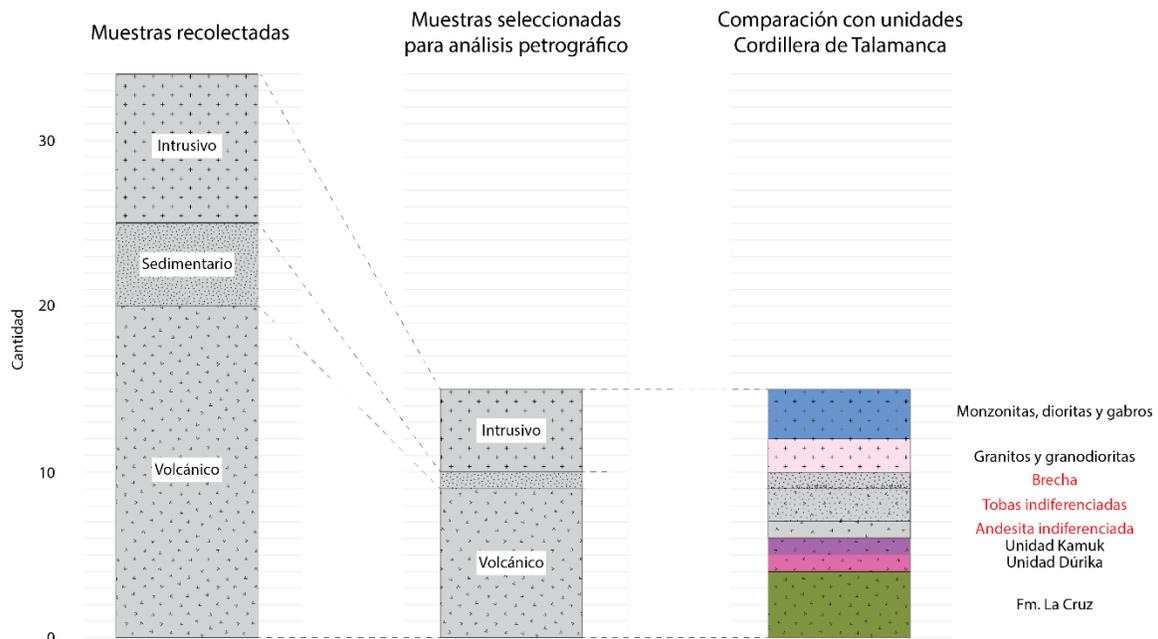


Figura 65: Síntesis del muestreo en campo y su posterior análisis petrográfico para las muestras recolectadas en el sector del Valle de Talamanca. Las muestras con nombre en color rojo corresponden con las muestras de materiales que no se asocian petrográficamente con los materiales presentes en las cimas de la Cordillera de Talamanca.

Los depósitos de la Formación Suretka en áreas de estudio de Turrialba y el Valle de Talamanca contienen clastos de litologías que presentan minerales hidratados como biotita y

hornblenda. En el sector de Turrialba se describió una muestra de la Unidad Dúrika, mientras que en el Valle de Talamanca se describió una muestra de la Unidad Dúrika y una andesita que presenta hornblenda como fenocristal, que no se asocia a ninguna litología descrita por los trabajos previos (Alfaro, 2017; Alfaro et al., 2018; Ulloa & Delgado, 2010) en la Cordillera de Talamanca. La presencia de estos materiales en la Formación Suretka muestra que la formación guarda la evidencia de la evolución del arco volcánico hacia un vulcanismo alcalino, evidenciando los cambios en las series magmáticas del arco volcánico que existió en Talamanca (Gazel et al., 2009, 2019).

#### Evolución del aporte de materiales a la Formación Suretka

Para analizar la variación del aporte de materiales durante el depósito la Formación Suretka se requiere un control estratigráfico detallado, que sólo se posee para el sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere. A partir de la información estratigráfica y sedimentológica de Bottazi (2016) se establece que la secuencia de materiales descritos en las columnas estratigráficas del sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere corresponde con facies de depósitos de barras longitudinales y de punto.

A partir de las columnas estratigráficas realizadas en el Sector de Hitoy Cerere (Figuras 30 y 31) y las composiciones definidas para los afloramientos en la zona (Figura 32) se establece que el aporte de materiales presenta variaciones composicionales a lo largo del tiempo (Figura 66). En la sección basal de la secuencia descrita se observa la presencia de materiales sedimentarios escasos, que hacia el tope de la secuencia desaparecen. Se observó que el aporte de materiales volcánicos en toda la secuencia predomina, con los materiales de la Formación La Cruz predominando en todos los afloramientos, con ocasionales materiales de las Unidades Dúrika y Kamuk.

Respecto al aporte de materiales intrusivos en el área, se observa que dichos materiales presentan composiciones máficas, en donde destaca la ausencia de materiales intrusivos félsicos. Estos materiales probablemente afloran hacia el tope de la secuencia de depositación en la zona, que no se describe en el presente proyecto. Hacia la sección basal y el tope de la secuencia de depósito medida los intrusivos corresponden con una composición aproximada del 10%, mientras que en la sección media el porcentaje aumenta a un 42%, lo que indica que existen diferencias en el aporte de materiales intrusivos en la secuencia del sector de Hitoy Cerere.

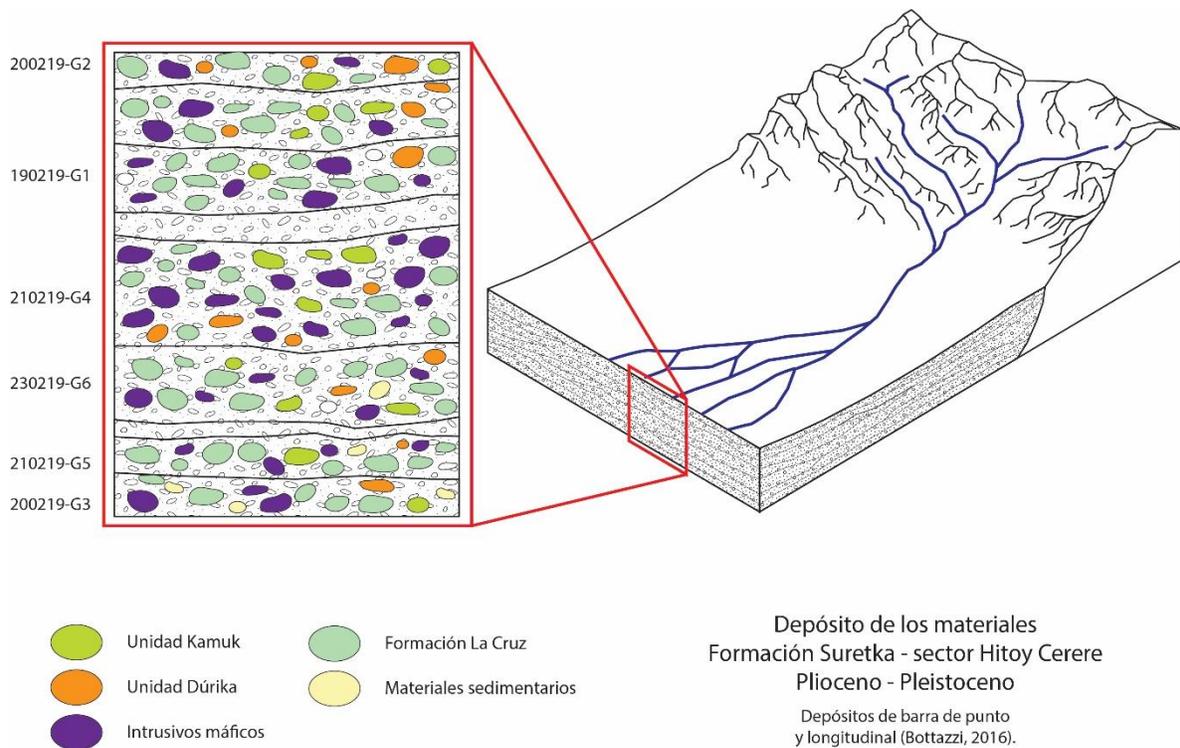


Figura 66: Bloque esquemático del depósito de los materiales de la Formación Suretka para el sector de la Reserva Biológica Hitoy Cerere, con base en la estratigrafía descrita por Bottazzi (2016) y la información litológica recopilada en campo.

## Conclusiones

A partir de la información recopilada de los materiales en las tres áreas de estudio se observan diferencias en las propiedades, dimensiones y aporte en la Formación Suretka. Cada zona de estudio presentó variaciones en el área de aporte y depósito de los materiales producto de la erosión de la Cordillera de Talamanca.

El Valle de Talamanca presenta un área de aporte proveniente de las cimas de la Cordillera de Talamanca, sector en el que se ubican los cuerpos intrusivos principales, como el Intrusivo de Talamanca y el Stock de Chirripó. Debido a esto, el aporte de materiales intrusivos es mayor en comparación con las áreas de Hitoy Cerere y Turrialba. La mayoría de las lavas corresponden a materiales del vulcanismo del Mioceno, con algunas muestras de materiales de vulcanismo post intrusivo.

Es importante resaltar que, pese a que las cimas de la cordillera se componen en gran parte por unidades sedimentarias (como lo describe Alfaro (2017)), estos materiales no se preservan con

facilidad como clastos en los depósitos de la Formación Suretka. Diferencias físicas en textura, consolidación y cementación respecto a las unidades volcánicas efusivas e intrusivas pueden ser responsables de que las unidades sedimentarias se fracturen con menor dificultad debido al transporte. Debido a esto, en las tres áreas de estudio se detectó un incremento de materiales sedimentarios en la fracción centimétrica respecto a los materiales más gruesos, como los que tienen diámetros mayores a 10 cm.

En el caso del área de Turrialba predomina un aporte de materiales volcánicos post intrusivo, con algunas muestras no identificadas que posiblemente provienen de la actividad del Arco Volcánico Central, debido a su cercanía con los edificios volcánicos del Turrialba y el Irazú. Asimismo, en la zona los cuerpos intrusivos son escasos por lo que materiales intrusivos no son representativos en el aporte para esta área. La distancia del área fuente de estos materiales debió ser corta, como lo evidencian las características de redondez y esfericidad en la zona, ya que los materiales no sufrieron un transporte extenso que permitiera a los materiales tener formas más redondeadas. También se evidencia de que la meteorización de dichos materiales en esta zona es intensa, ya que los materiales indeterminados corresponden con aproximadamente un 40% del total descrito.

Los materiales de la Reserva Biológica Hitoy Cerere se caracterizan por tener un grado de cementación alto en comparación con las áreas colindantes; además, en esta zona el cemento es de tipo silíceo. Los afloramientos de la Formación Suretka presentes en esta zona se deben considerar como los afloramientos tipo para la formación. En esta zona es posible observar secciones continuas de kilómetros de espesor, con la intercalación de paquetes de arenas alternándose con los conglomerados.

Esta zona de estudio, por sus características composicionales y de los análisis petrográficos realizados presenta similitudes con el Valle de Talamanca, pero carece del aporte de intrusivos félsicos. Está claro que el alcance del presente trabajo no incluye las facies más recientes de la secuencia deposicional expuesta en el Río Hitoy debido a las complicaciones de acceso a estos afloramientos, pero bloques métricos desprendidos se encuentran entre los materiales arrastrados por el río, en donde se observa una variación composicional en comparación con los afloramientos expuestos en el lecho del río. Los materiales desprendidos y arrastrados contienen clastos de intrusivos de composición félsica en una proporción aproximada de al menos un 10%.

A nivel petrográfico se logran identificar muestras de las principales unidades litológicas descritas en la Cordillera de Talamanca, como lo son los materiales volcánicos pre intrusivos de la Formación La Cruz, materiales de los Intrusivos de Talamanca y vulcanismo post intrusivo, como lo son las Unidades Dúrika, Kamuk y unidades como basaltos Cerro Cabécar. Las muestras que por composición mineralógica y características petrográficas no coinciden con ninguna unidad en la Cordillera de Talamanca comparten factores que las identifican como unidades pertenecientes al vulcanismo post intrusivo, como lo es la presencia de hipersteno, biotita o ambas en las muestras. No se encontraron muestras que se puedan asociar a un vulcanismo anterior al emplazamiento de los intrusivos de Talamanca, que fuera distinto a las lavas de la Formación La Cruz.

Los análisis estadísticos realizados con los datos de composición para clasificación petrográfica de los materiales ígneos resultan útiles, ya que brindan una validez estadística a las aseveraciones realizadas respecto al origen de los materiales de la Formación Suretka en comparación con la composición de los materiales aflorantes en la Cordillera de Talamanca. Dentro de las limitantes de esta metodología destaca que se debe tener una cantidad de descripciones petrográficas mayor a la cantidad de variables minerales presentes en la composición de las muestras patrón. Las rutinas de análisis de datos de sedimentología y petrografía del presente proyecto se encuentran disponibles para su libre uso en la página <https://github.com/federivflo/AnalisisConglomerados>.

## Referencias bibliográficas

- Agterberg, F. (2014). *Geomathematics: Theoretical Foundations, Applications and Future Developments* (Vol. 18). Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-06874-9>
- Aitchison, J. (1986). *The Statistical Analysis of Compositional Data* (1° edition). New York: Chapman and Hall Ltd.
- Alfaro, A. (2017). *Caracterización petrográfica y geoquímica de las rocas ígneas en el sector pacífico de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Alfaro, A., Denyer, P., Alvarado, G., Gazel, E., & Chamorro, C. (2018). Estratigrafía y petrografía de las rocas ígneas en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (58), 7–36. <https://doi.org/10.15517/rgac.v58i0.32669>
- Alvarado, F. (1987). Formación Suretka. In P. Sprechmann (Ed.), *Manual de Geología de Costa Rica* (1°, p. 320). San José: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Alvarado, G. E. (2008). *Los volcanes de Costa Rica: Geología, historia, riqueza natural y su gente* (3°). San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Alvarado, G., & Leandro, C. (1997). *Actualización geológica-geofísica de los sitios en donde se construirán las grandes obras del P.H. Angostura: un enfoque hacia problemas ingenieriles conexos*.
- Astorga, A., Fernández, J., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A., & Obando, L. G. (1991). Cuencas sedimentarias de Costa Rica: evolución geodinámica y potencial de hidrocarburos. *Revista Geológica de América Central*, 13, 25–59.
- Bolaños, K. (1983). *Evaluación geológica de los depósitos carboníferos de Baja Talamanca para un estudio de prefactibilidad, provincia de Limón, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Bottazzi, G. (2016). *Tratado de sedimentología de la Cuenca Limón Sur, Costa Rica: evolución tectono-sedimentaria, secuencias y reconstrucción paleogeográfica*. Universidad de Costa Rica.
- Bottazzi, G., Fernández, A., & Barboza, G. (1994). Sedimentología e historia tectono-sedimentaria de la Cuenca Limón Sur. *Profil*, 7, 351–389.
- Brandes, C., Astorga, A., Back, S., Littke, R., & Winsemann, J. (2007a). Deformation style and basin-

- fill architecture of the offshore Limo back-arc basin (Costa Rica). *Marine and Petroleum Geology*, 24, 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2007.03.002>
- Brandes, C., Astorga, A., Back, S., Littke, R., & Winsemann, J. (2007b). Fault controls on sediment distribution patterns, Limón Basin, Costa Rica. *Journal of Petroleum Geology*, 30(1), 25–40.
- Campos, L. (1987). *Geología de la Fila Asunción y zonas aledañas, Atlántico central, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Carrapa, B., Faiz bin Hassim, M., Kapp, P. A., DeCelles, P. G., & Gehrels, G. (2016). Tectonic and erosional history of southern Tibet recorded by detrital chronological signatures along the Yarlung River drainage. *Geological Society of America Bulletin*, (Xx), B31587.1. <https://doi.org/10.1130/B31587.1>
- Cervantes, J. F. (1989). *Base geológica para los análisis geotécnicos del Proyecto Hidroeléctrico Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Chavarría, L. F. (1996). *Estudio geológico geotécnico del corredor Turrialba-Siquirres, sección Río Torito-Laguna Bonilla Poliducto de RECOPE. Provincia de Cartago, Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Chen, L., Guo, F., & Tang, C. (2016). Evolution of the Late Cretaceous Yongfeng-Chongren Basin in Jiangxi Province, southeast China: insights from sedimentary facies analysis and pebble counting. *Journal of Mountain Science*, 13(2), 342–351. <https://doi.org/10.1007/s11629-014-3387-4>
- Corbí, H., & Martínez-Martínez, J. (2015). Experiencias e ideas para el aula Interpretando ambientes sedimentarios : taller de sedimentología con arenas como actividad didáctica de Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 23(2), 242–252.
- Dengo, G. (1962). Tectonic-Igneous sequence in Costa Rica. In A. E. J. Engel, H. James, & B. F. Leonard (Eds.), *Petrologic studies: a volume to honor A. F. Buddington* (p. 660). Geological Society of America. <https://doi.org/10.1126/science.140.3567.658-a>
- Denyer, P., Feoli, S., Murillo, G., & Rodríguez, C. (1987). Cartografía geológica de un sector de los alrededores de la Cuenca alta del Río Niñey, Limón, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 7, 113–141.

- Drummond, M. S., Bordelon, M., De Boer, J. Z., Defant, M. J., Bellon, H., & Feigenson, M. D. (1995). Igneous petrogenesis and tectonic setting of plutonic and volcanic rocks of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica-Panamá, Central American Arc. *American Journal of Science*, 295, 875–919. <https://doi.org/10.2475/ajs.295.7.875>
- Ebinghaus, A., McCann, T., & Augustsson, C. (2012). Facies and provenance analysis of Paleogene alluvial conglomerates from the northern part of the Mesta Basin, SW Bulgaria. *Geological Journal*, 425(March), 409–425. <https://doi.org/10.1002/gj.1348>
- Feigenson, M. D., Carr, M. J., Maharaj, S. V., Juliano, S., & Bolge, L. L. (2004). Lead isotope composition of Central American volcanoes: Influence of the Galapagos plume. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 5(6). <https://doi.org/10.1029/2003GC000621>
- Fernández, E., Barquero, J., Barboza, V., Van der Laat, V., Malavassi, E., Sáenz, R., ... Martínez, M. (1994). *Estado de los volcanes*.
- Fernández, J. A. (1987). *Geología de la hoja topográfica Tucurrique (1:50000 IGN CR)*. Universidad de Costa Rica.
- Gallastegui, G., González-Menéndez, L., Rubio-Ordóñez, A., Cuesta, A., & Gerdes, A. (2014). Origin and provenance of igneous clasts from late Palaeozoic conglomerate formations (Del Ratón and El Planchón) in the Andean Precordillera of San Juan, Argentina. *Journal of Iberian Geology*, 40(2), 261–282.
- Garnier-Villarreal, M. (2020a). Geología Numérica: Ciencia de Datos para Geociencias. Retrieved from <https://geologia-numerica.netlify.app/index.html>
- Garnier-Villarreal, M. (2020b). Miscellaneous Functions for Geology (and its areas). Universidad de Costa Rica. Retrieved from <http://github.com/maxgav13/GMisc>
- Gazel, E. (2003). Las series alcalinas del plioceno de Costa Rica: Distribución espacial y relación con una fuente mantélica tipo OIB. *Revista Geológica de América Central*, 29, 87–93.
- Gazel, E., Carr, M. J., Hoernle, K., Feigenson, M. D., Szymanski, D., Hauff, F., & Van Den Bogaard, P. (2009). Galapagos-OIB signature in southern Central America: Mantle refertilization by arc-hot spot interaction. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10(2). <https://doi.org/10.1029/2008GC002246>

- Gazel, E., Hayes, J. L., Hoernle, K., Kelemen, P., Everson, E., Holbrook, W. S., ... Yogodzinski, G. M. (2015). Continental crust generated in oceanic arcs. *Nature Geosciences*, *8*(4), 321–327. <https://doi.org/10.1038/ngeo2392>
- Gazel, E., Hayes, J. L., Ulloa, A., Alfaro, A., Coleman, D. S., & Carr, M. J. (2019). The Record of the Transition From an Oceanic Arc to a Young Continent in the Tamanca Cordillera. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *20*(6), 2733–2752. <https://doi.org/10.1029/2018GC008128>
- Gazel, E., Hoernle, K., Carr, M. J., Herzberg, C., Saginor, I., den Bogaard, P. van, ... Swisher, C. (2011). Plume-subduction interaction in southern Central America: Mantle upwelling and slab melting. *Lithos*, *121*(1–4), 117–134. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.10.008>
- Hoernle, K., Abt, D. L., Fischer, K. M., Nichols, H., Hauff, F., Abers, G. A., ... Strauch, W. (2008). Arc-parallel flow in the mantle wedge beneath Costa Rica and Nicaragua. *Nature*, *451*(7182), 1094–1097. <https://doi.org/10.1038/nature06550>
- Hulbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, *52*(4), 577–586. <https://doi.org/10.2307/1934145>
- Jie, Z., Yuanfu, X., Xiaomin, T., & Bo, P. (2014). Statistical Analysis of Nanxin Formation Conglomerate Layer in Nanjian of Yunnan 3 Analysis of Gravel Properties 2 Gravel Statistical Method 4 The Analysis of Gravel Size. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, *88*, 1323–1324.
- Jiménez-valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, *8*(31), 151–161.
- Kusmaul, S. (1987). Petrología de las rocas intrusivas neógenas de CR. *Revista Geológica de América Central*, *7*, 83–111.
- Kusmaul, S., Tournon, J., & Alvarado, G. (1994). Evolution of the Neogene to Quaternary igneous rocks of Costa Rica. *Profil*, *7*, 97–123.
- Linkimer, L., & Alvarado, G. E. (2002). *Geología de Turrialba: una historia de 60 millones de años. Instituto Costarricense de Electricidad* (1st ed.).
- Lücke, O. H., & Arroyo, I. G. (2015). Density structure and geometry of the Costa Rican subduction zone from 3-D gravity modeling and local earthquake data. *Solid Earth*, *6*(4), 1169–1183.

<https://doi.org/10.5194/se-6-1169-2015>

- MacMillan, I., Gans, P. B., & Alvarado, G. (2004). Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. *Tectonophysics*, 392(1–4), 325–348. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.04.014>
- Malavassi, L. R. (1985). *Geología general del área sur de Baja Talamanca en relación con los depósitos de Carbón, Provincia de Limón, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Mcdonnell, M., & Craw, D. (2016). Stratigraphy and provenance of Pliocene greywacke - bearing conglomerate, Cardrona valley, Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 46(3), 425–436. <https://doi.org/10.1080/00288306.2003.9515018>
- ONU. (1975). *Proyecto de investigación minera, Talamanca, Costa Rica*. San José.
- Pérez, W. (1996). *Estudio geológico y de amenazas naturales, corredor Turrialba-Siquirres, Poliducto de RECOPE, sector Laguna Bonilla-Guayacán*. San José, Costa Rica.
- Protti, M., Gündel, F., & McNally, K. (1994). The geometry of the Wadati-Benioff zone under southern Central America and its tectonic significance: results from a high-resolution local seismographic network. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 84(December), 271–287. <https://doi.org/10.1130/SPE295-p309>
- R-Core-Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- Sibaja, G. E. (1996). *Estudio geológico geotécnico del corredor Turrialba-Siquirres, Poliducto de RECOPE. Sección Turrialba-Río Torito*. San José, Costa Rica.
- Sibaja, M. (1996). *Estudio geológico geotécnico del corredor Turrialba-Siquirres, sección Alto Guayacán-Siquirres del Poliducto de RECOPE*. San José, Costa Rica.
- Siegel, A. F. (2006). Rarefaction curves. In *Encyclopedia of Statistical Sciences* (1° edición, pp. 1–3). <https://doi.org/10.1002/0471667196.ess2195.pub2>
- Silver, E., Pisani, P. C., Hutnak, M., Fisher, A., DeShon, H., & Taylor, B. (2004). An 8-10 Ma tectonic event on the Cocos Plate offshore Costa Rica: Result of Cocos ridge collision? *Geophysical Research Letters*, 31(18), 8–11. <https://doi.org/10.1029/2004GL020272>

- Solano, J. P. (2018). *Estratigrafía y petrografía del plio-pleistoceno del noroeste de Costa Rica: Formación Bagaces y lavas Pelón de la Bajura*. Universidad de Costa Rica.
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Reviews*, 12, 1–33.
- Streckeisen, A. (1979). Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks: Recommendations and suggestions of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, 7, 331–335. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1979\)7<331](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1979)7<331)
- Tournon, J. (1984). *Magmatismes du Mesozoique a l'Actuel en Amerique Centrale: L' exemple de Costa Rica, des Ophiolites aux Andesites*. Universit e Pierre et Marie Curie.
- Tucker, M. E. (2003). *Sedimentary Rocks in the Field* (3<sup>o</sup> Edici n). West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ulloa, A., & Delgado, C. (2010). *Características geoqu micas y mineralogía del flanco Pacífico Central de la Cordillera de Talamanca: implicaciones para la evolución de una corteza continental*. Universidad de Costa Rica.
- Van den Boogaart, K. G., & Tolosana-Delgado, R. (2013). *Analyzing compositional data with R* (1<sup>o</sup> Edition). Freiberg, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36809-7>
- Vargas, A. G., Salazar, J., & Barrantes, M. (2017). Descripción de facies de la Formación Suretka en los alrededores de Siquirres y su relación con ambientes de depositación. *Revista Geológica de America Central*, 57, 85–95. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i57.30149>
- Vogel, T. A., Patino, L. C., Alvarado, G. E., & Gans, P. B. (2004). Silicic ignimbrites within the Costa Rican volcanic front: Evidence for the formation of continental crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 226(1–2), 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.07.013>
- Wandres, A. M., Bradshaw, J. D., Weaver, S., Maas, R., Ireland, T., & Eby, N. (2004). Provenance analysis using conglomerate clast lithologies : a case study from the Pahau terrane of New Zealand. *Sedimentary Geology*, 167, 57–89. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.02.002>
- Webster, R., & Oliver, M. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists* (2<sup>o</sup> edición). West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Weyl, R. (1957). *Contribución a la geología de la Cordillera de Talamanca de Costa Rica* (1° edición).  
San José, Costa Rica: Instituto Geográfico Nacional.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag.  
Retrieved from <https://ggplot2.tidyverse.org>

Zar, J. (2010). *Biostatistical analysis* (5° edición). New Jersey: Pearson Prentice Hall.

## Anexos

Anexo 1. Datos recopilados en campo de las grillas 1x1 m para los materiales de >10cm.

### 1.1. Grillas sector Valle de Tamanca

Afloramiento		290118-G1			Coordenadas	619852 E / 1057016 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	29/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	11	8	SR	SP	MM	Matriz oscura, plagioclasa	
I	Gabro	9	5	SA	SP	S	Gris oscuro, alta clorita	
I	Gabro	9	8	SR	SP	LM		
V	Andesita	12	5.5	R	SP	S		290118-01
S	Brecha	13	8	R	SP	MM		290118-02
V	Andesita	10	6	R	SP	MM		
V	Andesita	19.5	17	R	E	MM		
V	Andesita	28	18	SR	E	LM	Anfíboles largos, biotita	290118-03
I	Gabro	11.5	8	R	SD	LM		
S	Arenisca	15	13	R	E	MM		
V	Basalto	19	8	R	SD	MM	Meteorización esferoidal	290118-04
V	Andesita basáltica	19	15	R	E	M		290118-05
I	Diorita	10	7.5	R	SD	MM	Alt hidrotermal, pirita	
I	Gabro	24	12	SR	SP	S	Silicificado	
I	Gabro	14	11	R	SD	LM		290118-06
V	Basalto	25	22	SR	SD	MM		
I	Gabro	11	6	R	SD	LM		
V	Andesita	14	11	R	SP	MM		
V	Andesita basáltica	20	16	R	SD	M		290118-07
V	Andesita	18	10	R	SD	LM		
I	Gabro	14	11	SR	SD	LM	Mucha plagioclasa	290118-08
V	Basalto	17	14	R	E	MM		
I	Gabro	10	10	R	D	M		
S	Lutita	17	13	SR	SD	M		290118-09
V	Andesita	13	9	R	E	MM	Meteorización esferoidal	290118-10
I	Diorita	10	6.5	R	SP	MM	Mineralización de cuarzo	
I	Granito	14	9	R	P	MM		
V	Basalto	10	6	R	SD	MMM		
V	Indet	14	8	SR	SP	MMM		

Afloramiento		300118-G2			Coordenadas	622031 E / 1057463 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Arenisca fina	13	10	R	SP	S	Roja y con silicificación	300118-01
V	Basalto	10	6	R	SP	MM		
V	Andesita	17	10	R	SP	M		300118-02
I	Granito	14	8	R	SD	MM		
I	Gabro	11	11	R	E	MM		
V	Andesita	10.5	8	R	SD	MM		
V	Basalto	12	8	R	SD	MM		
V	Andesita	13	10.5	R	SD	S		300118-03
V	Basalto	16	13	R	SD	MM		
V	Basalto	13	11	R	D	LM		300118-04
V	Andesita	18	15	R	SD	MM		
I	Gabro	12.5	9	R	SP	MM	Microgabro	
S	Brecha	16	14	R	SD	LM	Volcaniclástica	300118-05
V	Basalto	18	11	R	SP	MM		
I	Gabro	18.5	13.5	R	SD	LM		300118-06
S	Brecha	18.5	10	R	SP	MM	Brecha volcaniclástica	
V	Andesita	16	7.5	R	SP	MM		
I	Indet	12	8	R	SP	MMM		
V	Andesita	19.5	11.5	R	SD	MM		
S	Brecha	10	9.5	R	E	LM	Volcaniclástica	
V	Andesita	11	9	R	SD	M		
V	Basalto	10	8	R	E	LM		
V	Basalto	13	11	R	SD	S		300118-07
V	Andesita basáltica	11	8	SA	E	LM		
V	Andesita	13	7	R	SD	MM		
V	Andesita	12	6.5	R	P	M		
I	Andesita basáltica	12	9.5	R	SD	MM		
V	Andesita basáltica	12.5	9.5	R	SP	MM		300118-08
V	Andesita	14	9	R	P	M		
S	Arenisca fina	10	6	R	SD	LM		
S	Brecha	17	10	R	P	MM	Volcaniclástica	
I	Indeterminado	15.5	10	R	SD	MMM		
S	Brecha	16	9.5	R	SD	MM		

Afloramiento		300118-G3			Coordenadas	622108 E / 1058130 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	13	12	R	E	S		300118-19
S	Arenisca gruesa	13	11	R	SD	MM		
V	Andesita	24	22	R	E	MM		
V	Andesita	19	14	SA	SD	MMM		
V	Basalto	17	12.5	R	E	MM		
V	Andesita	26	16	R	SD	MM		
V	Andesita	11	10	R	D	MM		
V	Andesita	24	15	R	SP	MM	Anfíboles largos	
I	Gabro	11.5	9.5	R	D	MM		
V	Andesita	30	18	R	SP	MM	Anfíboles largos	
I	Gabro	13	12.5	R	E	MM		
V	Andesita	30	15	R	D	MM		
V	Andesita	18	16	SA	SD	MM		
V	Andesita	41	27	SR	SP	MM		
V	Andesita	12	8	R	SD	MM		
I	Gabro	11	9	SA	SP	MM		
I	Indeterminado	12	7.5	SA	SP	MM		
V	Andesita	35	22	R	SD	M	Anfíboles largos	300118-20
V	Andesita	11	10	A	E	MM		
V	Andesita	15	11	R	SP	M	Anfíboles largos	

Afloramiento		310118-G4			Coordenadas	622108 E / 1058130 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	31/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
I	Granito	16	15	R	SP	LM		310118-01
V	Indeterminado	19	15	R	E	MM		
I	Granito	18	13	R	SP	MM		
I	Granito	12	10	R	E	MM		
I	Granito	10	9	R	SD	MM		310118-02
I	Granito	11	7	R	D	MM		
V	Basalto	10.5	6.5	R	SP	LM		
I	Gabro	11	6.5	R	SD	M		
I	Indeterminado	11	8	R	E	M		
I	Gabro	12.5	6	R	D	MM		
V	Basalto	10	5	R	D	MM	Afírico	
I	Granito	14	10	R	SD	MM		
I	Granito	11	10	R	E	MM		
V	Basalto	11	9	R	D	M		
V	Indeterminado	10	7	R	SD	S		
V	Basalto	10	8	R	E	MM		310118-03
V	Basalto andesita	27	15	R	SP	S		310118-04
I	Granito	12	9	R	E	S		310118-05

Afloramiento		270218-G5			Coordenadas	619172 E / 1061975 N		
Área de estudio		Valle de Talamanca			Fecha	27/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Basalto	11	10.5	R	SE	M		
V	Indeterminado	10	10	R	SD	MM		
I	Diorita	12	11.5	R	SD	M		
S	Brecha	16	10	R	SP	MM		
V	Andesita	16	12	R	SD	MM		
V	Andesita	31	10	SR	P	S		270218-01
V	Andesita	16.5	11	R	SP	MM		
S	Arenisca	26	12	SR	SP	S		270218-02
V	Basalto	17	10	R	P	S		270218-03
V	Andesita	25	14	R	SP	MM		
S	Brecha	10	8	R	SE	MM		
V	Andesita	15	11	R	SD	MM		
V	Indeterminado	15	9	SR	SP	MM		
V	Indeterminado	14.5	13	R	SD	MM		
V	Andesita	14.5	9	R	D	M		
V	Andesita	10	6	R	SP	MM		
V	Basalto	17	12	R	SD	MM		
S	Conglomerado	15.5	9	R	SP	MMM		
V	Andesita	14	11	R	SE	MM		
V	Andesita	17.5	14	R	SD	MM		
V	Andesita	14	7.5	R	SD	MM		
V	Andesita basáltica	17	12	R	SP	S	Piroxenos y anfíboles	270218-04
V	Andesita basáltica	12	9	R	SE	MM		
V	Andesita	18	13	R	SE	M		
V	Andesita basáltica	15	12	SA	SD	MMM		
V	Basalto	12	10	R	D	MMM	Afírico	
V	Indeterminado	11	7	R	D	MMM		
V	Andesita basáltica	11	9	R	SD	M		
S	Arenisca	10	9	A	P	MM	Rojiza, grano fino	
V	Andesita	11.5	6	R	SD	MM		
V	Andesita basáltica	11	9	R	SP	MM		
V	Basalto	18	12	R	SP	MM	Con pirita	
V	Basalto	18.5	14	R	SD	MM		

Afloramiento		280218-G6			Coordenadas	624231 E / 1073546 N		
Área de estudio		Valle de Talamanca			Fecha	28/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	24	22	R	SP	M		
V	Andesita basáltica	14	13	R	D	M		
V	Andesita	11.5	10	SR	SD	MMM	sin anfíboles	
V	Andesita	14	11	R	D	S		280218-01
V	Andesita	12	7.5	R	P	S	sin anfíboles	
V	Andesita basáltica	12	8	R	P	M		280218-02
V	Andesita basáltica	25	15	R	P	M		
V	Andesita	16	11	R	SD	MMM		
V	Andesita	13	7	R	D	MMM		
V	Andesita	12	7	R	SD	MM		
I	Gabro	15	10	R	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	19	12	R	SP	MM		
V	Andesita	10	9	R	E	MMM		
V	Andesita	14	12.5	R	SD	M		
V	Andesita	12	9	R	SD	M		
I	Indeterminado	12	9	SR	SP	MMM		
V	Basalto	19	17	SR	SD	MM		280218-03
V	Andesita	15	10.5	R	SD	MMM		
V	Andesita	10	9	SR	SD	MMM		
V	Indeterminado	13	10	R	SD	MMM		
V	Andesita	11	9	R	D	S	sin anfíboles	280218-04
V	Andesita	19	15.5	SR	SD	M		
V	Andesita	10	9	R	D	MMM		
V	Basalto	18	11	R	SP	M		
V	Basalto	15	10	R	SD	M		
V	Andesita	20	15	R	D	MM		
V	Andesita	12	10	R	E	MM	sin anfíboles	
V	Basalto	13	12	SR	SP		Afanítico	280218-05
V	Andesita	20	18	R	SE	M		
V	Andesita	19	17	R	SD	MMM		
V	Andesita	20	18	R	D	M	sin anfíboles	
V	Andesita basáltica	16	9	R	P	M		
V	Andesita	20	15	R	SD	MM		
V	Andesita	18	14	R	SD	MMM		
V	Andesita	11	11	R	SD	M		
V	Andesita	16	10	R	SP	MM	sin anfíboles	
V	Basalto	16	9	R	SP	M		
I	Gabro	31	22	R	SD	S		280218-07

1.2. Grillas sector Turrialba

Afloramiento		281118-G1			Coordenadas	549356 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Arenisca	11	6	R	SP	MM	Met esferoidal, grano medio	
V	Andesita	14.5	11	R	SD	M	Fenocristales de Px	281118-01
V	Andesita	10	6	SR	E	M	Fenx de Px, Matriz roja	
V	Basalto	22	21	SR	E	M	Olivinos	281118-02
I	Gabro	10	8	R	SD	M		
V	Andesita	12	12	R	SP	M	Igual que 281118 - 1	
V	Indeterminado	16	8	BR	SP	MMM		
V	Andesita	10	7	SR	SD	MM	Igual que 281118 - 1	
V	Andesita	15	12	SA	SP	M	igual que 281118 - 1, con matriz gris	281118-03
V	Basalto	14	15	SA	E	S	Fenox de Px	281118-04
V	Andesita	11	10	R	E	MM	Igual que 281118 - 1	
I	Diorita	25	16	BR	SP	M	Fenocristales de Brotita	281118-05
V	Basalto	11.5	7.5	R	SP	M	Igual que 281118 - 4	
V	Basalto	17	11	SA	SP	M	igual que 281118 - 4	
V	Andesita	29	25.5	SR	SD	MM	igual que 281118 - 1	
V	Basalto	33	22	A	SD	S		281118-06
V	Basalto	14	10	R	SP	MM		
V	Andesita	13	11	SR	SD	MM		
V	Diorita	16	9	R	SP	MM		
V	Andesita	30	21	SR	SD	S	Sin Cpx's	281118-07
V	Andesita	17	13	R	E	M	Con las fenox de Cpx	281118-08

Afloramiento		281118-G2			Coordenadas	541589 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	19	16	SA	SD	M		281118-09
V	Indeterminado	19	13	SA	SD	MMM	Posible Andesita	
V	Andesita	13	10	SA	SD	MMM		
V	Basalto	19	14	SR	E	MMM	con olivino?	28111-10
V	Basalto	25	24	SA	E	M	Con olivino	
V	Basalto	10	9	A	SD	M	Con olivino	281118-11
V	Basalto	10	9	A	SD	M		
V	Basalto	13	9.25	SA	E	MMM	con ol y cpx	
V	Andesita	11.5	11.5	R	E	M	vesicular	281118-12
I	Gabro	21	17	A	E	M		281118-13

Afloramiento		160119-G3			Coordenadas	537992 E / 1097943 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	16/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	18	14	SR	SP	MMM		160119-01
V	Andesita	16	12.5	SA	P	MM		160119-02
V	Andesita	11	11	R	E	MM		160119-03
V	Andesita	10.5	7	SR	SP	MM		160119-04
V	Andesita	25	19	R	SD	M		160119-05
V	Andesita	15	10	R	SP	M		
V	Andesita	11.5	9.5	R	D	M		
IND	Indeterminado	22	19	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	11.5	8	SR	SD	MMM		
V	Andesita	10	10	BR	E	MM		
IND	Indeterminado	10	6	SA	P	MMM		
V	Andesita	18	14	R	SP	M		
IND	Indeterminado	13	11.5	SR	SD	MMM		
V	Andesita	16	11	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	12.5	10	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	16.5	11	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	23	20	SR	E	MMM		
V	Andesita	11.5	11	R	E	M		
V	Andesita	10.5	10	R	SP	M		
V	Andesita	20	19	SA	E	MM		
IND	Indeterminado	20	19	SA	E	MMM		
V	Andesita	11	10	SR	E	MM		
V	Andesita	30	25.5	R	SD	LM		
V	Andesita	25	21	SR	SP	LM		

Afloramiento		160119-G4			Coordenadas	537382 E / 1096127 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	16/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Basalto	65	29	SR	D	MMM	Con vesículas	
V	Basalto	14.5	8.5	R	SP	M		
V	Basalto	32	13	R	D	LM		160119-04
V	Basalto	15.5	9.5	BR	SP	M		160119-05
V	Andesita basáltica	18	14	BR	E	S		160119-06
V	Andesita basáltica	15.5	10.5	SA	SP	LM		160119-07
V	Basalto	12	11	SR	SD	MM		
V	Basalto	12	8.5	R	SP	S		160119-08
V	Andesita basáltica	45	32	R	SD	S		
V	Basalto	13	9	R	SP	LM		
V	Basalto	11.5	7.5	R	SP	S		
V	Basalto	18	15	SR	E	LM		
V	Andesita basáltica	14	13	SR	SD	M		
V	Basalto	10.5	9	SR	D	S		
V	Basalto	56	28	R	SP	S		160119-09
V	Basalto	31	30	SR	E	LM		

Afloramiento		230119-G5			Coordenadas		532500 E / 1086950 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha		23/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra	
V	Andesita	16	12	SA	E	MMM			
V	Andesita	13	12	SR	SD	M			
IND	Indeterminado	21	14	R	P	MMM			
V	Andesita basáltica	16	12	R	SP	M		230119-01	
V	Andesita	13	9	R	SP	MM	Borde afírico		
V	Andesita	13	12	R	SP	MM			
V	Andesita	15	14	R	SD	MM			
V	Andesita basáltica	15	10	R	E	M		230119-02	
V	Andesita basáltica	15	11	R	SD	M			
V	Basalto	13	11	SA	SD	S		230119-03	
V	Basalto	12	8	SR	SD	S			
V	Basalto	12	12	SR	SD	M			
V	Andesita	11	7	SR	SP	M			
V	Andesita	23	18	R	D	S		230119-04	
V	Andesita	11	7	SR	SP	M			
V	Basalto	13	9	R	SP	M	Con px grandes		
V	Andesita	12	9	SA	SP	MMM			
I	Gabro	26	20	SA	SD	S	Cristalizada	230119-05	
V	Andesita	28	16	SR	SD	MM			
I	Gabro	29	16	A	D	S			
V	Andesita basáltica	12.5	10	SA	SD	MM			
V	Andesita	28	25	R	E	MM			

Afloramiento		300119-G6			Coordenadas	541581 E / 1101810 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	30/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	16	14	SR	SD	M	Con px, alterada	
V	Andesita	13	7	SR	SP	M	Con px, alterada	
V	Andesita	12	9	SR	SD	M		
V	Andesita	18	16	SR	SD	M		
V	Andesita	10	7	SR	SD	M		
V	Andesita	27	20	SA	SP	S		300119-01
V	Andesita	16	11	SR	SP	M		
V	Andesita	10	8	SA	SP	M		
V	Andesita	12	10	SA	SP	M		
V	Andesita	11	10	SR	SD	M		
V	Andesita	13	12	R	SE	S		
V	Andesita	18	14	SR	SD	S		300119-02
V	Andesita	19	11	SA	P	S		
V	Andesita	12	12	SR	SD	LM		
V	Andesita	17	13	SA	P	LM		
V	Andesita	15	13	SA	SD	M	Rojiza vesicular	300119-03
V	Andesita basáltica	30	25	SA	SP	M		300119-04
V	Andesita basáltica	32	25	SR	SD	M	Vesicular	300119-05
V	Andesita	11	6	SA	SP	M		
V	Andesita basáltica	15	9	SR	SP	M	Vesicular	
V	Andesita basáltica	22	7	R	P	MM	Rojiza vesicular	
V	Andesita	20	14	SR	SP	M	Rojiza vesicular	
V	Andesita	21	13	SR	SP	M	Vesicular	
V	Andesita	10	6.5	SR	SD	M		
V	Andesita	17	8.5	SR	D		Vesicular	300119-06
V	Andesita basáltica	13	8.5	SR	D	MM		
V	Andesita basáltica	12	5.5	SA	SD	M		
V	Andesita	11	6.5	SR	SD	M	Vesicular	
V	Andesita basáltica	30	24	SR	SP	M		
V	Andesita	37	16.5	SR	SD	M		
V	Andesita basáltica	53	44	SR	SP	M		
V	Andesita	47	41	SR	SP	MM	Rojiza vesicular	

1.3. Grillas sector Reserva Biológica Hitoy Cerere

floramiento		190219-G1			Coordenadas	605770 E / 1068045 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	19/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
I	Diorita	14.5	9	SR	SP	M	Con px	
V	Dacita	17	9	R	SP	LM	Con anf y biotita	
I	Diorita	11	9	R	E	M	Con px	
I	Diorita	17.5	12	R	SD	M	px	190219-01
V	Dacita	20	10	R	SP	M	Con anf y biotita	
V	Dacita	11	8	R	SP	M	Con anf y biotita	
V	Basalto	11.5	9	SR	SD	LM	px	190219-02
I	Diorita	12.5	11.5	BR	D	M	Con px	
V	Andesita	13.5	9.5	R	SD	S	Con px	
V	Andesita	17	10.5	R	SD	M	Con px	
I	Diorita	16	12	BR	E	M	Con px	
I	Diorita	10	7	SR	SD	M		
V	Andesita	11	6.5	R	SP	M	Con px	
V	Andesita	19	10	SR	SP	M		
V	Basalto	15	9.5	SR	SP	S		
V	Basalto	17	16	R	P	S		
V	Andesita	11	6	R	SD	M		
V	Andesita	26	19	R	SD	M		
V	Andesita	11.5	8	BR	D	M	Con Biotita	
I	Diorita	18	11	BR	P	M	Con px	
I	Diorita	14	11	BR	D	MM	Con px	

Afloramiento		200219-G2			Coordenadas	605583 E / 1067541 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	20/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita basáltica	14	6.5	SR	SD	MM		
V	Basalto andesita	12	5.5	R	P	MM		
V	Basalto andesita	11	6	R	SP	MM		
V	Basalto andesita	12	7	SR	SP	LM		
V	Andesita	21	11	R	P	M		
V	Andesita	17	12.5	R	D	M		
IND	Indeterminado	10	6	SR	SD	MMM		
V	Basalto	11	11	R	D	LM	Px en gran cantidad	
V	Andesita basáltica	12	8	R	D	M		
V	Andesita	10	9	R	D	LM		
V	Basalto andesita	10.5	6.5	SR	SP	M		
V	Andesita	11	10	R	E	M		
IND	Indeterminado	10.5	9.5	R	D	MMM	ignea indet	
IND	Indeterminado	11	7	SR	SP	MMM	ignea indet	
I	Gabro	18.5	9	R	P	MMM		200219-01
I	Gabro	12	9	SR	D	M		
IND	Indeterminado	11	8	SR	SP	MMM	ignea indet	
I	Gabro	21	20	SR	SD	M		
V	Basalto	18	15	SR	SD	S	Microcristalino con px	
IND	Indeterminado	12	7	R	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	13	6	R	D	M	Con px milimetricos	
I	Gabro	21	16	R	E	S		
V	Basalto	12	9	SR	SD	S		200219-02
V	Andesita	12	6.5	R	SP	M	Plg hidratadas	
V	Basalto	13	9.5	R	D	LM	Microcristalino con px	
V	Andesita	12	6	R	SP	M		
V	Andesita	12	8.5	R	SD	S		

Afloramiento		200219-G3			Coordenadas	606074 E / 1068929 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	20/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Basalto	21	17	R	SP	S		200219-03
V	Andesita basáltica	23	22	SR	SD	S		
V	Basalto	10	8	R	E	S	Afanítica porf con px	
I	Gabro	15	13	BR	E	MMM		
V	Andesita	10.5	5	R	D	M	Textura vesicular	
V	Basalto	14	8	R	SD	MM		
V	Andesita	10	7.5	SR	E	MM	Pátinas rojizas por ox	
I	Gabro	10.5	5	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	16	13	R	D	MMM		
I	Gabro	14	14	BR	E	M	Calcita reemplaza plg	
V	Basalto	28	9.5	SR	D	S	Afírico o microgabro	200219-05
I	Gabro	17	8	R	D	LM		200219-04
IND	Indeterminado	21	19	SR	SP	MMM		
V	Basalto	11.5	5	BR	SP	M	Pátinas verdes epidota	
V	Basalto	27	22	BR	SP	MM		
I	Gabro	13	4.5	BR	SP	MM		
V	Andesita basáltica	10	3.5	BR	SP	MM	fenocristales plg	200219-06
I	Microgabro	24	10	R	D	M	fenocristales plg y px	
V	Andesita	13	7	R	SP	M	Pátinas rojizas por ox	
V	Andesita	12	8	BR	D	M		
I	Microgabro	15	14	R	SD	M	Clorita	
V	Andesita basáltica	20	6	BR	D	LM	fenocristales anf y plg	
V	Andesita basáltica	13	9.5	BR	E	M	fenocristales anf y plg	
I	Gabro	11	6	BR	SD	M	Patina olv alterados	200219-07
I	Gabro	11	5.5	BR	SP	M	Patina olv alterados	
IND	Indeterminado	15	14	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	10	4	BR	SP	MM		
I	Gabro	12	10	BR	E	M	Fenocristales px	
V	Basalto	18	8	BR	SD	MM	Afírico o microgabro	
V	Basalto	10	6	BR	E	MMM	Afírico o microgabro	
IND	Indeterminado	13	10	BR	E	MMM		
IND	Indeterminado	14	10	BR	E	MMM		
IND	Indeterminado	11	6	SR	SP	MMM		

Afloramiento		210219-G4			Coordenadas	607984 E / 1068023 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	21/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Basalto	13.5	10	BR	D	M	Afanítica porfirítica, plg y px	210219-01
I	Microgabro	15.5	13.5	BR	SD	M	px oxidados	
I	Microgabro	13.5	6.5	R	SP	M	px oxidados	
I	Microgabro	11.5	8.5	BR	SD	MM	px oxidados	
I	Microgabro	10	8	BR	D	M	px oxidados	
I	Microgabro	14	12	SR	E	MM	plg y px mm	
I	Gabro	19	14	SR	SP	MM	abundantes px	
I	Gabro	10	9	R	SD	M		
I	Gabro	13	10	BR	E	MM		
V	Andesita	12.5	8	R	SP	MM	alteración en px, oxidados	
V	Andesita	10	8.5	R	SD	LM	pocos feldespatos	
I	Microgabro	13.5	10	BR	SP	S		210219-02
V	Andesita	13	9	R	SP	M	plg	210219-03
V	Basalto	13	9.5	SR	SD	LM	fenocristales px	
IND	Indeterminado	12	5	SR	P	MMM		
V	Andesita	29	19.5	R	SD	M	plg	210219-04
V	Basalto	10	8	R	SD	M	fenocristales px	
V	Andesita basáltica	14	8	SR	SP	MM		
V	Basalto andesítico	20.5	13	R	D	MM		
V	Basalto	19	13	R	SP	MM		
V	Andesita basáltica	22	18	SA	P	S		

Afloramiento		210219-G5			Coordenadas	607958 E / 1068333 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	21/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminada	21	18	BR	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	14	11	BR	E	LM		210219-05
IND	Indeterminada	11	8	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	10.5	8	R	SD	MMM		
V	Andesita	15	9	BR	SP	M		
IND	Indeterminada	15	5.5	BR	P	MMM		
V	Andesita basáltica	13	9.5	BR	E	MMM	px alterados	
IND	Indeterminada	13	12	BR	E	MMM		
V	Basalto	13	10	SR	SP	S	Fenocristales plg	210219-06
IND	Indeterminada	14	10	BR	SP	MMM		
V	Andesita	11	7	BR	SP	MM	fenocristales plg	
IND	Indeterminada	12	9	BR	D	MMM		
V	Andesita basáltica	14.5	10	R	SP	M	fenocristales anf y px	
S	Posible tobita	10	6.5	R	SP	MMM	Posible muestra sed.	210219-07
V	Andesita	10	9	SR	D	M	fenocristales plg grandes	
V	Basalto	11	10	BR	E	M	px y plg equigranulares	210219-08
IND	Indeterminada	13	8	BR	SD	MMM		
V	Andesita	16	12	SR	SP	M	fenocristales plg grandes	
IND	Indeterminada	14	10.5	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	14	9.5	BR	E	MMM		
V	Andesita	17.5	11.5	BR	E	M	fenocristales plg grandes	
I	Gabro	15	11	BR	D	MM		
IND	Indeterminada	10	8	BR	SD	MMM		
V	Basalto	14	10	BR	E	MMM		
V	Basalto	25	14	R	SD	MM		
V	Andesita basáltica	12	11	BR	E	MM		
V	Andesita basáltica	25	19	BR	E	M		
I	Gabro	23	11	SR	SP	M		
V	Andesita	30	18	SR	SD	MM		
V	Andesita	20	15	R	SD	MM		

Afloramiento		230219-G6			Coordenadas	605979 E / 1068743 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	23/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
I	Diorita	16	15	BR	E	MM		
V	Andesita	11	11	SA	D	MM	Alteración alrededor de px	
V	Andesita	12	11	BR	E	MM	fenocristales px	
V	Andesita	11	10	R	E	M	px y anf	
V	Basalto	20	13	SA	SP	LM	Olv alterados	
IND	Indeterminada	10	7	SR	SD	MMM	pátinas bornita y hematita	
I	Gabro	17	13	BR	D	MMM	Alteración alrededor de px	230219-01
I	Gabro	10	6	BR	D	MMM	Alteración alrededor de px	230219-02
V	Basalto andesítico	11	7	SR	P	S		
IND	Indeterminada	11	6.5	R	SP	MMM		
V	Andesita	10	8	BR	D	M	fenocristales anf y plg	
V	Basalto	21	12	R	SD	S	Afírico	230219-04
V	Basalto	13	10	R	SD	M	olv y plg alterados	
V	Andesita	13.5	8.5	SA	P	MM		
I	Gabro	35	24	R	P	LM		230219-03
V	Andesita	17	10	R	P	MM	olv y plg alterados	

Anexo 2. Datos recopilados en laboratorio de las grillas 1x1 m para los materiales de <10cm.

2.1. Grillas sector Valle de Tamanca

Afloramiento		290118-G1			Coordenadas	619852 E / 1057016 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	29/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	5.7	4.8	R	D	MMM		
I	Gabro	5.5	4.9	R	D	M		
I	Gabro	3.9	3.2	SR	SD	LM		
IND	Indeterminado	4.2	2.4	SR	SP	M		
V	Andesita - Basáltica	1.8	1.2	R	SP	M		
IND	Indeterminado	4.3	3.4	BR	E	MMM		
I	Diorita	4.9	3.1	SR	SP	M		
S	Arenisca	2.4	1.5	SR	SP	LM		
I	Gabro	3	2	R	SD	S		
IND	Indeterminado	2.2	1.4	SR	SP	MM		
V	Andesita - Basáltica	3.8	2.6	R	E	LM		
I	Gabro	3	2.4	R	SP	LM		
V	Basalto	3.2	1.7	SR	SP	LM		
V	Indeterminado	2.2	1.6	SA	D	M		
V	Andesita - Basáltica	2.2	1.8	SR	SD	LM		
IND	Indeterminado	1.7	1.2	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	1.2	SA	SP	MMM		
S	Lutita	2.4	1.9	A	D	M		
I	Gabro	2.9	1.9	SR	D	M		
I	Granito	3.2	1.8	SR	SP	MMM		
V	Andesita	2.6	2.4	SA	D	MMM		
V	Basáltico	3.5	2.1	R	SP	M		
S	Lutita	3.8	3.2	SR	SD	S		
IND	Indeterminado	2.9	1.2	SA	D	M		
I	Gabro	3.2	1.2	SR	SP	LM		
IND	Indeterminado	2	1.1	R	SD	MM		
V	Basalto	2	1.4	R	SD	M		
IND	Indeterminado	1.1	0.8	SR	D	MMM		
IND	Indeterminado	2.5	1	BR	P	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.7	A	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1.3	SA	SD	MMM		
S	Brecha	5.3	3.4	R	D	MM		
S	Lutita	3.3	1.4	R	D	M		
I	Gabro	1.4	1	SR	SD	MM		
V	Basalto	2.9	1.6	SR	SD	LM		
V	Posible Andesita	3.8	2.8	R	SP	MM		
S	Lutita	5.2	3	SR	P	S		

Afloramiento		290118-G1			Coordenadas	619852 E / 1057016 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	29/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	1.6	0.8	R	SD	MMM		
I	Gabro	2.9	1.6	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.4	1.3	MA	P	MMM		
IND	Indeterminado	3	1.4	R	P	MM		
IND	Indeterminado	2.4	1.1	SR	SD	MMM		
I	Gabro	2.3	1.9	SA	SD	MM		
I	Gabro	3.2	0.9	SR	SD	M		
I	Gabro	4.9	1.8	R	SD	LM		
IND	Indeterminado	2	1	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.9	R	SP	MM		
S	Lutita	1.9	0.9	R	D	LM		
IND	Indeterminado	1.5	0.8	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	2.2	0.7	A	P	M		
IND	Indeterminado	4.3	2.2	A	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.4	0.5	SA	D	M		
S	Lutita - arenisca	1.7	0.2	A	D	M		
V	Andesita	2.9	1.4	R	SD	M		
IND	Indeterminado	2.6	1.2	SR	SP	MMM		
V	Andesita	2	1	R	SP	M		
IND	Indeterminado	1.4	1	R	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	0.5	SA	D	MM		
I	Gabro	1.6	0.8	R	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.9	1	SR	SP	MM		
S	Lutita	2	0.8	SA	D	S		
V	Basalto	2.2	1.4	R	SP	MM		
S	Brecha	1.5	0.6	SR	SD	M		
V	Andesita	1.6	1	SR	SD	M		
IND	Indeterminado	1.6	0.5	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	1	R	SD	MMM		
V	Andesita	1.1	0.8	SA	SD	M		
V	Andesita	1.4	0.4	SR	D	M		
V	Posible Andesita	2.2	1.2	R	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.3	0.6	R	D	MMM		
S	Lutita	1.6	0.8	SA	SP	M		
V	Basalto	2.6	1.1	R	D	LM		
IND	Indeterminado	2.2	0.7	SA	SP	MMM		
I	Gabro	1.4	0.9	SR	SD	M		
V	Basalto	1.5	0.9	A	P	LM		
IND	Indeterminado	1.8	0.6	SR	D	MM		
V	Andesita	1.4	0.5	SA	D	MM		

Afloramiento		300118-G2			Coordenadas	622031 E / 1057463 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Lutita	4	3	SR	SP	LM		
S	Lutita	3	2.2	SR	SP	LM		
V	Andesita	1.4	1.1	SR	SP	MM		
V	Andesita	2.2	1.5	SR	P	LM		
V	Andesita	1.6	1.4	R	E	M		
S	Lutita	1.7	1.4	SR	SD	S		
IND	Posible Andesita/Basal	1.8	1.5	SR	SD	MMM		
V	Andesita	1.4	1	R	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.9	1	SR	P	MMM		
S	Lutita	1.9	1.2	SA	D	MM		
S	Lutita	1.8	1.6	SR	D	S		
V	Andesita	1.9	1.4	SA	SP	S		
V	Andesita	2.2	0.8	SR	P	M		
IND	Indeterminado	1.3	1.3	R	E	MMM		
V	Basalto - Andesita	2.4	1.6	SR	D	LM		
V	Andesita - Basáltica	2.2	1.8	SA	SD	S		
S	Lutita	1.7	1.4	SR	SP	M		
IND	Indeterminado	1.9	1.5	SR	SD	MMM		
V	Andesita	1.8	1.2	R	D	MM		
S	Lutita	1.8	1.5	R	D	LM		
I	Gabro	5	4.4	R	SD	LM		
V	Andesita	2.4	1.8	SR	SP	M		
IND		1.8	1	SR	SP	MMM		
S	Arenisca	2.4	1.4	R	SP	M		
V	Andesita	1.7	1.4	A	SD	MM		
V	Basalto - Andesita	1.4	1	SA	D	LM		
I	Microgabro	1.4	1.1	SA	SP	M		
V	Andesita	2	1.3	SA	D	MM		
S	Arenisca	1.8	1.4	SA	SD	M		
V	Andesita - Basalto	2.4	1.9	A	SP	LM		
S	Lutita	2.1	1.8	SA	SD	M		
S	Lutita	2.2	1.2	R	D	MM		
V	Andesita	1	0.6	SR	P	M		
V	Basalto	2.8	2	A	SD	S		
V	Basalto - Andesita	1.8	1.4	R	D	MM		
IND	Indeterminado	1.6	1	A	SP			
V	Andesita	1.3	1.1	SR	SP	MMM		
V	Andesita	1.5	1.2	SR	SP	M		
V	Andesita	1.6	0.8	A	P	M		

Afloramiento		300118-G2			Coordenadas	622031 E / 1057463 N		
Área de estudio		Valle de Talamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	1.6	1.3	SR	SP	MM		
S	Brecha	3.3	2.2	SA	SP	LM		
V	Andesita	3.2	1.9	SR	SP	S		
S	Arenisca	3.2	2.8	R	SD	MM		
S	Arenisca	3	2.8	SR	D	M		
V	Andesita	2	1.1	SR	SP	LM		
V	Andesita	1.7	1.5	SA	SP	M		
IND	Indeterminado	1.5	1	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1.4	SA	SP			
V	Riolita	1.4	1.2	SR	SD	LM		
IND	Indeterminado	1.2	0.8	SA	SD			
IND	Indeterminado	3	2.3	SA	SD	S		
S	Lutita	1.7	1.4	SR	SP	M		
V	Andesita	2.6	2.4	SR	D	S		
IND	Indeterminado	2.8	1.4	SA	D	MM		
V	Basalto - Andesita	1.7	1.3	SR	SD	MM		
S	Lutita	1.8	1	SA	P	LM		
IND	Posible Basalto o Andesita	1.4	1.11	SR	SD	MM		
V	Andesita	2	1.6	SR	D	MM		
S	Brecha	2.3	2.1	R	SD	M		
I	Gabro	2.2	1.5	R	E	M		
I	Gabro	2.1	1	SR	SD	S		
V	Brecha	1.4	0.9	R	SD	M		
S	Lutita	2.4	1	R	SP	M		
S	Lutita	2.2	2	R	D	M		
V	Posible Andesita	1.6	1.4	R	SD	MM		
S	Lutita	2.2	1.1	A	P	M		
V	Basalto	2.4	1.4	SA	D	Sano		
S	Arenisca	1.4	0.8	SA	SD	M		
V	Andesita	2.1	1.2	A	SP	LM		
V	Indeterminado	1.7	1	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.8	2.3	BR	E	MM		
S	Arenisca	2.2	1.6	R	D	MM		
S	Lutita	2.4	2	SR	SP	S		
V	And - Basáltica	1.9	1.6	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.8	1.4	SA	P	MM		
I	Microgabro	1.4	1.2	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.7	1.4	SR	SD			
V	Andesita - Basáltica	2	1.4	SA	D	MM		
V	Andesita	1.9	1	SA	P	MM		

Afloramiento		300118-G2			Coordenadas	622031 E / 1057463 N		
Área de estudio		Valle de Talamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
I	Microgabro	2	1.4	SR	SD	MM		
IND	Posible origen Volc.	1.8	1	SA	SP	MMM		
V	Andesita	2	1.8	SR	SD	MM		
S	Arenisca	2.2	1.4	SR	D	M		
V	Andesita	1.3	1	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1	1.8	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	1	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.1	0.6	SR	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.2	0.8	SA	SP	MM		
S	Lutita	1.2	1.2	A	D	M		
I	Microgabro	2.2	1.5	R	SP	MM		
V	Basalto	1.9	1.7	BR	D	MM		
S	brecha	1.7	1.4	SR	SP	LM		
V	Andesita	1.9	1.5	SR	D	MM		
V	Andesita	1.3	1.3	SR	D	MM		
IND	Indeterminado	1.8	1.4	R	SD	MM		
V	Andesita	1.5	1	SR	E	MM		
IND	Indeterminado	1.9	1.6	SA	D	LM		
V	Andesita	1.6	1	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.1	0.8	A	D	MMM		
S	Avenisca	2	1.4	SR	D	M		
V	Andesita	2.6	1.3	SR	P			
V	Basalto	1.7	1.2	SR	D	LM		
V	Basalto	2	1.3	A	SP	LM		
S	Arenisca	1.4	1.2	SR	D	M		
S	Arcilla	1.8	1	SA	SP	M		
S	Lutita	1.8	1.3	R	D	M		
IND	Indeterminado	1.4	0.9	SA	SP	MM		
V	Andesita	1.8	1.4	SA	D	MM		
S	Brecha	1.8	1.2	SA	D	M		
V	Posible Basalto	2.4	1.3	MA	P	MMM		
IND	Indeterminado	2	0.9	A	SP			
IND	Indeterminado	1.4	1.2	BR	SD	MM		
V	Andesita - Basalto	1.5	0.8	SA	SP	M		
S	Lutita	1.7	1.3	SA	D	LM		
V	Basalto - Andesita	1.5	1.1	SA	SD	LM		
V	Basalto - Andesita	1.9	0.9	SA	SP	MM		
V	Riolita	1.8	0.8	SA	P	LM		
IND	Indeterminado	1.4	1	SR	SP	MMM		
S	Lutita	1.8	0.6	A	D	M		

Afloramiento		300118-G2			Coordenadas	622031 E / 1057463 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Riolita	1.4	1.2	SA	D	M		
V	Andesita - Basáltica	1.4	1.1	A	D	M		
S	Lutita	2.1	1.4	SA	SP	LM		
V	Basalto - Andesita	3.2	1.6	SR	SP	LM		
V	Andesita	1.3	1.1	SR	SD	MM		
S	Arenisca	1.8	0.8	SR	SD	M		
I	Gabro	1.3	0.7	SR	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.4	1	R	SD	MMM		

Afloramiento		300118-G3			Coordenadas	622108 E / 1058130 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Indeterminada	6.2	5.2	SR	E	MMM		
V	Andesita	6.6	5	A	SP	MM		
IND	Indeterminada	4.8	4.2	A	SD	MMM		
S	Lutita	4.7	2.4	SA	D	LM		
V	Basalto-andesita	5	3.4	A	SD	S		
V	Indeterminada	3.6	2	SA	SD	MM		
S	Arenisca	2.5	1.6	A	P	M		
V	Andesita	2.9	2.4	SR	SD	M		
V	Indeterminada	1.2	0.9	SA	SD	MMM		
V	Indeterminada	2.4	1.8	R	D	MMM		
V	Andesita	3.6	3.3	A	SP	MM		
S	Arenisca	2.9	2	SA	D	MM		
S	Arenisca	2.4	1.7	SR	SD	M		
IND	Indeterminada	3.2	2.9	SA	E	MMM		
S	Lutita	1.8	1.5	SA	SD	M		
IND	Indeterminada	1.5	1.3	SR	D	MMM		
V	Indeterminada	2.5	1.5	A	D	MM		
IND	Indeterminada	1.8	1.2	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.6	1	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	3.4	2.1	A	P	MMM		
IND	Indeterminada	3.8	1.8	SA	SP	MMM		
V	Indeterminada	2.8	2.2	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	2.7	2.1	R	SD	MMM		
IND	Indeterminada	3	2.8	MA	SP	MMM		
S	Lutita	2.7	1.7	A	P	MM		
IND	Indeterminada	2.2	2.2	A	SD	MMM		
V	Indeterminada	2.4	1.4	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminada	2.9	2.2	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	2.1	1.2	SA	D	MMM		
S	Lutita	1.8	1.2	SR	SD	M		
V	Andesita	1.7	1.2	R	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.8	1.3	MA	D	MMM		
V	Basalto-andesita	1.5	1.3	SA	SD	LM		
S	Arenisca	1.8	1.2	A	SD	MM		
IND	Indeterminada	2.4	1.7	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.4	1	BR	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.7	1.1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.6	1.4	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.1	1.2	SR	E	MMM		
IND	Indeterminada	1.7	1.4	SR	SD	MMM		

Afloramiento		300118-G3			Coordenadas	622108 E / 1058130 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	30/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Lutita	1.8	0.6	A	P	M		
V	Andesita	1.3	0.8	SA	SP	MM		
IND	Indeterminada	1.9	1.4	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.6	1.3	SR	D	MMM		
V	Andesita	1.4	1	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.8	1	R	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.8	1.5	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminada	2.7	1.4	A	P	MM		
IND	Indeterminada	2.1	1.7	SR	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.8	1.1	A	D	MMM		
V	Basalto-andesita	1.4	1.2	A	D	MM		
IND	Indeterminada	1.5	1.2	SA	D	MMM		
V	Andesita	1.3	1	A	SP	MM		
V	Andesita	2	1.2	SA	SP	MM		
IND	Indeterminada	2	1.6	MA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.8	1.2	SA	D	MMM		
IND	Indeterminada	2.5	1.9	A	P	MMM		
IND	Indeterminada	1.4	0.8	A	SD	MMM		
V	Andesita	1.4	1.4	SA	D	MM		
S	Lutita	1.5	1.2	SR	E	M		
S	Lutita	1.6	1.2	A	SP	LM		
IND	Indeterminada	1.8	1.4	SA	SP	MMM		
V	Andesita	1.6	1	SR	SP	MM		
V	Basalto-andesita	1.7	1.4	SR	SP	MM		
IND	Indeterminada	2.5	2	A	SP	MMM		
V	Andesita	1.5	0.8	SA	SP	MMM		
V	Andesita	2	1.5	SR	P	MM		
IND	Indeterminada	2.2	1.9	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.9	1.3	SR	SD	MM		
V	Andesita	1.6	1.6	A	SP	MM		
V	Indeterminada	1.7	1.2	SR	SP	MMM		
V	Indeterminada	1.6	1	A	SD	MM		

Afloramiento		310118-G4			Coordenadas		622108 E / 1058130 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha		31/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra	
I	Gabro	5.8	2.6	R	D	S			
V	Basalto	7	3	R	P	S			
V	Basalto	3.6	1.9	SR	SD	M			
V	Basalto	1.9	1.3	SA	P	LM			
I	Gabro	2.8	1.1	SA	SP	M			
V	Basalto	4.5	2.6	SR	SP	LM			
V	Basalto	2.3	1.5	SR	SP	M			
IND	Indeterminado	2.1	1.2	SR	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.8	1.2	SA	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.8	1.8	SA	E	MMM			
I	Diorita	6.2	3.2	R	SD	M			
V	Basalto	2	1.1	SR	SD	M			
V	Basalto	2.4	1.2	SR	P	M			
V	Indeterminado	2.2	0.5	SA	D	MM			
IND	Indeterminado	1.6	0.8	A	SD	MMM			
V	Basalto	3.4	1.9	SR	SD	LM			
IND	Indeterminado	2.2	1.2	SR	SP	MMM			
IND	Indeterminado	3.4	1.8	R	SP	MMM			
V	Basalto	2.7	1	SA	D	M			
IND	Indeterminado	2.1	1	SR	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.8	0.8	R	D	MMM			
IND	Indeterminado	2.2	0.8	R	SP	MMM			
IND	Indeterminado	1.4	0.8	SR	D	MMM			
V	Basalto	1.4	0.7	SA	SP	LM			
IND	Indeterminado	2.2	0.9	SA	SP	MMM			
IND	Indeterminado	1.6	0.7	A	D	MMM			
IND	Indeterminado	2.1	0.9	SR	P	MMM			
IND	Indeterminado	2.1	0.9	SA	D	MMM			
IND	Indeterminado	1.5	0.9	R	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.4	0.7	R	SD	MMM			
IND	Indeterminado	2.1	0.8	SA	D	MMM			
V	Basalto	2.5	1.5	SA	P	M			
IND	Indeterminado	2	0.8	A	D	MMM			
V	Basalto	1.4	0.8	SA	P	LM			
IND	Indeterminado	2.5	1.3	R	D	MMM			
IND	Indeterminado	2.2	0.7	R	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.7	0.8	SA	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.4	0.9	SA	P	M			
V	Basalto	1.5	0.8	SR	SD	M			
IND	Indeterminado	1.7	0.6	A	D	MMM			

Afloramiento		310118-G4			Coordenadas	622108 E / 1058130 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	31/01/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Basalto	1.5	0.7	SA	P	MM		
IND	Indeterminado	1.5	0.9	A	SD	MMM		

Afloramiento		270218-G5			Coordenadas	619172 E / 1061975 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	27/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Lutita	3.2	1.4	A	P	M		
V	Andesita	4.2	1.9	A	P	MM		
V	Andesita	2.2	1	R	SD	S		
S	Mineral	1.6	1	MA	P	S		
V	Andesita	3	1.5	A	SP	MM		
S	Lutita	3.2	1	A	SP	LM		
I	Gabro	5.2	3	R	SP	LM		
I	Gabro	6.8	3.2	SR	D	LM		
V	Andesita basáltica	4	3.8	R	E	S		
V	Andesita basáltica	7	4	R	SP	M		
IND	Indeterminada	4.3	2.8	A	D	MMM		
I	Gabro	6	5	BR	SD	LM		
S	Arenisca	6.6	2.1	A	P	S		
IND	Indeterminada	2.9	1.3	SA	SP	MMM		
I	Gabro	2	1.2	SR	SD	M		
I	Gabro	2	1.3	BR	E	LM		
IND	Indeterminada	3	2	R	SP	MMM		
V	Andesita	3.5	1.7	R	SP	MM		
V	Andesita	3	1.2	SR	SD	LM		
V	Andesita	4.3	1.3	BR	SP	LM		
IND	Indeterminada	3.6	1.4	A	P	MMM		
S	Lutita	4.8	2	SA	P	S		
V	Andesita	3.2	2	SR	SP	MM		
V	Andesita	3	1.8	A	P	LM		
V	Andesita basáltica	3.9	1.6	BR	SP	LM		
S	Brecha	2.8	1.3	MA	SD	S		
V	Basalto	2.9	1.1	R	SP	S		
I	Diorita	2.2	1.2	BR	SD	LM		
V	Basalto	2.4	1.2	SA	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.6	1	A	SD	MM		
I	Gabro	3.9	2	R	SD	M		
IND	Indeterminada	3.9	1.2	A	SD	MMM		
I	Diorita	4.1	2	SR	SD	LM		
S	Lutita	2	1.2	A	SD	M		
I	Gabro	2.1	0.9	SR	D	MMM		
IND	Indeterminada	3.3	1	A	T	MMM		
S	Brecha	2	1	R	SP	M		
IND	Indeterminada	2.1	0.9	BR	P	MMM		
IND	Indeterminada	2.4	1.6	A	E	MMM		
V	Riolita	2.2	1.4	R	E	MMM		

Afloramiento		270218-G5			Coordenadas	619172 E / 1061975 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	27/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	4.6	1.6	A	SD	MM		
I	Diorita	3	1.4	SR	SD	M		
S	Arenisca	2	1	R	SP	M		
IND	Indeterminada	3	0.8	A	P	MMM		
V	Andesita	16	0.9	SR	SP	S		
IND	Indeterminada	1.6	1	SR	SD	MMM		
S	Arenisca	3.2	1.2	A	P	M		
IND	Indeterminada	2.1	0.9	SR	D	MMM		
V	Andesita	1.4	0.7	A	SD	MMM		
V	Basalto	4	0.9	A	D	MM		
V	Andesita	3.9	1.5	R	SP	MM		
S	Mineral	1.3	0.9	A	SD	M		
S	Arenisca	0.7	0.6	SA	D	M		
IND	Indeterminada	2.4	0.5	A	P	MMM		
V	Andesita	1.9	0.9	A	SP	MM		
S	Brecha	1.8	0.9	SR	D	M		
IND	Indeterminada	1.7	0.9	A	SP	MMM		
S	Arenisca	2.8	1	R	D	M		
IND	Indeterminada	2.1	1	R	SP	MMM		
S	Brecha	2.3	1.4	R	SP	LM		
IND	Indeterminada	2.8	0.9	R	D	MMM		
V	Basalto	1.4	0.8	SR	SP	S		
V	Andesita	1.2	0.7	A	D	MMM		
S	Lutita	1.7	1	MA	P	M		
IND	Indeterminada	1.9	1.2	A	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.2	0.6	MA	SP	MMM		
IND	Indeterminada	2.3	1	BR	SP	MMM		
IND	Indeterminada	2.4	0.7	MA	D	MMM		
S	Lutita	1.9	0.8	R	SD	S		
S	Lutita	1.1	0.6	MA	SD	LM		
IND	Indeterminada	3	1.3	R	SP	MMM		
I	Gabro	2.1	0.9	SA	D	LM		
V	Basalto	1.7	1.1	SR	E	MMM		
IND	Indeterminada	1.8	0.6	MA	D	MMM		
I	Gabro	1.5	0.6	R	P	M		
IND	Indeterminada	1.8	0.4	MA	P	MMM		
S	Lutita	2.1	1	SR	SD	LM		
IND	Indeterminada	1.5	0.6	R	SD	MMM		
S	Mineral	2	0.8	MA	P	S		
IND	Indeterminada	1.6	0.7	SR	SP	MMM		

Afloramiento		270218-G5			Coordenadas	619172 E / 1061975 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	27/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminada	2.8	1	MA	P	MMM		
S	Arenisca	1.7	1.1	R	SD	M		
V	Andesita basáltica	1.4	1	SR	SD	MM		
V	Basalto	2.2	0.9	SA	P	M		
S	Mineral	1.9	0.7	MA	D	M		
IND	Indeterminada	2.9	1.1	A	P	MMM		
IND	Indeterminada	1.3	0.7	SA	SD	MMM		
S	Arenisca	1.8	0.5	MA	D	MM		
V	Andesita basáltica	1.3	0.7	BR	SD	M		
V	Andesita	1.4	1.1	SA	SP	M		
I	Gabro	2.7	1.3	SA	P	M		
I	Gabro	1.9	0.7	SR	SP	MM		
IND	Indeterminada	2	0.9	MA	P	MMM		
IND	Indeterminada	1.4	0.7	A	D	MMM		
S	Mineral	1.6	0.6	MA	D	M		
S	Mineral	1.4	1	MA	D	M		
S	Brecha	2	0.7	R	SP	MM		
IND	Indeterminada	1.6	0.8	BR	D	MMM		
V	Andesita	1.4	0.9	SR	SD	M		
IND	Indeterminada	1.3	1	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.6	0.6	SA	D	MMM		
I	Gabro	2.8	1.4	BR	D	M		
V	Andesita	1.9	0.9	SR	SP	M		
S	Arenisca	1.7	0.9	SR	SD	M		
I	Gabro	2.2	1.7	R	SP	M		
I	Gabro	2	1	SR	SD	M		
IND	Indeterminada	1.9	1	BR	SD	MM		
V	Andesita	2.4	1.2	SR	E	M		
S	Arenisca	2.1	0.9	A	SD	LM		
IND	Indeterminada	2.2	2	A	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.8	0.8	MA	SP	MMM		
I	Gabro	1.7	1	BR	SD	M		
S	Brecha	1.8	1.3	MA	SD	M		
IND	Indeterminada	1.4	0.4	A	D	MMM		
IND	Indeterminada	1.5	1.1	MA	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	1.7	0.7	SA	D	M		

Afloramiento		280218-G6			Coordenadas	624231 E / 1073546 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	28/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	7	5.3	BR	E	M		
V	Andesita	5.2	3.1	SA	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	6.1	2.7	SA	SP	MM		
V	Andesita	3.9	2.1	SR	SP	MM		
V	Andesita	4.2	3.9	SR	SD	M		
V	Andesita	0.3	5	R	D	MMM		
V	Andesita	7.3	3	SR	P	M		
V	Andesita	5.1	3.9	SA	SP	MM		
S	Lutita	4.9	3.2	SR	E	MMM		
IND	Indeterminada	4	3	BR	SD	MM		
V	Andesita	4.9	4.1	SA	SP	MM		
V	Andesita	3.2	3	SA	SD	MM		
S	Lutita	3	1.2	A	SD	MM		
IND	Indeterminada	3.1	1.8	SA	P	M		
V	Andesita	3.1	2.9	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminada	2.2	1.8	A	SP	MMM		
V	Andesita	2	2	BR	E	MMM		
V	Andesita	4	2.1	SR	P	MMM		
V	Andesita	1.7	1.2	A	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.9	1.2	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.9	1.1	A	SD	MMM		
V	Andesita	2.1	1.1	A	P	MMM		
IND	Indeterminada	3	1.9	SR	SP	MMM		
V	Andesita	1.8	1.2	SA	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.2	1	SR	SP	MMM		
V	Andesita	2.2	1.4	A	D	MM		
V	Basalto-andesita	2.6	1.6	SR	P	M		
S	Lutita	1.8	1.4	A	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.4	1.2	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1.4	0.8	A	SP	MMM		
V	Andesita	3.9	3.2	SA	SD	MM		
V	Andesita	3	2.8	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminada	3.4	1.4	SR	P	MMM		
V	Andesita	1.8	1.2	SR	SD	MMM		
V	Andesita	2.2	1.6	SA	SP	MM		
V	Andesita	1.6	1.4	SR	SD	MM		
V	Andesita	1.6	1.2	SA	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.5	1	SR	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.2	0.9	R	SD	MMM		
V	Andesita	2.8	1.6	R	SP	MM		

Afloramiento		280218-G6			Coordenadas	624231 E / 1073546 N		
Área de estudio		Valle de Tamanca			Fecha	28/02/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminada	5.1	3.2	R	SP	MM		
S	Sílice	2.8	1.7	SA	SD	S		
IND	Indeterminada	2.2	1.8	SA	SD	MM		
V	Andesita	2.4	2	R	E	M		
V	Andesita	1.7	1.4	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminada	2	1.2	A	SD	MMM		
V	Andesita	1.8	1.6	R	SD	MM		
V	Andesita	1.8	1.2	R	SP	M		
S	Lutita	1.6	1	A	D			
IND	Indeterminada	1.8	1.4	R	SD	M		
S	Lutita	1.9	1.2	SA	SD	M		
V	Andesita	1.3	0.9	SA	SD			
S	Lutita	1.2	0.6	SA	SP	MM		
V	Basalto	2	1.6	SR	SD	MM		
V	Piroclastico	2	1.4	A	SD			
IND	Indeterminada	1	0.9	SA	SD			
V	Andesita	1.6	1	SR	SD	MM		
V	Basalto	2	1.6	A	SD			
V	Basalto	1.5	1	A	SD	MM		
V	Andesita	1.4	1.2	SR	SD	MMM		
V	Andesita	1.8	1.1	SA	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.4	1	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminada	1	1.1	R	SD			
V	Basalto	1.6	1.4	SA	SD			
V	Andesita	2.8	1.4	A	SD	MM		
IND	Indeterminada	2.2	1.3	SA	SP	MMM		
V	Andesita	1.4	1.2	SR	E	M		
V	Andesita	1.4	1.2	SA	SD	MM		
IND	Indeterminada	1.2	0.8	A	SP	MMM		
IND	Indeterminada	1.3	1	A	SD	MMM		
V	Basalto	1.8	1.1	A	SP	MM		

## 2.2. Grillas sector Turrialba

Afloramiento		281118-G1			Coordeadas	549356 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	5.6	3.4	BR	SD	M		
IND	Indeterminado	5.8	3	BR	SP	MMM		
V	Andesita	3.1	1.5	BR	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.6	1.8	BR	D	MMM		
V	Andesita	1.8	0.5	BR	D	MM		
V	Andesita	8.4	4.6	R	SD	M		
IND	Indeterminado	4	2	BR	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.2	0.6	R	D	MMM		
V	Andesita	2.1	1.3	R	SP	M		
IND	Indeterminado	1.2	1	BR	E	MMM		
S	Lutita	4.9	3	SA	D	M		
V	Andesita	5.4	3.8	R	D	LM		
IND	Indeterminado	4	1.7	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.2	0.8	BR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1	SR	SP	MMM		
V	Riolita	5.8	3.6	R	SD	LM		
S	Lutita	1.1	0.6	BR	D	M		
S	Lutita	1.4	0.6	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	3.3	1.6	BR	SP	MMM		
S	Lutita	3.5	1.4	R	P	LM		
IND	Indeterminado	3.2	1.6	BR	D	MMM		
IND	Indeterminado	4.9	2	R	D	MMM		
S	Arenisca	1.6	0.6	R	SP	MM		
V	Indeterminado	1.8	0.8	BR	SP	MMM		
V	Andesita	2.4	1	BR	SD	MM		
V	Indeterminado	1.4	0.4	SR	P	MMM		
S	Arenisca	5.6	2.9	SR	P	M		
S	Lutita	2.4	1.3	BR	D	MM		
IND	Indeterminado	3.6	1.1	BR	P	MMM		
IND	Indeterminado	3	1.2	R	D	MMM		
V	Basalto	1.1	0.8	SA	SP	M		
V	Andesita	4	3.2	BR	E	M		
IND	Indeterminado	3.7	1.6	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.7	0.9	BR	SP	MM		
IND	Indeterminado	3.2	1	R	D	MMM		
S	Lutita	2.8	1.5	SA	SP	M		
V	Andesita basáltica	3.7	1.8	SA	SP	LM		
V	Andesita basáltica	1.8	1	SA	SD	M		
IND	Indeterminado	1.7	1.3	SR	SD	MMM		

Afloramiento		281118-G1			Coordeadas	549356 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	2	0.8	SR	SP	M		
V	Andesita	1.5	0.7	SA	D	MM		
V	Andesita	1.6	0.8	SR	D	S		
IND	Indeterminado	2.1	0.3	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	2	0.9	SR	SP	MMM		
S	Arenisca	1.9	1.9	BR	E	MM		
IND	Indeterminado	1.5	0.9	BR	SD	MMM		
S	Arenisca	2.5	1.5	SA	SP	M		
V	Andesita	1.3	0.9	R	SP	MM		
S	Lutita	1.4	1.1	R	D	M		
IND	Indeterminado	1.9	1.1	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	1.1	SR	SP	MMM		
S	Arenisca	2.3	1.1	R	D	M		
V	Toba	1.7	0.8	R	SP	M		
IND	Indeterminado	1.6	1	R	SD	MMM		
V	Basalto	1.7	1.1	SR	SP	M		
S	Lutita	2.1	1.2	SR	SP	LM		
S	Lutita	2	1.4	BR	E	M		
V	Indeterminado	1.7	1.1	BR	SD	MM		
V	Andesita	2.1	1	BR	SP	LM		
V	Indeterminado	1.7	0.6	BR	D	MM		
IND	Indeterminado	1.7	1	SA	SP	M		
S	Lutita	1.3	1.1	R	D	LM		
IND	Indeterminado	1.2	0.8	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.7	0.8	R	SD	M		
V	Indeterminado	1	0.3	BR	D	MMM		
S	Lutita	1	0.7	SR	P	LM		
V	Andesita	2.6	1.3	R	D	LM		
V	Andesita	1.4	0.6	SR	SP	MM		
V	Andesita	1.2	0.6	SR	SD	MM		
V	Andesita	1.5	0.6	BR	D	MM		
IND	Indeterminado	1.8	0.7	BR	SP	MMM		
S	Arenisca	1.2	0.6	SR	SP	M		
S	Lutita	1.8	1	R	P	M		
IND	Indeterminado	1.2	0.7	SR	SD	MMM		
S	Lutita	1.3	0.6	R	D	M		
V	Andesita	1.6	0.8	SR	P	M		
V	Andesita	2.2	1	SR	SP	LM		
IND	Indeterminado	2.7	1	SR	SP	MMM		
S	Lutita	1.6	0.7	R	SP	LM		

Afloramiento		281118-G1			Coordedadas	549356 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Lutita	2.6	0.8	R	P	M		
V	Andesita	2.3	0.3	R	D	M		
V	Indeterminado	1.6	1.4	BR	E	MM		
S	Lutita	2	1.1	SR	P	M		
S	Lutita	1.4	0.6	BR	D	M		
V	Andesita	2.2	1	R	D	MM		
V	Andesita	1.3	0.6	SR	D	MM		
V	Andesita basáltica	3	1.4	R	SP	LM		
V	Andesita	1.5	1	BR	E	M		
	Andesita	1.3	0.6	SR	D	LM		
IND	Indeterminado	2	0.8	SR	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	2.8	1.1	SA	SD	MM		
S	Lutita	1.3	1.1	SA	P	M		
S	Lutita	2	0.7	R	D	LM		
IND	Indeterminado	1.6	0.6	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.8	SA	D	MMM		
S	Arenisca	2.3	0.9	SA	E	M		
IND	Indeterminado	2.5	1	BR	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.7	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.8	SA	E	MMM		
IND	Indeterminado	0.9	0.6	SA	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.8	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.6	SR	SP	MMM		
S	Lutita	1.4	0.6	SR	P	M		
IND	Indeterminado	1.4	1	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.8	SA	P	MMM		
IND	Indeterminado	1.7	0.3	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	R	P	MMM		
S	Lutita	2.1	1	SA	SP	LM		
V	Basalto	2.5	0.8	R	P	M		
S	Lutita	1.5	0.7	SR	P	S		
V	Basalto	1.4	0.8	SR	D	MM		
S	Lutita	1.4	0.9	BR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.6	0.7	BR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.5	BR	D	MMM		
S	Lutita	1.2	0.7	SA	P	LM		
IND	Indeterminado	1.3	1.1	R	SD	MMM		
V	Dacita	1	0.9	SA	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.2	1.1	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	1.3	R	SP	MMM		

Afloramiento		281118-G1			Coordeadas	549356 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado met	Descripción Breve	Muestra
S	Lutita	1.5	0.8	SR	P	MM		
IND	Indeterminado	0.9	0.4	SR	SP	MMM		

Afloramiento		281118-G2			Coordenadas	541589 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Indeterminado	6.5	3	A	SD	MM		
V	Andesita	10	6.9	SR	SP	LM		
V	Andesita	7.3	4	R	SD	MM		
V	Andesita	5.2	3	SR	P	MM		
V	Andesita	3.3	2	A	P	MM		
V	Andesita basáltica	3.3	3.2	A	P	MM		
V	Indeterminado	3.9	3	SR	D	MM		
V	Riolita	4	2	SA	SP	LM		
V	Andesita	3.9	1.3	SA	SP	LM		
V	Andesita	3	2.9	SR	SP	LM		
V	Andesita	3.1	2.1	SR	SD	M		
V	Andesita	2.1	1	SA	SP	M		
V	Andesita	3	2	SR	E	M		
IND	Indeterminado	2.8	0.8	SA	D	MMM		
V	Andesita	0.9	0.6	SA	E	MM		
IND	Indeterminado	2.2	1.3	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.8	R	P	MMM		
V	Andesita basáltica	2	1	A	P	M		
V	Andesita	1.2	0.8	SR	E	MM		
V	Andesita	2.1	0.8	SR	P	MM		
V	Indeterminado	2	1.4	SR	SD	MM		
V	Andesita	3.9	1.6	SR	SP	M		
IND	Indeterminado	3.1	1.9	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.7	R	D	MMM		
V	Andesita	2.1	0.8	SA	D	MM		
V	Andesita basáltica	1.5	1.1	R	E	M		
IND	Indeterminado	1.6	0.5	SR	D	MMM		
V	Andesita	1.8	0.5	SA	P	MM		
V	Andesita	1.4	0.7	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.1	0.9	SA	SP	MMM		
V	Andesita	1.6	0.5	SA	P	M		
IND	Indeterminado	1.3	0.4	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.6	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.4	1	BR	SP	M		
V	Andesita	3.2	1.1	SA	SP	M		
S	Arenisca	2	1.7	SR	SD	LM		
V	Indeterminado	1.6	0.6	R	D	MM		
IND	Indeterminado	1.4	0.8	SA	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	1.8	1.1	SR	SP	M		

Afloramiento		281118-G2			Coordenadas	541589 E / 1100609 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	28/11/2018		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	1.5	1.4	SA	SP	M		
IND	Indeterminado	1.6	1.1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.8	SA	SP	MMM		
V	Andesita	1.2	1	SR	D	M		
V	Andesita	1.6	0.6	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.2	0.5	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.6	SR	SP	MMM		
V	Andesita	1.4	0.7	SA	SD	MM		
V	Indeterminado	1.5	0.6	SA	SP	MMM		

Afloramiento		160119-G4			Coordenadas	537382 E / 1096127 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	16/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita basáltica	6.3	5	R	SP	LM		
V	Indeterminado	3.8	3	SA	SP	MMM		
V	Andesita	2.8	1.3	SR	SP	MM		
V	Andesita basáltica	1.8	1	SR	SP	MM		
V	Andesita basáltica	3.5	2.1	R	SP	LM		
V	Andesita	4	1.5	SA	P	M		
S	Lutita	2.3	1.3	SA	P	LM		
IND	Indeterminado	1.3	9.3	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	3.5	1	A	P	MMM		
V	Andesita	3	1.8	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.9	2	SR	E	MMM		
V	Andesita	2	1.5	SR	SP	M		
V	Indeterminado	3	1	SA	P	MM		
V	Andesita	1.5	1	SR	E	LM		
V	Andesita	2	1	A	SP	M		
V	Indeterminado	1.8	0.8	SR	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	R	E	MMM		
V	Indeterminado	1.5	0.8	SR	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.5	0.8	SR	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	3	2	SR	E	LM		
IND	Indeterminado	1.9	1	BR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.9	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1.5	A	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.25	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	3.3	1	SA	P	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.3	SA	SP	MMM		
V	Andesita	2.5	SR	D	M			
V	Basalto	1.5	1	SA	P	LM		
V	Indeterminado	1.5	1	SA	P	MM		
V	Basalto	1.25	1	A	SD	M		
V	Basalto	1.5	1.1	R	SD	LM		
IND	Indeterminado	1.5	1	SR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1	SA	E	MMM		
V	Indeterminado	1.5	1	SR	E	MM		
V	Andesita	2	1	R	P	LM		
IND	Indeterminado	3	0.8	SR	D	MMM		
V	Indeterminado	1.8	1.1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1	R	SD	MMM		
V	Basalto	1.8	0.8	A	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SR	SP	MMM		

Afloramiento		160119-G4			Coordenadas	537382 E / 1096127 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	16/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
S	Lutita	2	0.8	SA	D	S		
V	Andesita	1.3	0.6	SR	P	M		
V	Basalto	1.8	0.8	SA	P	LM		
V	Basalto	1.9	0.9	SA	SP	LM		
V	Indeterminado	2.1	1.4	R	SD	MMM		
S	Arenisca	1.8	1	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.3	0.8	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.1	0.75	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	1	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	5	4	BR	SD	MMM		
S	Lutita	3.5	1.5	SA	SP	LM		
IND	Indeterminado	3	1.4	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	0.9	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.3	R	SP	MMM		
V	Andesita	2.5	1	R	D	M		
IND	Indeterminado	1.6	0.7	R	D	MMM		
V	Andesita	3	1.3	SR	SP	M		
V	Indeterminado	2.3	1	BR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.3	1	R	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.9	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.7	0.8	SR	D	MMM		
V	Indeterminado	1.3	0.8	R	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.4	1	SR	E	MMM		
V	Andesita	1.8	0.8	SA	D	M		
IND	Indeterminado	3.1	1	A	P	MMM		
V	Indeterminado	1.1	1	SR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.9	R	E	MMM		
V	Andesita basáltica	2.5	1.3	A	D	M		
IND	Indeterminado	2	1.25	SR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.7	BR	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	1	SR	E	MMM		
V	Indeterminado	1.6	0.9	SA	P	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SR	D	MMM		
V	Indeterminado	1.8	1.1	SR	E	MMM		
IND	Indeterminado	2.1	0.7	SA	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.9	0.5	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	2	0.8	SA	SD	MMM		
V	Indeterminado	1.5	1	R	E	MMM		
IND	Indeterminado	2.9	1	SA	P	MMM		

Afloramiento		160119-G4			Coordenadas	537382 E / 1096127 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	16/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	1.1	0.8	R	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.1	0.5	R	E	MMM		

Afloramiento		230119-G5			Coordenadas	532500 E / 1086950 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	23/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
I	Gabro	5.75	3.5	SR	SP	LM		
V	Indeterminado	4.9	2	SA	SD	MMM		
V	Andesita basáltica	5.5	3	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	4.3	2.5	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	3.1	1.8	BR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	3.4	1.4	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.5	1	SA	P	MMM		
V	Andesita basáltica	5	1.7	SR	D	LM		
IND	Indeterminado	3	1.3	SA	SP	MMM		
V	Indeterminado	4	2.8	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	6	2.2	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.5	0.8	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.75	0.4	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	3	2	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.5	0.7	R	SD	MM		
V	Basalto	6.1	3.2	R	P	M		
V	Indeterminado	1.8	1.2	R	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	0.8	R	SP	MMM		
V	Andesita	3.8	1.8	SA	P	MM		
V	Andesita basáltica	2.1	0.9	R	D	MM		
V	Andesita	1.9	1.1	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SA	SP	MMM		
I	Gabro	2	0.7	R	D	LM		
IND	Indeterminado	2	0.8	SR	SP	MMM		
V	Andesita	2.3	1	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.2	0.8	SA	SD	MMM		
V	Andesita	2.4	0.6	R	D	MM		
V	Indeterminado	3	1.4	A	P	MMM		
V	Indeterminado	1.6	1.3	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1.2	SR	SP	MMM		
V	Andesita	3.6	1.1	SA	D	MM		
V	Indeterminado	1.7	0.9	SR	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	1.2	SA	P	MMM		
V	Indeterminado	2.7	0.8	R	SP	MMM		
V	Indeterminado	2.9	0.8	SR	SP	MM		
I	Gabro	3.9	1.2	SR	P	S		
V	Andesita	4.2	2	SA	P	MM		
V	Andesita	1.7	1.1	A	P	MM		
IND	Indeterminado	3.4	1.3	SR	P	MMM		
V	Indeterminado	1.4	0.8	A	SD	MMM		

Afloramiento		230119-G5			Coordenadas	532500 E / 1086950 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	23/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita basáltica	3.2	0.9	SR	P	S		
I	Gabro	3.1	0.7	R	P	M		
IND	Indeterminado	2.2	0.8	SA	P	MMM		
V	Andesita	1.7	1	R	E	M		
V	Andesita basáltica	3.5	1.2	SR	D	MM		
IND	Indeterminado	1.7	0.3	R	D	MMM		
V	Andesita	1.8	1	SR	E	MM		
V	Indeterminado	1.4	1	R	SD	MM		
V	Andesita	1.9	0.9	SP	R	MM		
IND	Indeterminado	2.8	1.5	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.1	0.9	SA	D	MMM		
V	Indeterminado	2	0.9	R	SP	MMM		
V	Andesita	1.4	0.5	SA	D	MM		
V	Andesita basáltica	2.6	1.1	SA	P	M		
S	Lutita	1.2	0.6	SR	D	MM		
V	Indeterminado	2	1	SR	D	MMM		
V	Andesita	1.9	1	SA	SP	MM		
V	Indeterminado	2	0.7	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.8	R	D	MMM		
V	Andesita	2.6	0.8	SA	SP	M		
V	Basalto	2.2	1.8	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	2	1.2	R	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	1	R	E	MMM		
V	Indeterminado	1.6	0.6	SA	D	MMM		
V	Indeterminado	1.7	0.8	SA	SP	MMM		
V	Andesita	1.6	0.8	SR	D	M		
IND	Indeterminado	2	1.1	SR	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.4	0.8	A	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.5	0.8	BR	D	MMM		
V	Indeterminado	1.8	0.8	A	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.6	0.6	A	D	MMM		
V	Indeterminado	1.8	0.7	SA	D	MMM		
V	Indeterminado	1.3	0.3	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.7	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1	0.8	SR	E	MMM		
V	Andesita basáltica	1.4	0.7	SR	D	M		
IND	Indeterminado	2	0.8	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.2	1	SA	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	2.2	0.9	R	SP	LM		

Afloramiento		230119-G5			Coordenadas	532500 E / 1086950 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	23/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	1.6	0.9	SA	SP	MM		
V	Andesita basáltica	1.9	1.1	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.6	0.8	R	SP	MMM		
V	Andesita basáltica	2	0.9	R	SD	MM		
V	Indeterminado	2.1	1.4	SA	SP	MM		
V	Basalto	1.8	0.6	A	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.5	0.9	R	SD	MMM		
V	Andesita	1.7	1	SA	P	MM		
IND	Indeterminado	3.2	0.9	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.2	R	SP	MMM		
V	Indeterminado	3.2	1	R	P	MM		
IND	Indeterminado	3	0.8	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.7	BR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.7	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.2	1	SA	SP	MMM		
V	Indeterminado	2	0.6	R	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.1	1	SA	E	MMM		

Afloramiento		300119-G6			Coordenadas	541581 E / 1101810 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	30/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	6.4	3	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	3.3	1	A	P	MMM		
IND	Indeterminado	3	1.2	A	SP	MMM		
V	Andesita	4.6	4	SR	SD	MM		
V	Andesita	6	3.4	SA	SP	M		
V	Andesita	4.4	1.5	SR	P	MM		
V	Andesita	3	1	SA	P	MM		
IND	Indeterminado	2.5	1.2	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	2.3	1.7	SA	SP	MMM		
V	Indeterminado	2	1.1	SA	SD	MMM		
V	Basalto	4.3	3	SR	SD	MMM		
V	Andesita	5.2	2.3	SR	SP	MM		
V	Andesita basáltica	3	1.2	A	P	M		
IND	Indeterminado	5	2.2	SA	SP	MMM		
V	Andesita	4.9	1.4	SR	D	MM		
V	Basalto	2.3	1.5	SA	SP	S		
IND	Indeterminado	3.1	1.8	SA	SP	MMM		
V	Basalto	4.6	2.8	SA	SP	M		
IND	Indeterminado	3.3	1.5	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	3.2	1.4	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	3.9	1.5	SR	SD	MM		
V	Andesita basáltica	5.7	3	SA	E	MM		
IND	Indeterminado	2.3	2	SR	SP	MMM		
V	Andesita	2.4	2	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.2	1.5	A	E	MMM		
V	Andesita	2	1.2	A	SP	MM		
V	Basalto	1.8	1	SA	SP	MM		
V	Andesita basáltica	2.8	2.1	SA	SP	MM		
V	Andesita	3	1.8	SA	SD	M		
V	Andesita basáltica	2.5	1.4	SA	SP	M		
V	Andesita	2.2	1.7	SR	SD	M		
IND	Indeterminado	1.4	0.8	SA	E	MMM		
IND	Indeterminado	3.2	1.8	SA	SP	MMM		
V	Andesita	3.4	2	SR	D	MM		
V	Andesita	2.8	1.3	SA	D	LM		
V	Basalto	2.5	1.8	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.6	1.4	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.6	0.8	SR	D	MMM		
V	Basalto	2	1.6	SR	SP	LM		
IND	Indeterminado	2	1.3	SA	SP	MMM		

Afloramiento		300119-G6			Coordenadas	541581 E / 1101810 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	30/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	2.1	1.1	SR	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.6	1	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	0.8	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.2	2	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	1.1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1.2	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	1.3	SA	E	MMM		
V	Basalto	1.1	0.8	A	P	LM		
IND	Indeterminado	1.2	1.1	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	2.5	1.1	SA	D	MMM		
V	Indeterminado	2	1.1	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.4	SR	SP	MMM		
V	Andesita	1.6	1.2	SA	SP	M		
IND	Indeterminado	1.7	1	SR	SD	MMM		
V	Andesita	3	1.4	A	P	LM		
IND	Indeterminado	1.8	0.9	A	SP	MMM		
V	Basalto	1.4	0.6	R	D	MM		
IND	Indeterminado	1.8	1.1	A	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.2	1	SA	E	MMM		
IND	Indeterminado	2.2	1.4	SR	SD	MMM		
V	Andesita	1.8	1	SA	SP	M		
IND	Indeterminado	1.8	1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.6	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	1.4	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.3	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.2	SR	SD	MMM		
V	Basalto	2	1.5	SR	P	LM		
V	Andesita	1.4	0.8	SA	D	M		
IND	Indeterminado	2	1.1	SA	SD	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.3	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.5	SA	SP	MMM		
V	Basalto	2.2	0.6	SA	D	LM		
V	Andesita	1.5	1	SR	E	LM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	SR	SD	MMM		
I	Gabro	3.3	1.6	SR	P	M		
V	Andesita	1.8	1.2	SR	SP	MM		
V	Andesita basáltica	1.6	1.1	SA	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.5	0.8	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.6	SR	SD	MMM		
I	Gabro	1.4	1	R	SD	M		

Afloramiento		300119-G6			Coordenadas	541581 E / 1101810 N		
Área de estudio		Turrialba			Fecha	30/01/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
IND	Indeterminado	2	1.1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	0.7	SR	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.9	SR	SP	MMM		
V	Andesita	1.4	1.1	SA	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.9	1.2	SR	SD	MMM		
V	Basalto	2.4	1	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.2	0.6	SR	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.9	1.2	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.7	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.6	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.6	SR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.7	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.4	SR	E	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.5	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.9	SR	SD	MMM		

### 2.3. Grillas sector Reserva Biológica Hitoy Cerere

Afloramiento		190219-G1			Coordenadas		605770 E / 1068045 N	
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha		19/02/2019	
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Indeterminado	6.5	4.5	BR	SD	MM		
V	Andesita	6.8	3.5	BR	D	MM		
V	Andesita	3.4	1.2	SA	D	M		
V	Indeterminado	2.4	1	SA	D	MM		
V	Indeterminado	1.5	0.8	SA	SP	MM		

Afloramiento		200219-G2			Coordenadas	605583 E / 1067541 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	20/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
I	Gabro	8.2	5.6	R	SP	M		
I	Gabro	5.6	3	SR	SP	M		
I	Gabro	4.8	3	SR	SD	MM		
I	Gabro	2	1.4	SA	SP	MM		
I	Diorita	4.5	3.2	SA	D	MM		
V	Andesita basáltica	3.6	1.6	SR	SP	M		
I	Gabro	2.5	1	SR	D	MM		
IND	Indeterminado	2.4	1.6	R	SD	MMM		

Afloramiento		200219-G3			Coordenadas		606074 E / 1068929 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha		20/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra	
V	Basalto	5.8	3.4	BR	D	MM			
V	Basalto	6	4.2	BR	E	MM			
V	Basalto	5.6	5.6	BR	SP	M			
IND	Indeterminado	3.8	2	BR	SP	MM			
V	Basalto	2.8	1.2	BR	SD	MM			
V	Andesita	2.4	1.1	BR	D	MM			
V	Andesita	3	1.4	BR	SP	LM			
S	Arenisca	3.6	1.7	A	P	M			
V	Basalto	4.1	2.2	BR	SP	M			
I	Granito	2	1.5	BR	SP	MM			
V	Andesita	3.2	1.8	BR	D	M			
V	Indeterminado	4.3	2.4	BR	SD	MM			
V	Indeterminado	2	0.4	R	SD	MMM			
IND	Indeterminado	2	1.4	A	SP	MMM			
V	Basalto	1.9	0.8	SR	SP	MM			
V	Basalto	8.2	4.9	BR	SP	MM			
IND	Indeterminado	3	1.8	SR	SD	MMM			
IND	Indeterminado	2.9	1.8	R	SD	MM			
S	Lutita	1.8	1.4	SA	SP	M			
IND	Indeterminado	1	0.9	BR	SD	MMM			
V	Andesita	6.6	2.3	BR	SD	MM			
V	Indeterminado	1.3	0.5	SA	D	MM			
IND	Indeterminado	1.4	1	A	SP	MMM			
IND	Indeterminado	2	0.9	SA	P	MMM			
IND	Indeterminado	2	1.1	SR	SD	MMM			
IND	Indeterminado	1.6	0.7	SA	SD	MMM			
V	Indeterminado	2	1.3	BR	D	MMM			
V	Andesita	3.4	1.5	SA	SP	MM			
IND	Indeterminado	1.8	0.9	R	SD	MM			
IND	Indeterminado	2	1.2	SR	SD	MMM			
V	Indeterminado	5.2	3.1	BR	SD	MMM			
V	Basalto	4	2	BR	SD	M			
S	Lutita	2	1.2	BR	SP	LM			
V	Andesita	2.2	0.8	SR	D	M			
V	Basalto	2	1.2	SA	P	M			
IND	Indeterminado	3.3	1	R	SD	MMM			
V	Indeterminado	2.6	1.5	A	P	MM			
IND	Indeterminado	1.3	0.9	BR	E	MMM			
IND	Indeterminado	1.9	1	SR	P	MMM			
IND	Indeterminado	1.8	0.8	A	SP	MMM			

Afloramiento		200219-G3			Coordenadas	606074 E / 1068929 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	20/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Basalto	2.9	1.8	R	SP	LM		
IND	Indeterminado	1.3	1	BR	SD	MMM		
V	Indeterminado	1.4	0.9	BR	E	MMM		
V	Indeterminado	1.3	0.8	BR	SD	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.2	A	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.2	1	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2.4	1.4	A	SP	MMM		
V	Andesita	1.2	0.7	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	2.7	1	A	P	MMM		
V	Indeterminado	2.3	1.2	BR	SD	MMM		
V	Indeterminado	2	1.2	A	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.9	1.2	BR	E	MMM		
V	Basalto	1.9	1.1	SR	SP	MM		
V	Indeterminado	1.6	1	SR	SP	MM		
IND	Indeterminado	1.3	0.6	SA	P	MMM		
IND	Indeterminado	1.5	0.5	SA	SD	MMM		
V	Andesita	1.7	0.7	SA	P	MM		
IND	Indeterminado	1.3	1	A	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.5	A	P	MMM		
IND	Indeterminado	1.3	0.9	A	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.2	0.4	A	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.8	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.7	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.6	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	A	SD	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	0.9	A	SP	MMM		
IND	Indeterminado	1.4	1	A	SP	MMM		
S	Lutita	1.3	0.4	R	D	MM		
V	Indeterminado	1.8	0.7	BR	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.4	1.2	R	SP	MMM		

Afloramiento		210219-G4			Coordenadas	607984 E / 1068023 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	21/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
I	Gabro	8.4	6.6	BR	SD	S		
V	Diorita	6.6	4.6	R	SP	LM		
I	Diorita	7	5.6	BR	SD	M		
I	Diorita	8.2	5.8	BR	SP	MM		
V	Indeterminado	7.2	5.2	SR	SP	MMM		
I	Gabro	5.4	4.5	R	SD	MM		
I	Indeterminado	6.5	3	SR	SP	S		
V	Indeterminado	4.8	3.5	SR	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.4	1	SR	E	MMM		
V	Basalto	1.4	1	R	D	MM		
I	Gabro	4.4	2.8	R	SD	MMM		
V	Indeterminado	4.4	2	SR	SP	MMM		
V	Basalto	7.5	5	R	SP	M		
IND	Indeterminado	3.4	2.6	R	SD	MMM		

Afloramiento		210219-G5			Coordenadas	607958 E / 1068333 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	21/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita	6	4	BR	SP	MM		
V	Andesita	5	2.5	R	SP	LM		
IND	Indeterminado	3.8	1.5	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	2.5	1.5	R	E	MMM		
S	Lutita	1.6	1.4	SR	SP	M		
V	Andesita	3.6	1.2	R	SP	M		
IND	Indeterminado	2	0.5	A	D	MMM		
IND	Indeterminado	1.6	0.6	A	SD	MMM		
S	Arenisca	1.4	1.2	A	SP	MM		
V	Indeterminado	2	0.5	R	SP	MM		
IND	Indeterminado	3	1.4	SA	SP	MMM		
V	Indeterminado	1.5	1.2	SA	SD	MMM		
S	Arenisca	1	0.5	SA	D	MM		
IND	Indeterminado	1.5	0.8	SR	SP	MMM		
IND	Indeterminado	2	0.6	SA	SP	MMM		

Afloramiento		230219-G6			Coordenadas	605979 E / 1068743 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	23/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
V	Andesita basáltica	9.2	6.6	R	SD	M		
I	Indeterminado	4.5	3.5	BR	SD	MM		
I	Indeterminado	5.8	4	R	SP	MM		
I	Indeterminado	2.2	2	R	SD	MMM		
I	Diorita	4	3.2	R	SD	MM		
V	Basalto	4.4	3.8	R	D	S		
I	Diorita	3.5	2.2	SR	SP	MM		
V	Andesita	2.6	2.4	SR	D	MM		
I	Gabro	2.8	2.2	BR	SD	MM		
I	Gabro	3	2	SR	SP	MM		
I	Gabro	4	1.8	SR	SP	MM		
V	Indeterminado	4.4	2.2	SR	P	MM		
V	Basalto	2.6	1.5	R	P	MM		
I	Indeterminado	4.2	2	R	SP	MM		
V	Indeterminado	2.8	2.2	R	SP	MM		
V	Andesita	2.8	2	SA	E	S		
IND	Indeterminado	1.8	0.6	SA	D	MMM		
V	Andesita basáltica	2.4	0.6	BR	E	MM		
V	Indeterminado	2.2	0.4	SR	SD	MM		
IND	Indeterminado	1.8	0.8	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	3.5	3.5	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	3.8	2.8	SR	D	MM		
I	Indeterminado	5.8	2.6	R	P	MM		
V	Andesita basáltica	2.8	2.4	BR	D	MM		
V	Indeterminado	3	2.2	BR	SD	MM		
I	Gabro	3.8	3.4	BR	SD	MM		
IND	Indeterminado	2.5	1.8	SA	P	MMM		
IND	Indeterminado	3.8	1.6	SA	P	MMM		
I	Diorita	3.4	3.2	BR	D	MM		
V	Basalto	3.4	2	SA	P	MM		
IND	Indeterminado	2.8	0.6	SA	SP	MMM		
IND	Indeterminado	3.4	2.8	R	SP	MMM		
V	Basalto	3.2	2.6	R	SD	S		
I	Diorita	5.4	4	R	D	MM		
IND	Indeterminado	2.6	2.4	R	SD	MMM		
IND	Indeterminado	2.4	1.8	SR	D	MMM		
V	Basalto	2.6	2.4	R	D	M		
IND	Indeterminado	3.4	2.4	R	SP	MMM		
V	Indeterminado	2	1.8	SR	SP	MMM		
I	Gabro	2.2	2	SR	SP	LM		

Afloramiento		230219-G6			Coordenadas	605979 E / 1068743 N		
Área de estudio		Hitoy Cerere			Fecha	23/02/2019		
Tipo	Litología	Eje X	Eje Z	Redondez	Esfericidad	Grado Met	Descripción Breve	Muestra
I	Indeterminado	1.8	0.4	R	P	MMM		
IND	Indeterminado	2	1.6	SA	D	MMM		
IND	Indeterminado	2.8	1.6	SR	SP	MMM		
V	Basalto	1.6	0.4	R	D	MM		
IND	Indeterminado	2	0.4	R	SP	MMM		

## Anexo 3. Descripciones petrográficas de las muestras recolectadas de la Formación Suretka

### 3.1. Sector Valle de Talamanca

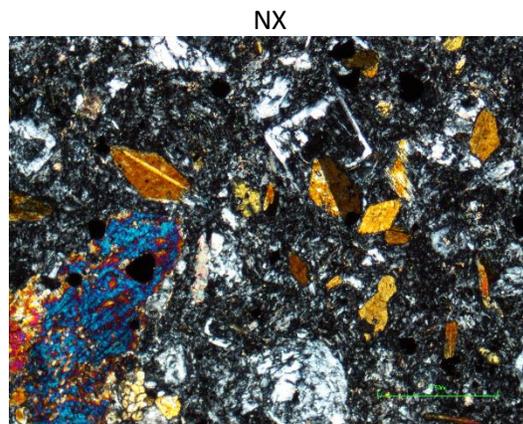
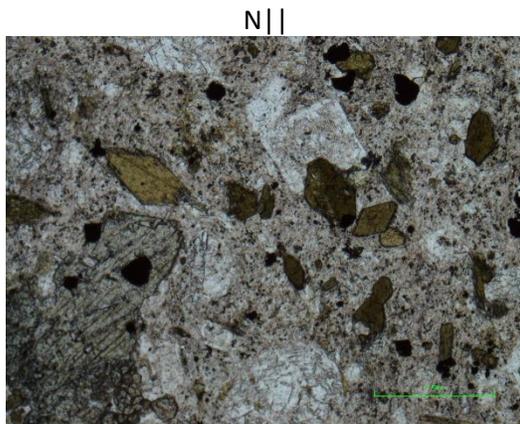
Código:	270218-01	Coordenadas:	655566 E / 176751 N
Área:	Valle de Talamanca	Afloramiento:	270218-G5

#### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color gris claro, con fenocristales de anfíboles alargados (< 1 mm), plagioclasa tabular (1x1 mm) y magnetita (< 1 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** Minerales máficos alterados a óxidos.
- **Nombre:** Andesita con anfíboles

#### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina porfirítica, con matriz de textura microlítica intergranular. La matriz contiene microlitos de cristales xenomórficos de opacos (0,05 x 0,05 mm) y plagioclasa.
- **Minerales:** Fenocristales idiomórficos de hornblenda verde columnar (1,44 x 0,6 mm), augita granular (0,96 x 0,6 mm), plagioclasa xenomórfica tabular (0,6 x 0,72 mm), sanidina granular (0,36 x 0,28 mm) y ortopiroxeno granular (0,43 x 0,24 mm).
- **Composición modal:** Hornblenda (23,1%), Sanidina (22,9%), matriz (20,5%), Plagioclasa (17,25%), Hipersteno (8,35%), Magnetita (4,7%) y Augita (3,2%).
- **Minerales de alteración:** Plagioclasas con alteración a sericita, posible cuarzo microcristalino como mineral secundario.
- **Minerales accesorios:** cristales de plagioclasa o sanidina como minerales accesorios dentro de hornblendas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con hornblenda y ortopiroxeno.



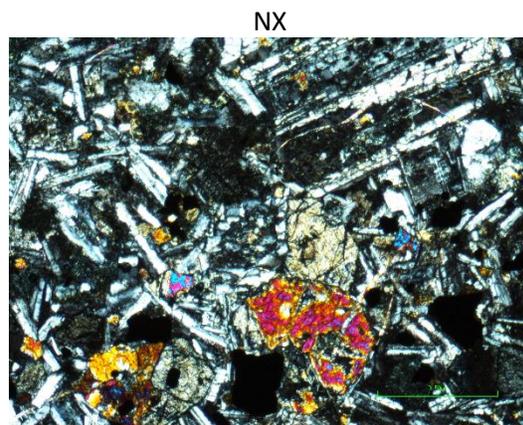
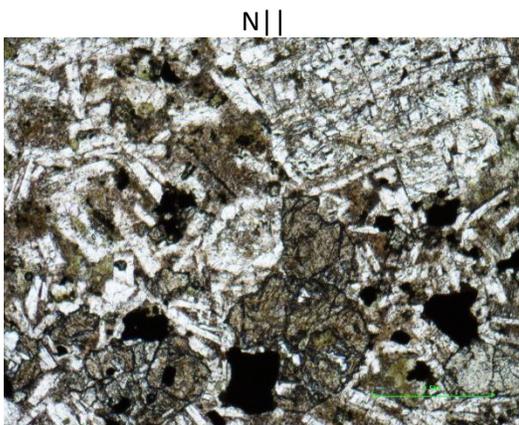
Código:	270218-03	Coordenadas:	655566 E / 176751 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	270218-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris claro, con fenocristales de plagioclasa tabular (1,5 x 1 mm), piroxenos granulares (1 x 0,5 mm), magnetita granular (< 0,5 mm) y olivino granular alterado a óxidos (< 0,5 mm).
- **Nombre:** Andesita basáltica

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica porfirítica con matriz de textura intersertal.
- **Minerales:** fenocristales de plagioclasa tabular (2,04 x 0,84 mm), augita idiomórfica tabular y granular (1,20 x 0,64 mm), olivino granular idiomórfico (0,88 x 0,29 mm) y magnetita xenomórficos granulares (0,22 x 0,17 mm). En la matriz se observan microlitos de plagioclasa, augita y magnetita.
- **Composición modal:** Plagioclasa (60%), Augita (14,9%), matriz (9,3%), Olivino (5,15%) y Magnetita (4,4%).
- **Minerales de alteración:** Algunos cristales de augita han sido reemplazados por uralita xenomórfica granular (0,72 x 0,60 mm), las plagioclasas presentan seritización. Zeolita como mineral secundario ocupando espacios, vetas rellenas de calcita.
- **Nombre de la roca:** Andesita basáltica



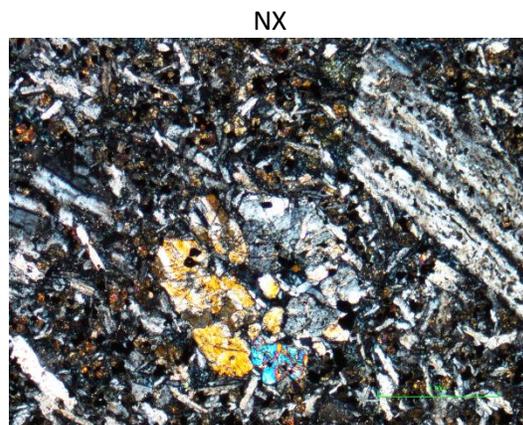
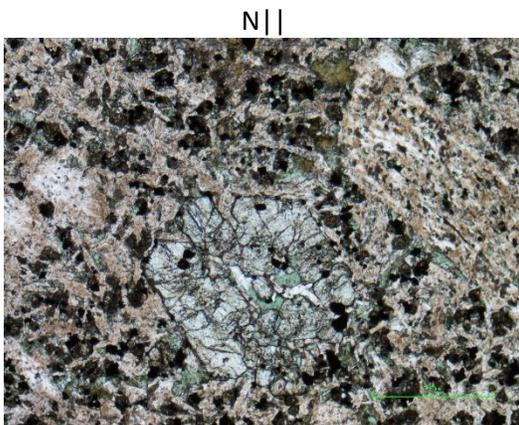
Código:	280218-04	Coordenadas:	660610 E / 188329 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	280218-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris claro, con fenocristales de plagioclasa tabular (2 x 1 mm), piroxenos granulares (1 x 0,5 mm), magnetita granular (< 0,5 mm) y olivino granular alterado a óxidos (0,5 x 0,5 mm).
- **Alteraciones:** Piroxenos presentan óxidos como alteración.
- **Nombre:** Andesita basáltica

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica con matriz de textura intersertal, posee microlitos de plagioclasa idiomórfica columnar (0,015 x 0,004 mm) y cristales idiomórficos granulares de opacos. La sección presenta una tonalidad rosada por meteorización, con abundante sericitización.
- **Minerales:** Plagioclasa hipidiomórfica tabular con textura cribosa (1,8 x 0,6 mm), augita idiomórfica granular (0,9 x 0,8 mm), olivino idiomórfico granular (0,38 x 0,26 mm) y opacos hipidiomórficos granulares (0,12 x 0,12 mm prom) dispuestos en glomerofenocristales junto con olivino.
- **Composición modal:** Plagioclasa (58,7%), Augita (10,1%), Opacos (5,3%) y Olivino (4,1%)
- **Contenido anortita:** 55% labradorita
- **Minerales de alteración:** Piroxenos alterados a uralita, nontronita en menor cantidad. Olivino alterado a iddingsita y nontronita. Plagioclasas con alto grado de sericitización. Epidota y clorita azul como minerales secundarios dispuestos por toda la sección. Calcita presente como reemplazo de plagioclasas.
- **Índices:** Q=0 A=0 P=100, M=19,5%
- **Minerales accesorios:**
- **Nombre de la roca:** Basalto



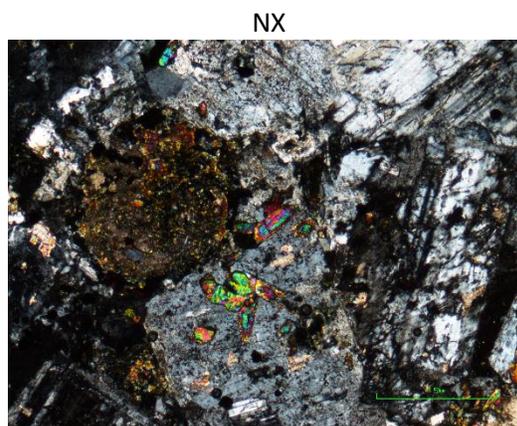
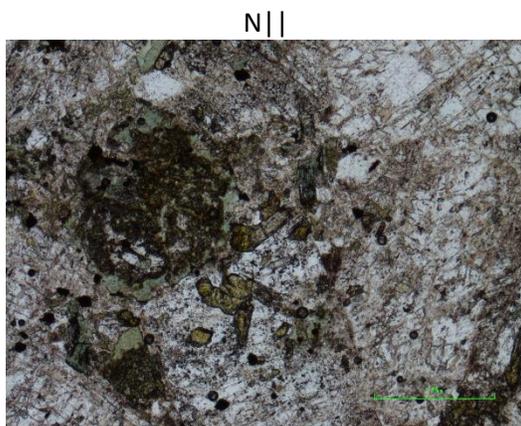
Código:	280218-07	Coordenadas:	660610 E / 188329 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	280218-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfírica, con fenocristales de piroxenos granulares alterados a clorita (1 x1 mm), plagioclasa tabular (1 x 0,5 mm), ortosa granular (2 x 1 mm) y magnetita (< 0,05 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos de hierro y cloritización de la roca.
- **Nombre:** Diorita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica porfírica.
- **Minerales:** Fenocristales de plagioclasa tabular idiomórfica (5,04 x 2,01 mm max), ortosa xenomórfica con macla de Karlsbad y zonación (2,88 x 1,32mm max), hornblendas columnares con alteración (0,07 x 0,03 mm), piroxenos pseudomórficos granulares (1,08 x 0,96 mm), opacos xenomórficos granulares (0,31 x 0,24 mm), hipersteno hipidiomórfico tabular (0,48 x 0,20 mm) y minerales accesorios como zircón (0,01 x 0,007 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (48,45%), Ortosa (27,45%), Uralita (12%), Hornblenda (6,65%), Opacos (2,75%), Hipersteno (2,4%) y Zircón (0,3)
- **Minerales de alteración:** Las plagioclasas y ortosas presentan alteración a sericita, uralita presente como alteración de piroxenos, clorita azul y calcita.
- **Índices:** Q=0 A=36,17 P=63,83, M=11,8%
- **Minerales accesorios:** Circones tabulares presentes en ortosas.
- **Nombre de la roca:** Monzonita.



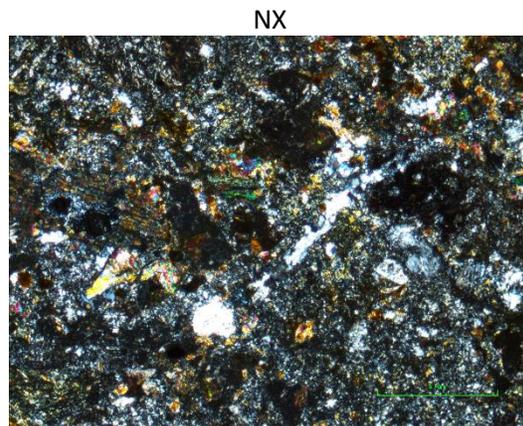
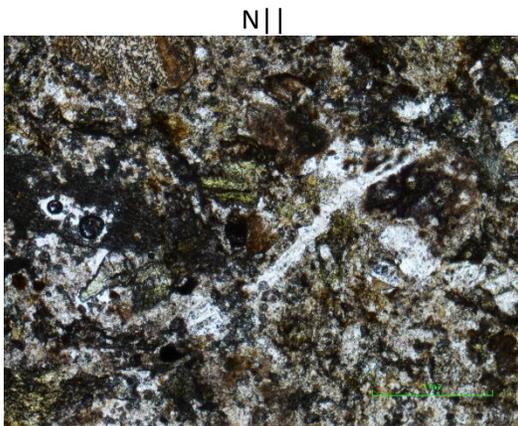
Código:	290118-02	Coordenadas:	656253 E / 171793 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	290118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Toba con matriz de ceniza color gris amarillento, con evidencias de meteorización y cristales de plagioclasa columnar alterada a sericita en baja frecuencia (1 mm max).
- **Alteraciones y pátinas:** Evidente meteorización de minerales máficos a óxidos.
- **Nombre:** Toba amarillenta con matriz de ceniza.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca con un alto nivel de alteración y coloración amarillenta, con pátinas de hematita en forma de filamentos. Los minerales observados se encuentran en distribución paralela a las vetas de hematita, con minerales hipidiomórficos fracturados.
- **Minerales:** Plagioclasa columnar idiomórfica (1,92 x 0.48 mm), epidota granular y tabular (0.96 x 0.96 mm), sanidina alterada idiomórfica granular (0.4 x 0.36 mm), hornblenda alterada tabular (1,44 x 0.53 mm), uralita alterando piroxenos (0.96 x 0.45 mm) con calcedonia presente en toda la sección en forma de vetas.
- **Composición modal:** Plagioclasa (44,65%), Epidota (22,25%), Clorita parda (15,5%), Augita (5,2%), Hornblenda (4,6%), Opacos (4,4%) y Hipersteno (3,4%).
- **Nombre de la roca:** Toba muy alterada con plagioclasa.



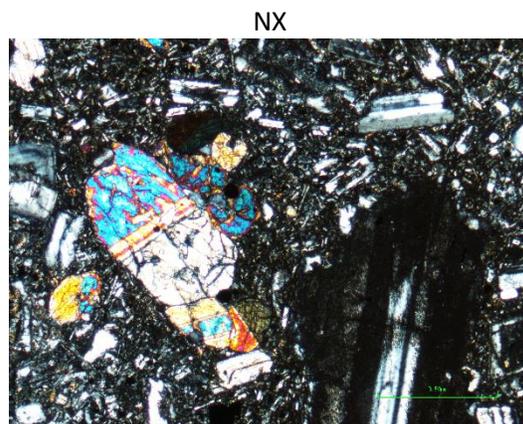
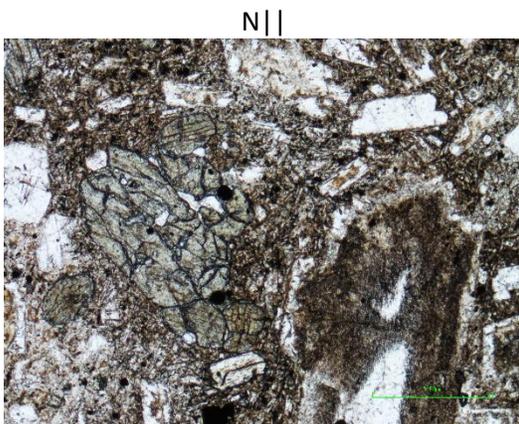
Código:	290118-03	Coordenadas:	656253 E / 171793 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	290118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color gris claro y un leve grado de meteorización, con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno. La plagioclasa es columnar idiomórfica, con longitud de 2 mm y una frecuencia baja (10%). Los piroxenos son cuadrados a tabulares, con diámetros de 1 mm, mientras que los anfíboles son columnares, con tamaños de hasta 5 x 1 mm.
- **Alteraciones y pátinas:** La matriz es de color gris claro, con evidencias de meteorización en forma de sericita.
- **Nombre:** Andesita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina porfirítica idiomórfica con matriz de textura intersertal, en la matriz se encuentran microlitos de plagioclasa columnar, augita y magnetita.
- **Minerales:** Fenocristales de plagioclasa idiomórfica tabular y columnar (1,44 x 0,53 mm), augita granular idiomórfica (0,53 x 0,48 mm), hornblenda verde tabular idiomórfica (1,03 x 0,31 mm) y magnetita granular hipidiomórfica (0,22 x 0,20 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (67,75%), Augita (12,2%), Matriz (9,05%), Hornblenda (7,1%) y Magnetita (3,9%)
- **Contenido anortita:** 58% Labradorita
- **Minerales de alteración:** Sericita alterando plagioclasas, óxidos y uralita alterando augitas, nontronita alterando los bordes de hornblendas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita y hornblenda.



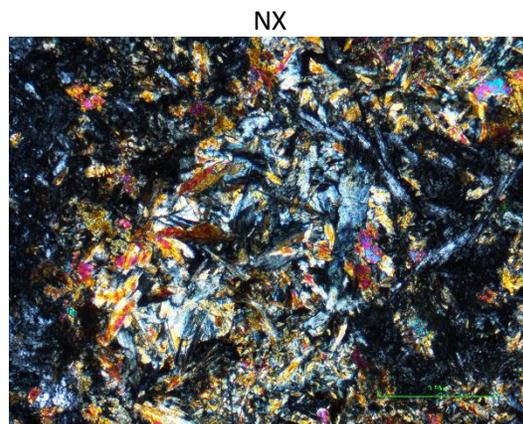
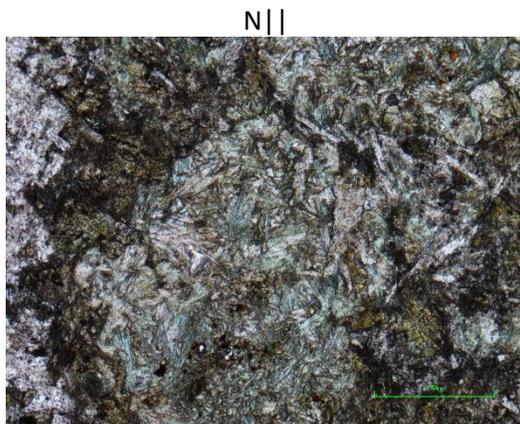
Código:	290118-07	Coordenadas:	656253 E / 171793 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	290118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca fanerítica porfirítica color gris, con fenocristales de plagioclasa tabular y granular (2x 1 mm), piroxenos granulares (2 mm) y microlitos de magnetita granular.
- **Alteraciones y pátinas:** Fracturas rellenas de arcillas, tonalidades verdosas por clorita.
- **Nombre:** Gabro

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica granular de grano medio.
- **Minerales:** Fenocristales de plagioclasa hipidiomórfica tabular (2,28 x 0,72 mm), hornblenda hipidiomórfica columnar (0,055 x 0,017 mm), hipersteno idiomórfico granular (0,28 x 0,16 mm), augita idiomórfica granular (2,64 x 0,24 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,12 x 0,10 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (44,65%), Epidota (22,25%), Clorita parda (15,5%), Augita (5,2%), Hornblenda (4,6%), Opacos (4,4%) e Hipersteno (3,4%)
- **Contenido anortita:** 58% labradorita
- **Minerales de alteración:** Roca con un grado de alteración muy alto, con clorita y epidota como principales minerales. Epidota xenomórfica en hábito granular y radial y clorita parda como minerales de alteración, dispuestos en vetillas principalmente.
- **Índices:** Q=0 A=0 P=100, M=17,6%
- **Minerales accesorios:** Circones tabulares presentes en ortosas.
- **Nombre de la roca:** Sienita alterada con clorita y epidota.



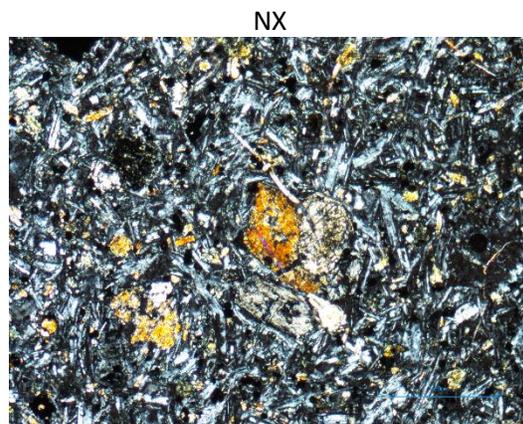
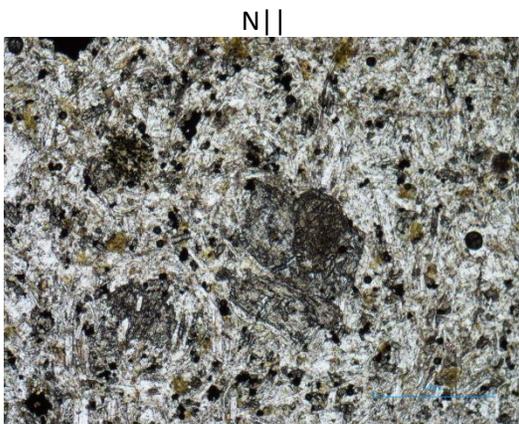
Código:	300118-01	Coordenadas:	658431 E / 172243 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	300118-G2

### Descripción macroscópica

- Textura: Roca afanítica porfirítica color gris, con fenocristales de piroxenos granulares (1 x 1 mm)
- Alteraciones y pátinas:
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica de textura intersertal, con fenocristales de augita, hornblenda y plagioclasa, microlitos de augita, plagioclasa y magnetita.
- **Minerales:** Fenocristales de augita granular idiomórfica con zonación concéntrica y maclado (1,44 x 0,9 mm) levemente alterada a uralita que presenta anillo de alteración con magnetita (Kelyphitic rim), hornblenda tabular a granular idiomórfica con zonación (1,08 x 0,6 mm), plagioclasa tabular idiomórfica (2 x 0,55 mm) alterada a sericita. Presenta una matriz pilotaxítica, con microlitos de plagioclasa columnar (0,12 x 0,024 mm), augita granular (0,024 mm) y magnetita granular (0,048 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (67,2%), Augita (15,35%), Hipersteno (12,45%) y Opacos (5%),
- **Minerales de alteración:** plagioclasas alteradas a sericita, augitas alteradas a uralita.
- **Índices:** Q=0 A=0 P=100, M=32,8%
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita e hipersteno.



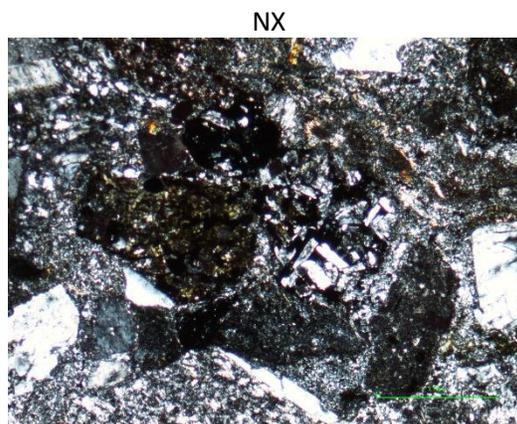
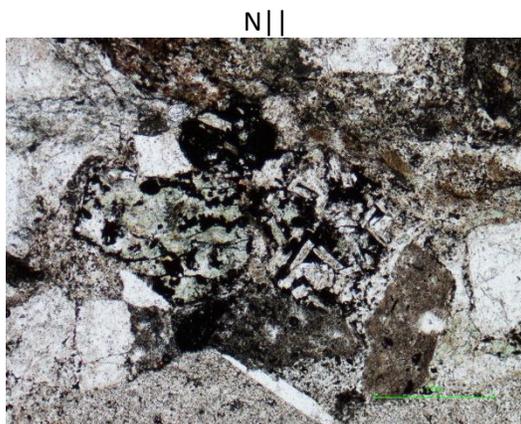
Código:	300118-05	Coordenadas:	658431 E / 172243 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	300118-G2

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Brecha volcániclaística con matriz de color rojiza, con fragmentos angulares o subangulares y prismáticos de basaltos, andesitas y tobas, de tamaños promedio de 0,3 x 0,3 cm. Relación de clastos y matriz es de un 65% clastos y 35% de matriz. En la matriz se observan fenocristales de plagioclasa alterados a sericita.
- **Alteraciones y pátinas:** Se observan precipitados de sílice, alteraciones a arcillas en plagioclasas y alteración de fragmentos ígneos a pátinas rojizas.
- **Nombre:** Brecha volcániclaística

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca sedimentaria de aporte volcániclaístico, con litoclastos de diversos materiales ígneos, entre los que destacan: basaltos pilotaxíticos, basaltos afíricos, andesitas, granitoides; además de glomerofenocristales de plagioclasa. Entre los cristaloclastos encontrados destacan: plagioclasa, augita, magnetita. Matriz de ceniza sin soldamiento. La roca presenta una mala selección, con los granos en soporte por contacto.
- **Litoclastos:** basalto hipocristalino con matriz de textura pilotaxítica subangular subredondeado (0,98 x 0,88 mm), granito redondeado esférico con cuarzo microcristalino (0,86 x 0,74), pómez bandeada subangular subprismática con cuarzo microcristalino por desvitrificación (1,80 x 0,96 mm), andesita de textura intersertal subangular subprismática (2,57 x 2,09 mm), fragmentos de andesitas intersertales con fenocristales de plagioclasa y basaltos de textura pilotaxítica, fragmento prismático angular de toba con litoclastos de plagioclasa y fiammes (2,64 x 1,22 mm), fragmentos de andesitas alteradas con una silicificación intensa por la presencia de cuarzo microcristalino por toda la sección (3x3 mm).
- **Minerales de alteración:** Epidota como alteración de litoclastos basálticos. Óxidos por precipitación secundaria dispuestos por toda la sección.
- **Nombre de la roca:** Brecha volcániclaística



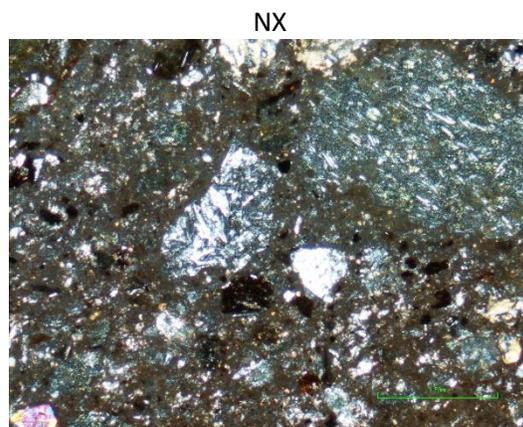
Código:	300118-12	Coordenadas:	658507 E / 172910 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	300118-G3

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Toba lapilítica con una matriz litificada color rojo teja, que contiene fenocristales de plagioclasa columnar (menor a 1 mm). Los fragmentos angulares y prismáticos de la roca se componen de andesitas, basaltos, gabros y otras litologías de origen ígneo que no son posibles de reconocer debido al grado de alteración que poseen. Estos fragmentos tienen dimensiones promedio entre 2 x 1,5 cm para los fragmentos mayores, y de 0,5 x 0,5 para otros fragmentos. La fábrica de la roca es caótica, con los fragmentos inmersos de manera aleatoria en la matriz, con una relación de 40% fragmentos y 60% matriz rojiza.
- **Alteraciones y pátinas:** Fragmentos brechosos alterados a clorita.
- **Nombre:** Toba lapilítica

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca de textura vitroclástica, con litoclastos de diversos materiales ígneos, entre los que destacan: basaltos con matriz de textura pilotaxítica, basaltos con matriz de textura intersertal y andesitas con meteorización intensa. Entre los cristaloclastos encontrados destacan: plagioclasa, augita y magnetita. Matriz de ceniza sin soldamiento.
- **Litoclastos:** Basalto hipocristalino pilotaxítico angular subredondeado (0,98 x 0,6 mm), andesita de textura intersertal subangular subprismática (1,27 x 1,15 mm), fragmento de posible andesita reondeada alterado a clorita (2,4 x 1,6 mm) y basaltos subredondeados de con textura intersertal (0,36 x 0,24 mm).
- **Vitroclastos:** pómez colapsada de forma tabular (1,22 x 0,69 mm).
- **Cristaloclastos:** Sanidina alterada a arcillas (1 x 1 mm), augita granular idiomórfica alterada a uralita (0,37 x 0,26 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,12 x 0,12 mm).
- **Nombre de la roca:** Toba lapilítica.



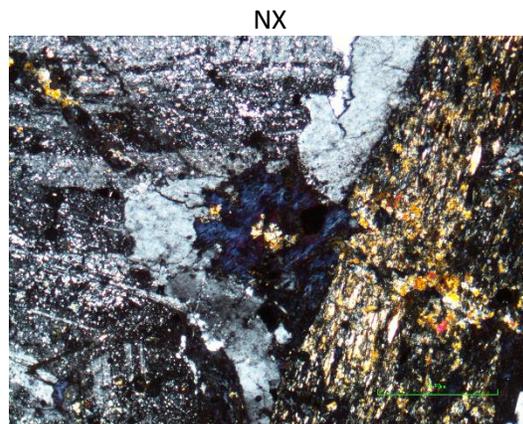
Código:	300118-15	Coordenadas:	658507 E / 172910 N
Área:	Valle de Talamanca	Afloramiento:	300118-G3

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca fanerítica con cristales de ortosa rosada (1,5 mm), cuarzo granular (1 mm), plagioclasa tabular, hornblenda columnar (1 mm)
- **Alteraciones y pátinas:** Fracturas rellenas de clorita, anfíboles alterados a clorita. Sericitización de minerales como ortosa y plagioclasa.
- **Nombre:** Granito

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica granular de grano medio.
  - **Minerales:** cristales xenomórficos de cuarzo granular con zonación (0,96 x 0,91 mm), plagioclasa hipidiomórfica tabular (2,5 x 1,2 mm), hornblenda hipidiomórfica columnar (3,6 x 0,53 mm), biotita idiomórfica tabular (0,65 x 0,38 mm), ortosa xenomórfica granular con textura micropertítica (1,44 x 0,91 mm) y opacos idiomórficos granulares (0,36 x 0,36 mm).
  - **Composición modal:** Ortosa (31,3%), Cuarzo (27,2%), Plagioclasa (17,4%), Hornblenda (13,1%), Biotita (7,1%), Opacos (2,55%) y Calcita (1,35%)
  - **Minerales de alteración:** La sección presenta sericitización de plagioclasas y ortosas, además contiene vetas de calcita, biotitas reemplazadas por clorita azul, con birrefringencia anómala a tonalidades moradas de calcita.
  - **Índices:** Q=35,84 A=41,24 P=22,92, M=15,65%
  - **Minerales accesorio:** Apatito granular presente como inclusión en ortosa (0,02 x 0,02 mm).
- Nombre de la roca:** Granito con biotita



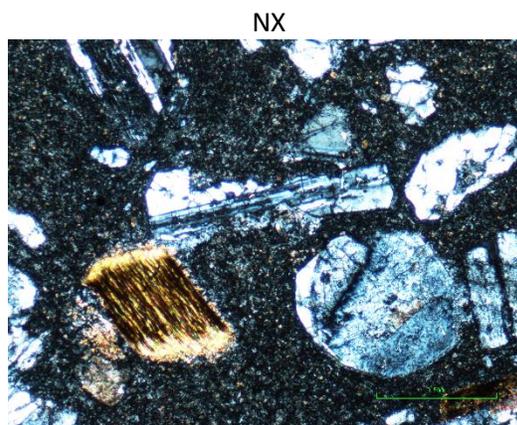
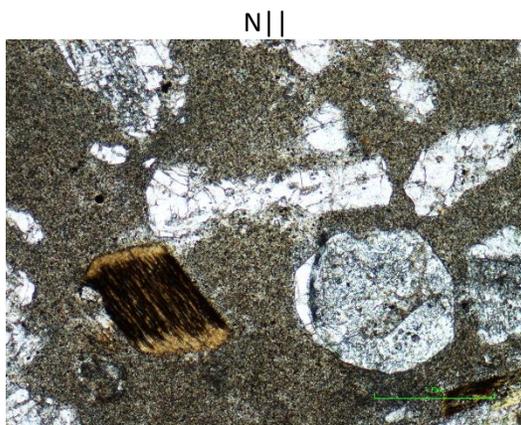
Código:	300118-19	Coordenadas:	658507 E / 172910 N
Área:	Valle de Talamanca	Afloramiento:	300118-G3

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfírica, con fenocristales de piroxenos granulares (menores 1 mm), plagioclasa granular y tabular (1,5 x 1 mm) y biotita tabular (1,5 mm x 1 mm). La roca presenta una matriz color gris.
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasas alteradas a arcillas.
- **Nombre:** Dacita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica porfírica con matriz de textura intersertal.
- **Minerales:** Fenocristales de plagioclasa idiomórfica tabular (0,9 x 0,8 mm), biotita idiomórfica columnar (1,4 x 0,36 mm), sanidina idiomórfica granular con zonación concéntrica (0,96 x 0,77 mm) y augita idiomórfica granular (2,16 x 1,7 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,36 x 0,36 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (47,2%), Matriz (32,35%), Biotita (9,4%), Augita (7,4%) y magnetita (3,65%).
- **Minerales de alteración:** Augita alterada a uralita, plagioclasa alterada a arcillas. Clorita azul en pequeñas cantidades asociadas a alteración de uralita.
- **Nombre de la roca:** Andesita con biotita.



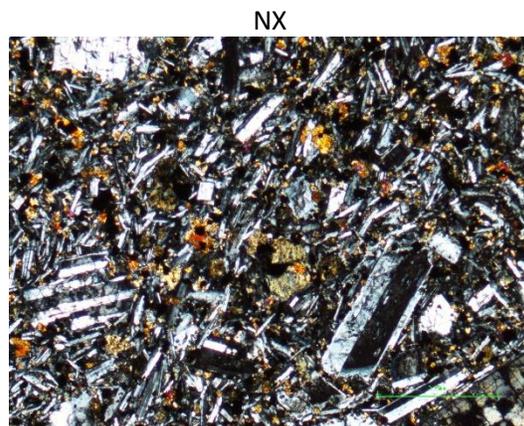
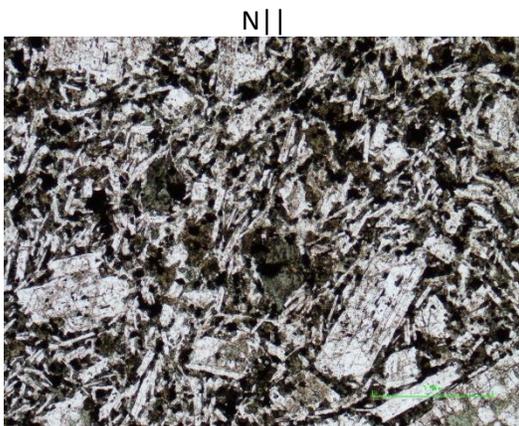
Código:	310118-03	Coordenadas:	659414 E / 174974 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	310118-G4

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris, con fenocristales de piroxenos granulares (<1 mm) y plagioclasa granular y tabular (1 x 0,5 mm).
- **Alteraciones y pántinas:** Plagioclasas alteradas a arcillas.
- **Nombre:** Andesita basáltica.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica porfirítica, con matriz de textura intergranular, con una matriz compuesta de microlitos de plagioclasa, augita y magnetita.
- **Minerales:** glomerofenocristales hipidiomórficos de plagioclasa tabular (2.64 x 1,9 mm) y augita idiomórfica granular alterada totalmente a epidota y clorita (2,5 x 1,6 mm), con una matriz con microlitos de plagioclasa columnar (0,01 mm), piroxenos (0,01 mm) y magnetita (0,01 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (68,4%), augita (17,3%), matriz (7,8%) y magnetita (6,5%).
- **Minerales de alteración:** Epidota y clorita como alteración de augitas.
- **Índices:** Q=0 A=0 P=100, M=23,8
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



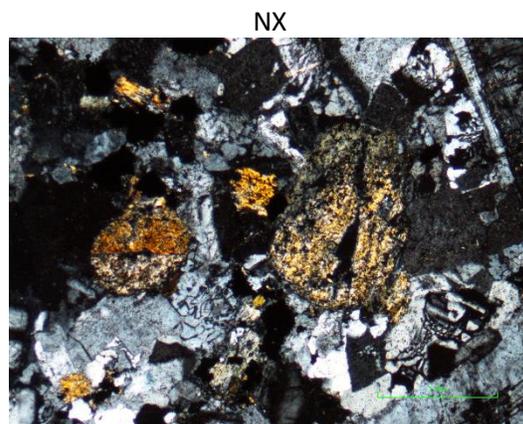
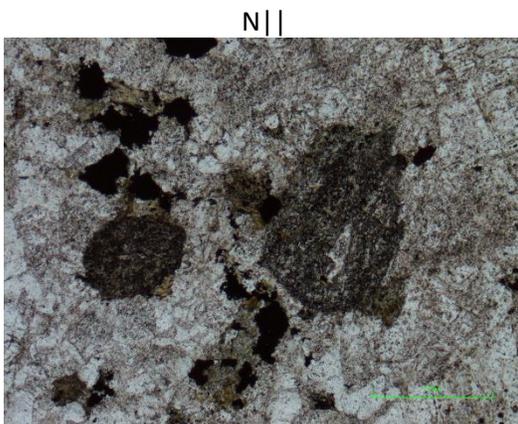
Código:	310118-04	Coordenadas:	659414 E / 174974 N
Área:	Valle de Tamanca	Afloramiento:	310118-G4

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca de textura fanerítica de color gris azulado, con cristales reconocibles a simple vista de plagioclasa, hornblenda, ortosa y opacos. Las plagioclasas tienen tamaños de hasta 2 mm y formas idiomórficas, mientras que la ortosa se presenta de manera xenomórfica, con tamaños menores a 2 mm. Los minerales opacos representan el 40% de la muestra, mientras la plagioclasa y ortosa representa el restante 60%.
- **Alteraciones y pátinas:** Los minerales opacos no superan 1 mm de largo, y muchos se observan con tonalidades verdosas por alteración, posiblemente epidota y clorita.
- **Nombre:** Granodiorita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica granular de grano fino.
- **Minerales:** Fenocristales de plagioclasa hipidiomórfica tabular con zonación (2,5 x 0,7 mm), epidota xenomórfica alterando hornblenda (1,9 x 1,9 mm), ortosa idiomórfica tabular maclado y con zonación (1,3 x 1,1 mm), epidota xenomórfica alternado piroxenos (2,6 x 2 mm). La matriz presenta cristales de plagioclasa idiomórfica tabular (0,4 x 0,2 mm), cuarzo xenomórfico con textura mirmequítica (0,5 x 0,36 mm) , y magnetita hipidiomórfica (0,2 x 0,15 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (40,2%), Hornblenda (21,4%), Cuarzo (17,8%), ortosa (16,5%) y magnetita (4,1%).
- **Contenido anortita:** 60% labradorita.
- **Minerales de alteración:** Epidota xenomórfica alterando hornblenda (1,9 x 1,9 mm prom), epidota xenomórfica alterando a minerales máficos.
- **Índices:** Q=23,89 A=22,15 P=53,96, M=25,5%
- **Minerales accesorios:** zircón granular (<0,02 mm) inmerso en ortosa.
- **Nombre de la roca:** Granodiorita.



### 3.2. Sector Turrialba

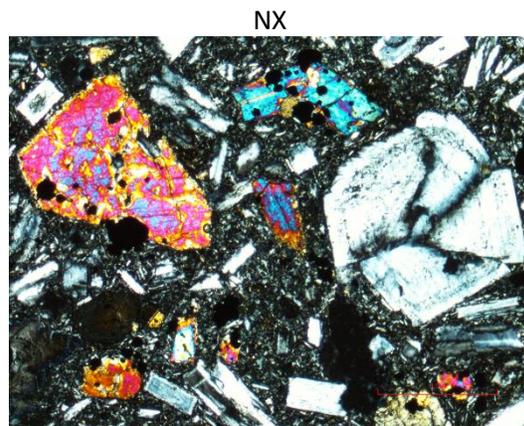
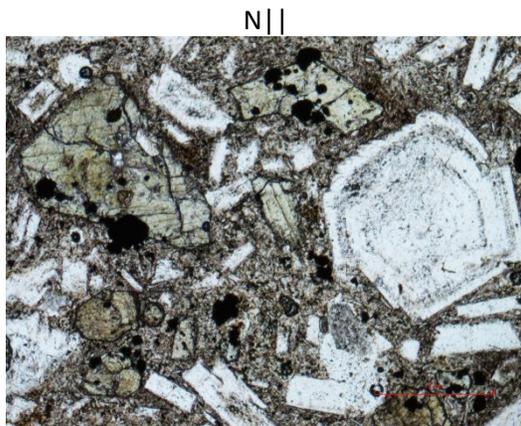
Código:	160119-06	Coordenadas:	573730 E / 210806 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	160119-G4

#### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris claro con textura vesicular, con fenocristales de plagioclasa tabular y columnar (2 x 1 mm), piroxenos granulares (menor 0,5 mm), anfíbol columnar (2 x 0,5 mm) y magnetita granular (0,5 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasas alteradas a arcillas.
- **Nombre:** Andesita.

#### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfirítica vesicular con matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos de augita, hipersteno, plagioclasa y opacos en su matriz, que además presenta vesículas elipsoidales y circulares (0.26 x 0.21mm).
- **Minerales:** en la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica con macla polisintética y zonación (0.93 x 0.26 mm), también existen plagioclasas tabulares idiomórficas con textura cribosa (1,848 x 0.864 mm max, 0,98 x 0,52 mm prom). Los demás fenocristales corresponden con augita granular idiomórfica (0,55 x 0.43 mm) con frecuente maclado simple, hipersteno idiomórfico granular (0.28 x 0.24 mm), hornblenda basáltica idiomórfica, con alteración a uralita y opacita (0,65 x 0,41 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,14 x 0,12 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (58,1%), Matriz (13,6%), Augita (12,15%), Vesículas (7,35%), Hipersteno (4,4%), Hornblenda (2,75%), Opacos (1,65%)
- **Minerales de alteración:** Presenta uralita y opacita alterando a las hornblendas basálticas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita e hipersteno



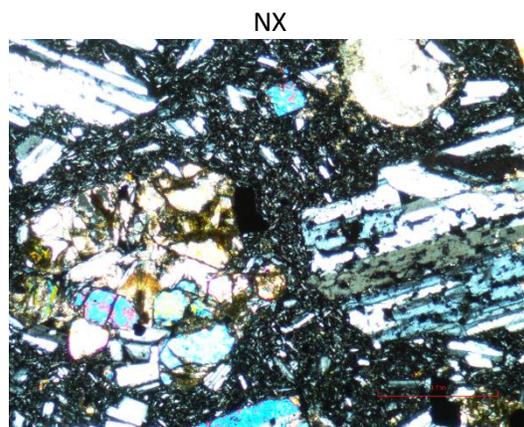
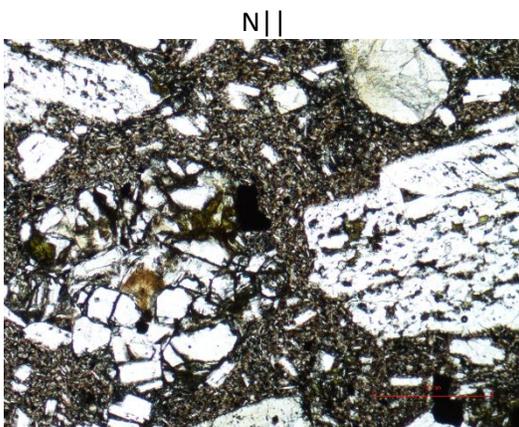
Código:	160119-09	Coordenadas:	573730 E / 210806 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	160119-G4

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color negro, con fenocristales de plagioclasa columnar (3 x 0,5 mm), piroxenos granulares y tabulares (0,5 x 0,5 mm) y olivino granular alterado a óxidos (0,5 x 0,5 mm). Fractura concoide en la muestra.
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La matriz presenta microlitos de augita, hipersteno, plagioclasa y opacos en su matriz. Algunas plagioclasas presentan evidencias de arcillitización.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica a hipidiomórfica, con macla polisintética y textura cribosa (5,36 x 1,68 mm tamaño max, 1,61 x 0,48 mm prom) con algunas plagioclasas que contienen cristales de augita dentro de su estructura, augita granular idiomórfica con maclado simple (0,6 x 0,5 mm), augita columnar idiomórfica con maclado polisintético (1,66 x 0,33 mm), hipersteno idiomórfico granular (0,43 x 0,24 mm), olivino idiomórfico granular (0,24 x 0,14 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,24 x 0,14 mm)
- **Contenido modal:** Plagioclasa (45,9%), Matriz (29,75%), Augita (14,2%), Hipersteno (4,55%), Olivino (4,2%) y Opacos (1,4%)
- **Contenido anortita:** 48% Andesina
- **Minerales de alteración:** Algunos fenocristales se encuentran reemplazados por calcita y zeolita, además de tener olivinos con alteración a opacita y clorita, además de presentar sectores de alteración a clorita.
- **Nombre de la roca:** Andesita basáltica con augita.



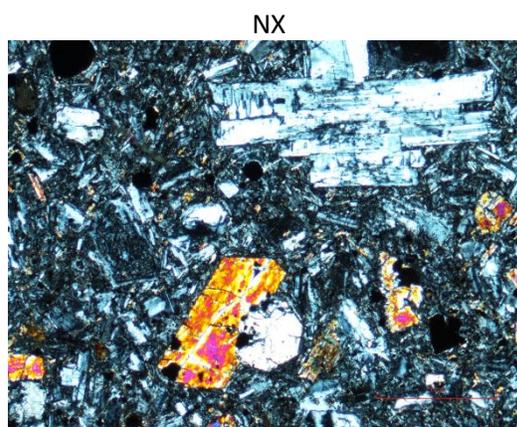
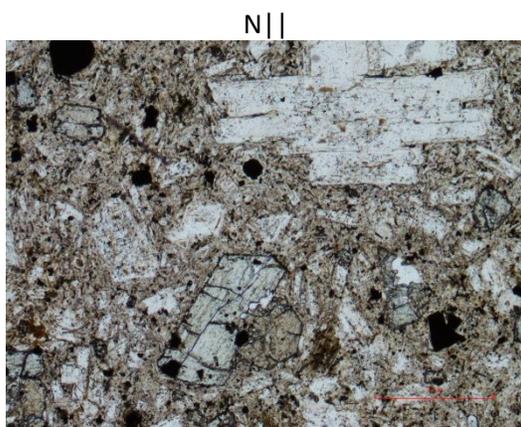
Código:	230119-04	Coordenadas:	568857 E / 201623 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	230119-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa tabular (1 mm), piroxenos granulares (2 x 1,5 mm), anfíbol columnar (3 x 1 mm). La matriz es de color gris claro.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos en alteraciones de minerales máficos, muestra verdosa por cloritización de la roca.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina hipidiomórfica seriada, con matriz de textura ortofídica. En la muestra se observan vesículas vacías de forma redondeada, de diámetro 0,244 mm. La matriz de textura ortofídica con microlitos de plagioclasa, hipersteno y hornblenda.
- **Minerales:** La roca presenta fenocristales de plagioclasa hipidiomórfica dispuesta en glomerofenocristales (2,8 x 2,4 mm), fenocristales tabulares seriados (de 2,06 x 0.696 mm a 0,31 x 0.12 mm) que presentan textura cribosa y algunas se encuentran arcillitizadas en su totalidad. También se encuentran fenocristales hipidiomórficos a xenomórficos de augita con maclado simple (0.48 x 0.31 mm), hornblenda verde hipidiomórfica a xenomórfica tabular, con halo de alteración a opacita (max 2.47 x 1,89 mm, prom 1,29 x 0,67 mm), hipersteno idiomórfico granular (prom 0.36 x 0.19 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,14 x 0,12 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (58,5%), Matriz (17,9%), Hornblenda (10%), Augita (6%), Vesículas (3,6%), Hipersteno (2,5%) y Opacos (1,5%)
- **Nombre de la roca:** Andesita con hornblenda y augita.



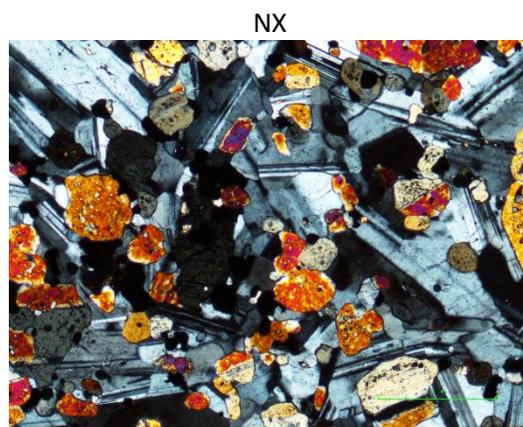
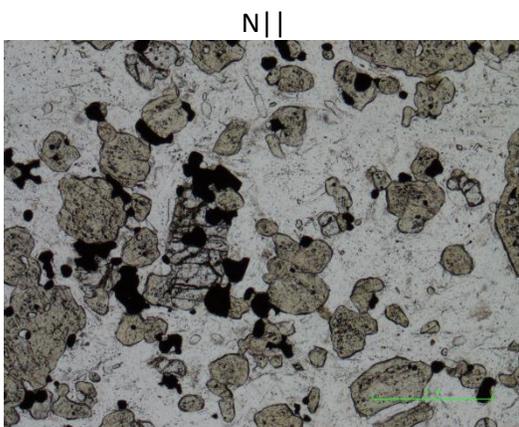
Código:	230119-05	Coordenadas:	568857 E / 201623 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	230119-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca fanerítica de grano fino, con cristales de plagioclasa columnar (1 mm). La matriz que se observa es totalmente cristalizada, sin poder observar con claridad cristales de otros minerales.
- **Alteraciones y pátinas:** Leve alteración a óxidos y pátinas de hierro en el borde de la muestra
- **Nombre:** Gabro microcristalino

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina xenomórfica granular de grano fino. La roca presenta microlitos de augita e hipersteno granular, plagioclasa tabular y opacos en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar xenomórfica con macla polisintética y zonación concéntrica (1,68 x 0,77 mm max, 0,91 x 0,26 mm prom), augita granular hipidiomórfica e idiomórfica (0,88 x 0,67 mm prom) con maclado simple, olivino xenomórfico e hipidiomórfico granular (0,96 x 0,74 mm max, 0,28 x 0,24 mm prom) con intercrecimiento con opacos, y opacos xenomórficos granulares ocupando espacios entre los minerales restantes (0,24 x 0,14 mm).
- **Composición Modal:** Plagioclasa (57,35%), Augita (24,55%), Olivino (11,45%) y Opacos (6,65%)
- **Minerales de alteración:** Algunos minerales de olivino en sus fracturas presentan evidencias leves de iddingsita.
- **Contenido de anortita:** 50% Labradorita.
- **Índices:** Q=0 A=0 P=100, M=42,65%
- **Nombre de la roca:** Gabro con augita y olivino.



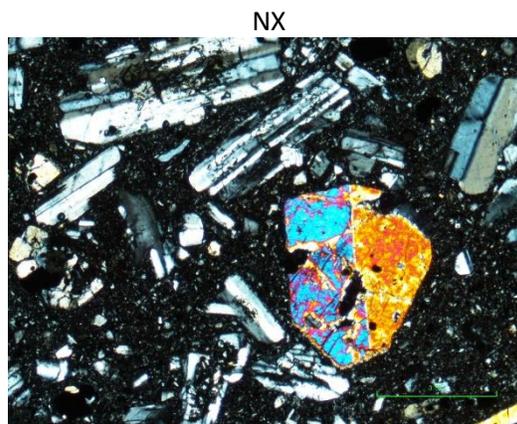
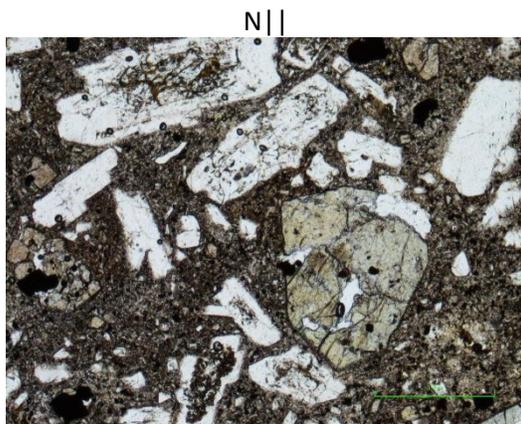
Código:	281118-04	Coordenadas:	585700 E / 215302 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	281118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de piroxenos granulares (2 x 2 mm) y plagioclasa tabular en tonalidades blancas y rosadas (3x 2 mm). La roca presenta una matriz gris, con evidencias de alteración y mineralizaciones secundarias.
- **Alteraciones y pátinas:** Zeolitas relleno de vesículas, óxidos como alteración de piroxenos, arcillitización de plagioclasas.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos de augita, hipersteno y plagioclasa.
- **Minerales:** En la muestra se observan al menos tres poblaciones distintas de plagioclasas: plagioclasa tabular idiomórfica de textura cribosa (1,44 x 0,53 mm), plagioclasa tabular idiomórfica (0,79 x 0,37 mm) que ocasionalmente se encuentra como glomerofenocristales, y plagioclasa tabular a isométrica idiomórfica (0,22 x 0,10 mm). Los demás fenocristales corresponden a augita granular idiomórfica con frecuente maclado simple e inclusiones de magnetita (0,57 x 0,43 mm), hipersteno idiomórfico granular (0,79 x 0,60 mm) y opacos idiomórficos granulares (0,14 x 0,14 mm). En la sección se observa un glomerofenocristal de hipersteno con corona de augita y magnetita.
- **Composición modal:** Plagioclasa (71%), Matriz (12,4%), Augita (9,45%), Hipersteno (4,75%) y Opacos (2,4%)
- **Contenido anortita:** 62% labradorita.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita e hipersteno.



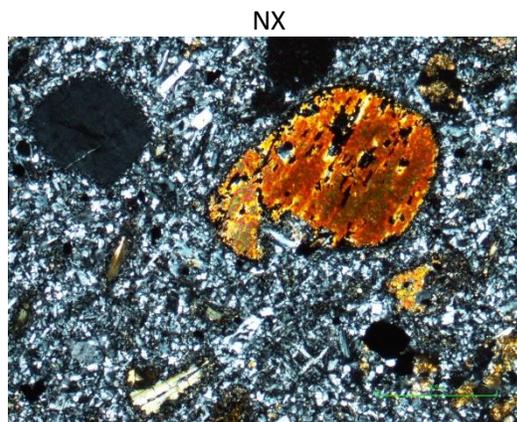
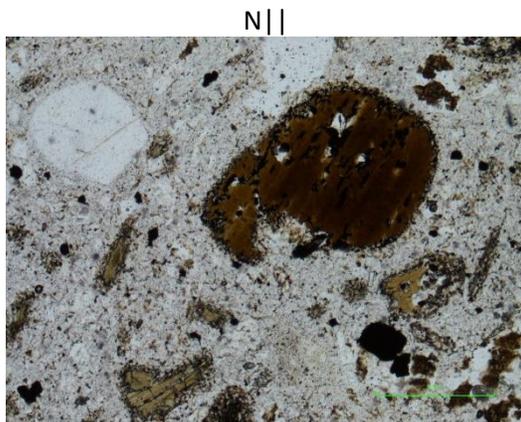
Código:	281118-05	Coordenadas:	585700 E / 215302 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	281118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de textura vesicular, con cristales de plagioclasa columnar alterada a sericita (2 x 1 mm), sanidina (2 x 2 mm), piroxenos (menor 1 mm), biotita tabular (1 x 1 mm), magnetita en microcristales. La matriz es de color gris claro, con vesículas de tamaños hasta de 3 x 1,5 mm.
- **Alteraciones y pántinas:** óxidos como alteración de piroxenos.
- **Nombre:** Dacita vesicular

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica, con matriz de textura microcristalina.
- **Minerales:** Fenocristales hipidiomórficos de biotita tabular (1,39 x 0,91 mm), sanidina tabular y granular idiomórfica con textura peritítica (0,84 x 0,72 mm), hornblenda verde idiomórfica tabular con halo de opacita (1,32 x 0,19 mm), cuarzo hipidiomórfico granular con morfologías de corrosión (0,67 x 0,55 mm), plagioclasa columnar en glomerofenocristales (5 x 4,5 mm) y cristales individuales idiomórficos y xenomórficos tabulares con alteraciones a arcillas (1,92 x 1,08 mm), además de tener un halo de alteración con una mayor abundancia de microlitos de magnetita. La matriz presenta microlitos de biotita, plagioclasa, ortosa con zonación, cuarzo microcristalino y opacos (posiblemente magnetita).
- **Composición modal:** Plagioclasa (42,25%), Matriz (26,45%), Cuarzo (11%), Ortosa (7,85%), Biotita (7,25%), Hornblenda (3,75%) y Opacos (1,45%)
- **Minerales de alteración:** Halos de opacita en hornblendas, seriticización en plagioclasas.
- **Índices:** Q=18 A=12,8 P=69,1, M=5,2%
- **Minerales accesorios:** Los fenocristales de biotita en algunos casos tienen cristales de apatito idiomórfico columnar dentro de su estructura (0,012 x 0,005 mm).
- **Nombre de la roca:** Dacita vesicular con biotita



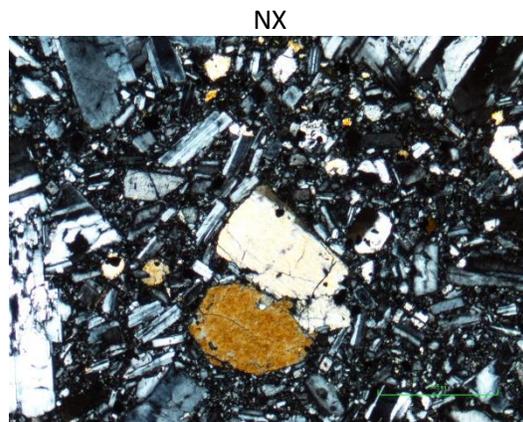
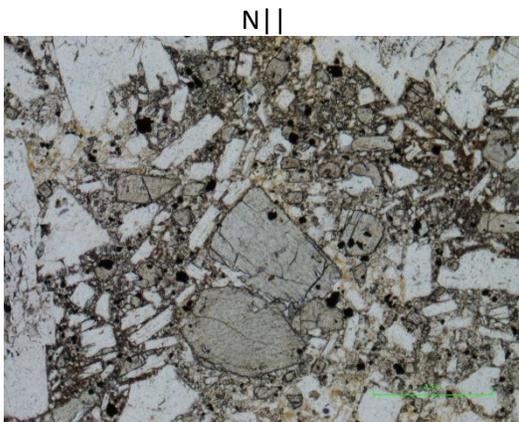
Código:	281118-06	Coordenadas:	585700 E / 215302 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	281118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa tabular (1 x 0,5 mm), piroxenos tabulares (0,5 x 0,5 mm) y magnetita granular (0,5 x 0,5 mm). Matriz color gris.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos de hierro reemplazando piroxenos y magnetita.
- **Nombre:** Andesita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos de augita, hipersteno y plagioclasa.
- **Minerales:** En la muestra se observan al menos dos poblaciones distintas de plagioclasas porfiríticas seriadas: plagioclasa tabular idiomórfica de textura cribosa (1,89 x 1,05 mm) con maclado polisintético, y plagioclasa tabular a idiomórfica (0,22 x 0,10 mm) que representa las plagioclasas de menores dimensiones en la muestra. Los demás fenocristales corresponden a augita granular hipidiomórfica (0,62 x 0,36 mm) con frecuente maclado simple e inclusiones de opacos en su estructura cristalina, hipersteno idiomórfico granular (1,27 x 0,84 mm) y opacos idiomórficos granulares (0,24 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (74,8%), Augita (11,2%), Matriz (8,3%), Hipersteno (3,75%) y Opacos (1,95%)
- **Minerales de alteración:** Nontronita como alteración de augitas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita e hipersteno.



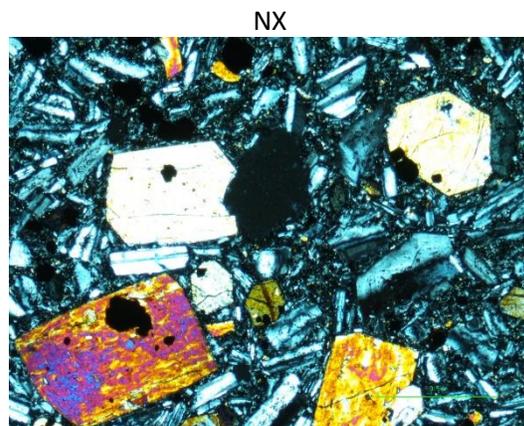
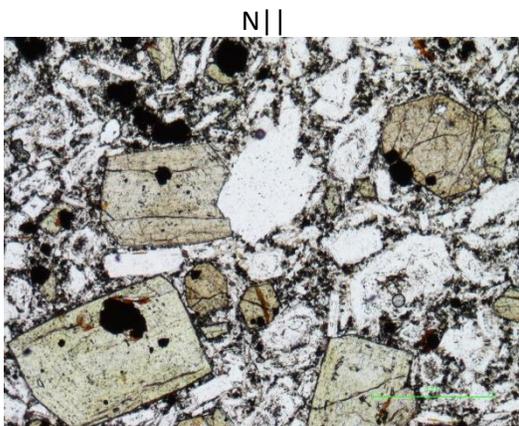
Código:	281118-07	Coordenadas:	585700 E / 215302 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	281118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca volcánica de textura vesicular, con fenocristales de piroxenos tabulares (1 x1 mm) y plagioclasa columnar (1,5 x 0,5 mm). La roca presenta una matriz color gris claro, con cristales de plagioclasa.
- **Alteraciones y pátinas:** piroxenos levemente alterados.
- **Nombre:** Andesita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica con matriz de textura intersertal. La matriz es holocristalina intersertal, con cristales de plagioclasa tabular y columnar idiomórfica (0,26 x 0,14 m) y presenta vesículas redondeadas (0,88 x 0,57 mm).
- **Minerales:** Fenocristales de plagioclasa idiomórfica tabular con zonación y textura cribosa (1,92 x 0,84 mm), augita idiomórfica granular (1,44 x 0,84 mm), augita idiomórfica granular con zonación tipo reloj de arena (0,72 x 0,43 mm) e hipersteno idiomórfico granular (1,2 x 0,72 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (42,3%), Augita (26%), Matriz (11,8%), Vesículas (8,05%), Hipersteno (6,95%) y Opacos (4,9%)
- **Contenido anortita:** 55% labradorita
- **Minerales de alteración:** Óxidos de hierro precipitado en bordes de augitas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita titanífera



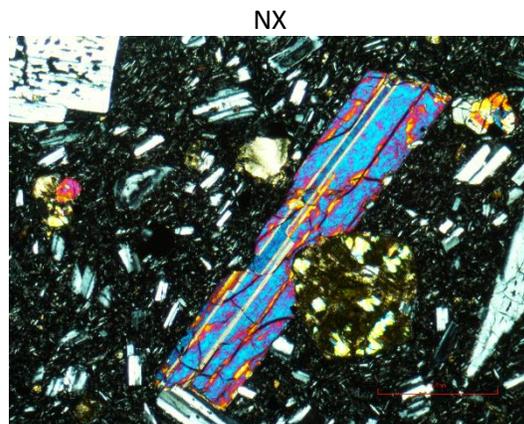
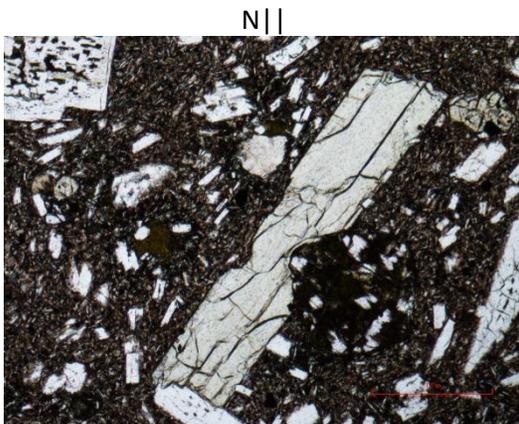
Código:	281118-08	Coordenadas:	585700 E / 215302 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	281118-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de textura vesicular, con fenocristales de piroxenos granulares (3 x 1,5 mm), olivinos alterados granulares alterados a óxidos (menor 1 mm), plagioclasa columnar (1 x 0,5 mm). Matriz de color gris oscuro, con tonalidades moradas.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos de hierro e iddingsita como alteración de olivino y piroxenos, plagioclasas alteradas a sericita.
- **Nombre:** Basalto con olivino

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica porfirítica con matriz de textura hialopilitica.
- **Minerales:** La roca presenta fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica (1,65 x 0,79 mm) de las cuales algunas presentan textura cribosa. Los demás fenocristales corresponden a augita granular hipidiomórfica (2,04 x 1,44 mm) con maclado simple, augita idiomórfica con zonación reloj de arena (1,92 x 1,32 mm), olivino idiomórfico granular con halo de alteración a iddingsita (0,46 x 0,19 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,14 x 0,12 mm). La roca presenta una matriz de vidrio con microlitos de augita, olivino, plagioclasa y magnetita.
- **Contenido modal:** Plagioclasa (62%), Augita (17,15%), Matriz (7,85%), Olivino (6,35%), Hipersteno (4,45%) y Magnetita (2,2%).
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita y olivino.



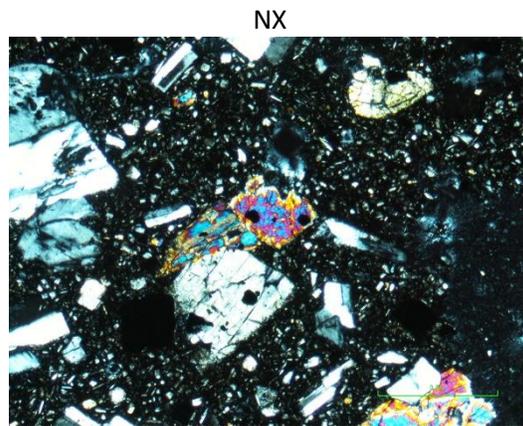
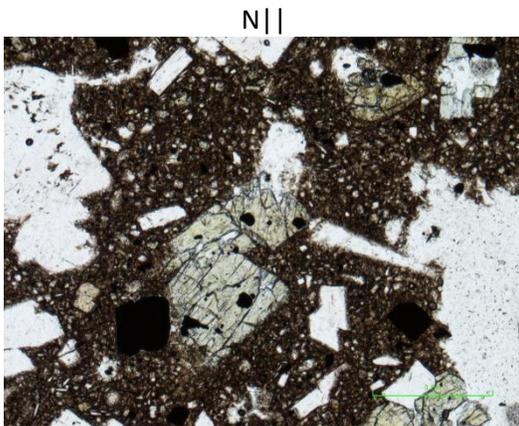
Código:	281118-13	Coordenadas:	577938 E / 209979 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	281118-G2

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica con matriz gris y textura vesicular, con fenocristales de plagioclasa tabular y microlitos de magnetita y piroxenos.
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasas arcillitizadas, leve clorita en los sectores externos de la muestra.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos y fenocristales de augita, hipersteno, plagioclasa y magnetita.
- **Minerales:** En la muestra se observan al menos cuatro poblaciones distintas de plagioclasas: plagioclasa columnar idiomórfica de textura cribosa con macla polisintética (1,65 x 0,79 mm), plagioclasa columnar idiomórfica (0,96 x 0,36 mm), glomerofenocristales de plagioclasa hipidiomórfica (2,16 x 1,48 mm), y plagioclasa tabular idiomórfica como cristalitas (0,17 x 0,10 mm). Los demás fenocristales corresponden a augita granular idiomórfica (0,96 x 0,72 mm) con frecuente maclado simple e inclusiones de magnetita en su estructura, hipersteno idiomórfico granular (1,08 x 0,46 mm) y omagnetita xenomórfica granular (0,14 x 0,14 mm).
- **Contenido modal:** Plagioclasa (69,5%), Matriz (15,6%), Augita (8,9%), Hipersteno (3,95%) y Magnetita (2,05%).
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita



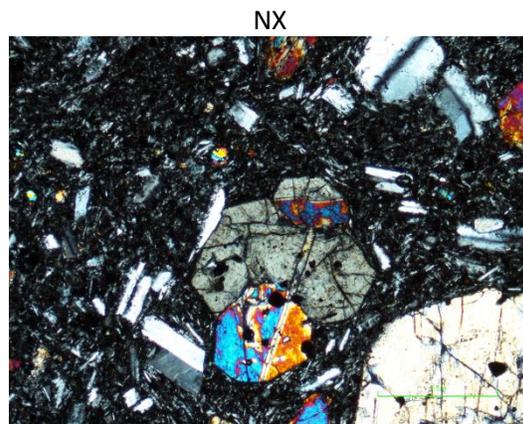
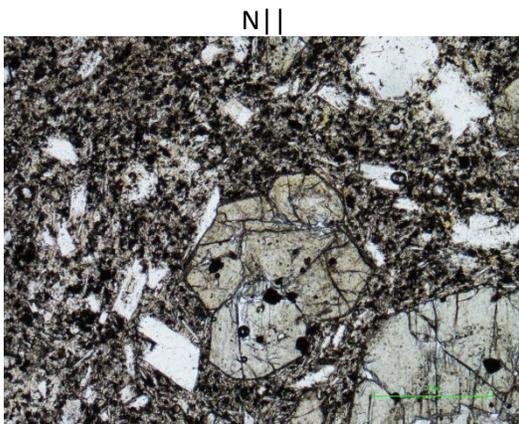
Código:	300119-01	Coordenadas:	577923 E / 216494 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	300119-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de augita granular (menor 1 mm), plagioclasa tabular (menor 1 mm) y magnetita granular (menor 1 mm), olivinos alterados a óxidos (menor 1 mm). La roca tiene una matriz de color gris oscuro.
- **Alteraciones y pátinas:** Olivinos alterados a óxidos de hierro.
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfirítica seriada de textura intersertal. La roca presenta glomerofenocristales de augita con minerales opacos máficos, así como glomerofenocristales de plagioclasa tabular y columnar. La matriz presenta microlitos de plagioclasa, olivino y máficos.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica con macla polisintética (1,44 x 0,57 mm prom), también existen glomerofenocristales de plagioclasa tabular (1,53 x 1,48 mm). Los demás fenocristales corresponden a augita granular idiomórfica e hipidiomórfica (0,72 x 0,67 mm) con frecuente maclado simple, olivino idiomórfico granular (0,48 x 0,38 mm) con corona de minerales opacos y óxidos ferrosos en su borde, y opacos xenomórficos granulares (0,19 x 0,14 mm).
- **Contenido modal:** Plagioclasa (40,25%), Matriz (39,65%), Augita (13,45%), Opacos (3,55%) y Olivino (3,1%)
- **Contenido anortita:** 50% labradorita
- **Minerales de alteración:** Óxidos ferrosos en bordes de olivinos (iddingsita)
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita e hipersteno



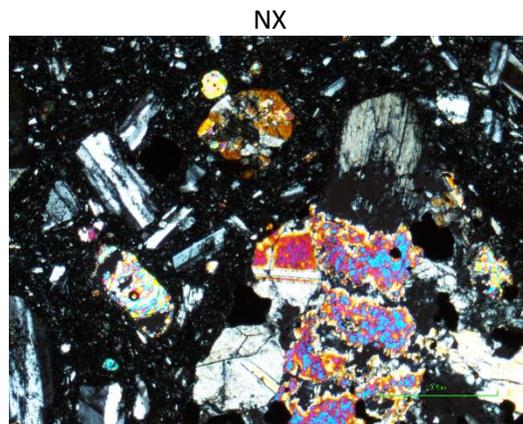
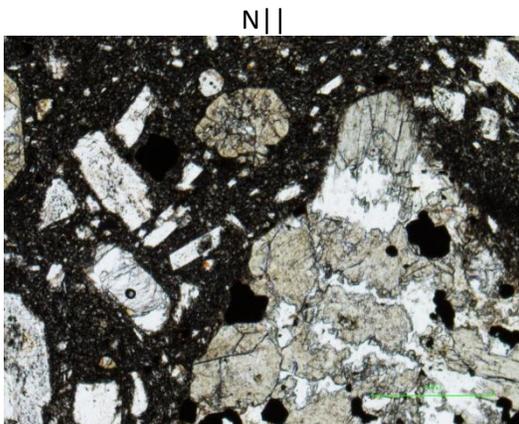
Código:	300119-02	Coordenadas:	577923 E / 216494 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	300119-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa tabular (menor a 1 mm), olivino granular (1 x 1 mm), con una matriz color gris oscuro azulado.
- **Alteraciones y pátinas:** Alteración leve de olivinos en los bordes de la muestra.
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos de augita, olivino, plagioclasa y opacos en su matriz, sin evidencias de vidrio.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica con textura cribosa (1,77 x 0,53 mm max, 0,57 x 0,21 mm prom), con algunos cristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica sin dicha textura (1,22 x 0,53 mm). Los demás fenocristales corresponden a augita granular idiomórfica (0,55 x 0,43 mm) con frecuente maclado simple, olivino idiomórfico granular (0,24 x 0,16 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,14 x 0,12 mm). Algunas augitas presentan intercrecimientos con minerales opacos xenomórficos en forma de glomerofenocristales.
- **Contenido modal:** Matriz (47,4%) Plagioclasa (34,75%), Augita (14,45%), Olivino (2,75%) y Opacos (0,65%).
- **Minerales de alteración:** Plagioclasas alteradas a sericita en bajo grado.
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita y olivino



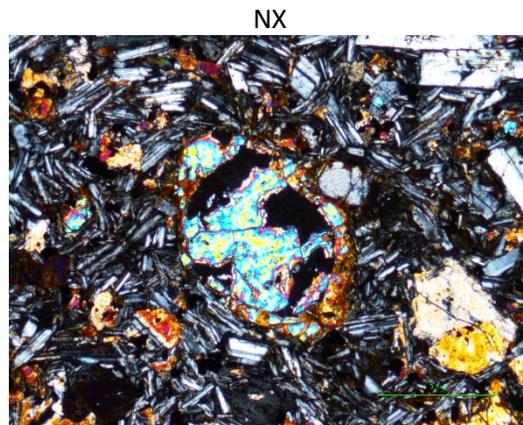
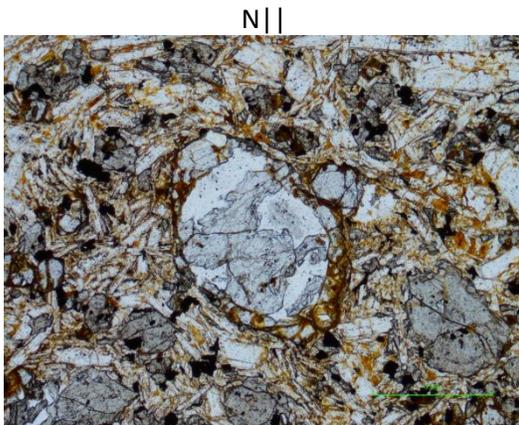
Código:	300119-04	Coordenadas:	577923 E / 216494 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	300119-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Basalto afanítico porfirítico, con fenocristales de piroxenos y olivino granulares alterados (menores a 1x1 mm), con plagioclasa acicular en la matriz que se encuentra alterada a sericita. La roca presenta una matriz color gris oscuro en la roca sana, mientras que tiene una tonalidad café en los sectores de meteorización.
- **Alteraciones y pátinas:** óxidos de hierro alterando fenocristales máficos, sericita como alteración de plagioclasa.
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina idiomórfica porfirítica con matriz de textura pilotaxítica.
- **Minerales:** La roca presenta augita granular idiomórfica (1.61 x 0.72 mm max, 0,88 x 0,82 mm prom), olivino idiomórfico granular (0.31 x 0.24 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,22 x 0,12 mm). La roca presenta microlitos de augita, plagioclasa y magnetita.
- **Composición modal:** Plagioclasa (76,7%), Augita (9,2%), Olivino (8,7%) y Opacos (5,4%).
- **Minerales de alteración:** Por toda la muestra se observan óxidos como hematita y opacita producto de la alteración de los microlitos máficos, así como olivinos iddingsitizados. Algunas augitas presentan alteración a uralita.
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita y olivino.lk



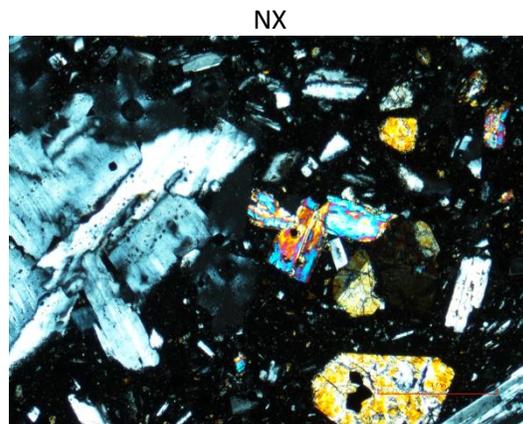
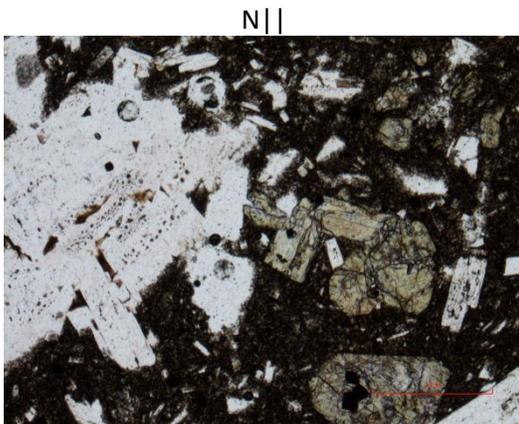
Código:	300119-05	Coordenadas:	577923 E / 216494 N
Área:	Turrialba	Afloramiento:	300119-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, de matriz color gris claro y fenocristales de plagioclasa tabular (0,5 mm) y piroxenos granulares (menores 0,5 mm). La roca presenta un porcentaje de matriz de un 85%.
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasas alteradas
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica a hipidiomórfica, glomeroporfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos de augita e hipersteno granular, plagioclasa tabular y opacos en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica con macla polisintética y zonación concéntrica (1,01 x 0,38 mm prom), también existen plagioclasas tabulares idiomórficas con textura cribosa (1,2 x 0,72 mm max, 0,84 x 0,34 mm prom). Los demás fenocristales corresponden a augita granular idiomórfica e hipidiomórfica (1,00 x 0,93 mm) con frecuente maclado simple, hipersteno idiomórfico granular (0,74 x 0,62 mm), y opacos xenomórficos granulares (0,24 x 0,14 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (53,75%), Matriz (31,2%), Augita (9,85%), Hipersteno (3,2%) y Opacos (2%)
- **Minerales de alteración:** Sericita como alteración de plagioclasas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita e hipersteno.



### 3.3. Sector Reserva Biológica Hitoy Cerere

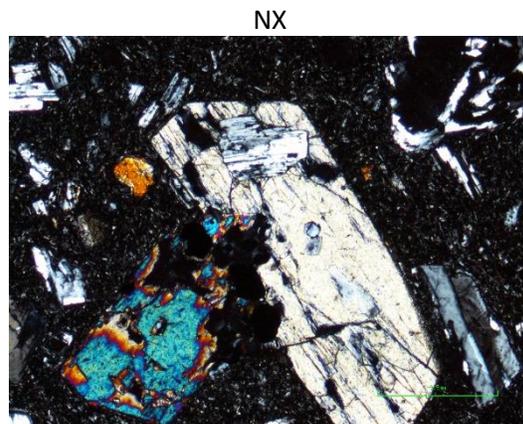
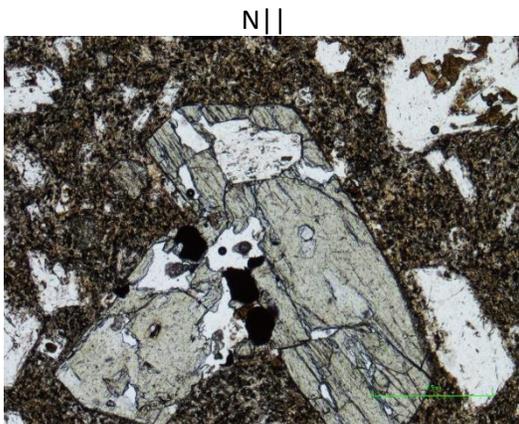
Código:	190219-01	Coordenadas:	605769 E / 1068046 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	190219-G1

#### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris claro, con fenocristales de plagioclasa tabular (1 x 1 mm), piroxenos granulares (0,5 0,5 mm), magnetita granular (menor 0,5 mm) y olivino granular alterado a óxidos (menor a 0,5 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** olivinos alterados a óxidos, plagioclasas alteradas a arcillas.
- **Nombre:** Andesita basáltica

#### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica glomeroporfirítica con fenocristales de augita y plagioclasa en una matriz de textura intersertal. La roca presenta microlitos de plagioclasa columnar, y magnetita granular en su matriz. Se encuentran vesículas elipsoidales (0,52 x 0,48 mm prom).
- **Minerales:** en la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica tabular (1,03 x 0,38 mm prom) con textura cribosa y dispuesta en casos en glomerofenocristales (1,73 mm x 1,53 mm prom), plagioclasa tabular con zonación concéntrica discontinua (1,22 x 0,72 mm prom), augita idiomórfica granular con macla sencilla (0,96 x 0,69 mm prom), olivino idiomórfico granular (0,19 x 0,12 mm prom) y magnetita xenomórfica granular (0,28 x 0,19 mm). Se observan aglomerados de fenocristales de augita y magnetita granular.
- **Composición modal:** Matriz (41,5%), Plagioclasa (34,4%), Augita (15,6%), vesículas (3,75%), Magnetita (3,35%) y Olivino (1,4%).
- **Contenido anortita:** 50%, Labradorita.
- **Minerales de alteración:** plagioclasas con alteración a sericita. Calcita rellenando fantasmas de olivino, matriz impregnada en óxidos.
- **Minerales accesorios:** Hipersteno
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



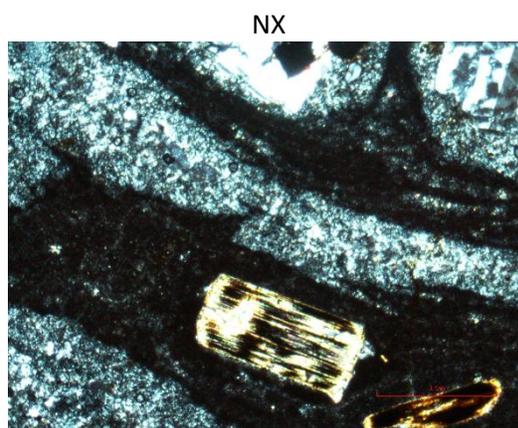
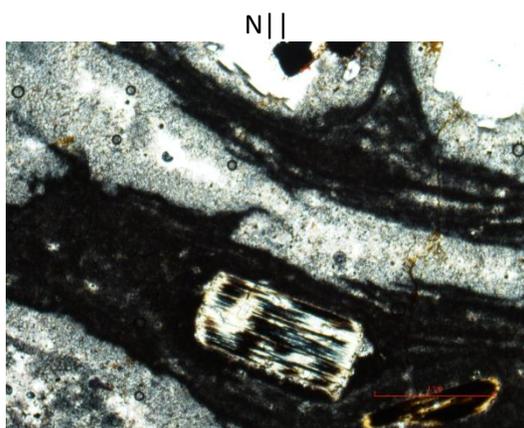
Código:	190219-03	Coordenadas:	642156 E / 182804 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	190219-G1

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Toba con matriz de ceniza color rojiza y bandeamiento visible, con fragmentos suredondeados de rocas volcánicas indiferenciadas (2,5 x 1,5 mm), biotita acicular (<0,1 mm). Relación 60% matriz y 40% clastos contenidos en la muestra.
- **Alteraciones y pátinas:** Meteorización evidente de la matriz.
- **Nombre:** Toba soldada con bandeamiento.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Piroclástica con matriz de ceniza, texturas fluidales. Se observa cuarzo microcristalino por desvitrificación.
- **Litoclastos:** Fragmentos redondeados de intrusivos félsicos granulares (4,08 x 3,60 mm), textura pertítica, con presencia de ortosa xenomórfica granular (1,68 x 1,17 mm), plagioclasa xenomórfica tabular (0,84 x 0,48 mm) y cuarzo hipidiomórfico granular (0,48 x 0,48 mm). Se observa alteración y precipitación de cuarzo microcristalino en los bordes de los microclastos.
- **Vitroclastos:** Fiammes bandeado de composición riolítica color café oscuro, con presencia de desvitrificación evidenciado por el cuarzo microcristalino y evidencias de mingling con la matriz de la roca. Presenta fenocristales de plagioclasa tabular idiomórfica con textura cribosa (2,49 x 1,10 mm), biotita idiomórfica tabular (1,2 x 0,77 mm), muscovita xenomórfica tabular.
- **Cristaloclastos:** Biotita idiomórfica tabular (0,65 x 0,31 mm), plagioclasa idiomórfica tabular (2,4 x 0,9 mm) con macla de Carlsbad y macla polisintética, magnetita xenomórfica granular con halo de hematita (0,40 x 0,38 mm), Augita granular idiomórfica (0,24 x 0,21 mm) y apatito columnar idiomórfico como accesorio (0,021 x 0,002 mm).
- **Composición modal:** Matriz (42,1%), fiammes (32,2%), litoclastos de Granito (10%), Plagioclasa (8,85%), Biotita (4,25%), Cuarzo (1,4%), Augita (0,45%), Magnetita (0,45%) y Muscovita (0,3%).
- **Nombre de la roca:** Toba vítrea riolítica.



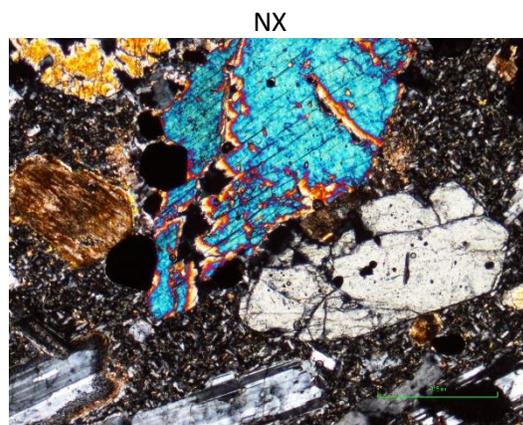
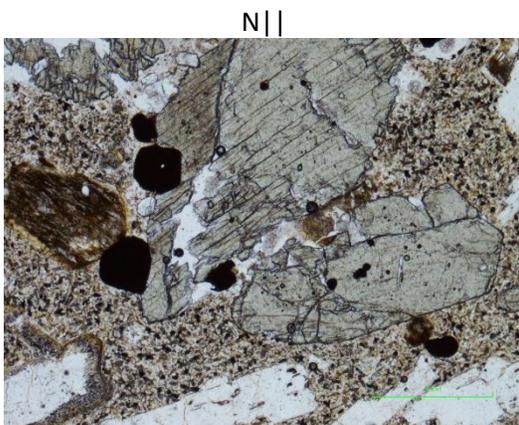
Código:	200219-01	Coordenadas:	605582 E / 1067542 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	200219-G2

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de piroxenos tabulares (2 x 2 mm), plagioclasa columnar (2,5 x 1 mm) y posibles olivinos granulares (menor 1 mm). La roca presenta poca matriz de color gris claro.
- **Alteraciones y pátinas:** óxidos de hierro en los bordes del clasto, olivinos alterados a iddingsita, plagioclasas alteradas a sericita.
- **Nombre:** Andesita basáltica con piroxenos.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica e hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta una matriz compuesta por microlitos de plagioclasa acicular y opacos granulares en su matriz.
- **Minerales:** en la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica columnar (1,44 x 0,45 mm prom) con textura cribosa, plagioclasa columnar idiomórfica con halo de reacción (2,16 x 0,84 mm prom), augita idiomórfica granular (1,92 x 1,12 mm prom) y magnetita xenomórfica a hipidiomórfica granular (0,24 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Matriz (41,2%), plagioclasa (33,75%), augita (21,95%) y magnetita (3,1%).
- **Contenido anortita:** 59%, Labradorita
- **Minerales de alteración:** Plagioclasas presentan precipitaciones de óxidos en su estructura. Augita alterada a uralita, nontronita en menor cantidad. Precipitados radiales de calcita y óxidos reemplazando augitas. En secciones de la muestra se observan precipitados de óxidos rojizos en el reemplazo de augitas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



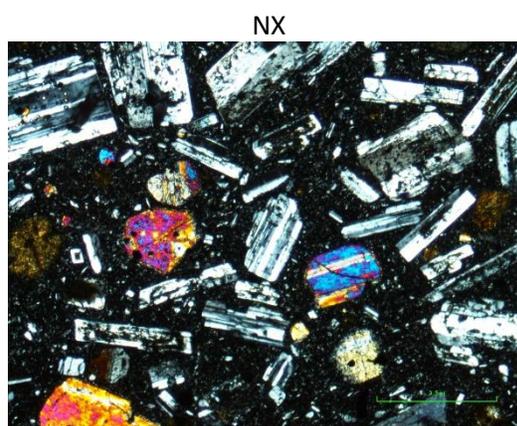
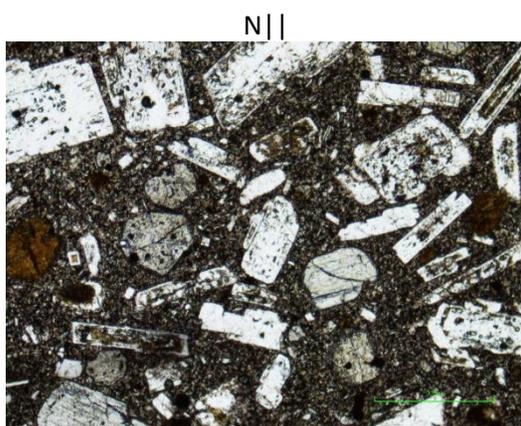
Código:	200219-02	Coordenadas:	605582 E / 1067542 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	200219-G2

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfírica, con fenocristales de plagioclasa columnar (2,5 x 0,5 mm), piroxenos granulares (menor 0,5 mm) y olivinos alterados a iddingsita (menor 0,5 mm). La roca presenta una matriz color gris oscuro.
- **Alteraciones y pátinas:** Arcillitización de la roca en los bordes, olivinos y piroxenos oxidados.
- **Nombre:** Andesita basáltica

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina idiomórfica, porfírica con matriz de textura intersertal. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, augita y olivino, con microlitos de plagioclasa columnar, y opacos granulares en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica tabular (0,50 x 0,31 mm prom) con textura cribosa, augita idiomórfica granular con macla sencilla (0,48 x 0,45 mm), olivino idiomórfico granular alterado a iddingsita (0,40 x 0,33 mm prom) y opacos xenomórficos e hipidiomórficos granulares (0,24 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (40,2%), Matriz (38,2%), Augita (13,2%), Olivino (6,8%) y Magnetita (1,6%).
- **Contenido anortita:** 51%, Labradorita
- **Minerales de alteración:** Olivinos alterados a iddingsita y otros óxidos, también presentan arcillitización; plagioclasas con alteración a sericita.
- **Minerales accesorios:** Zircones presentes en plagioclasas.
- **Nombre de la roca:** Basalto con olivino



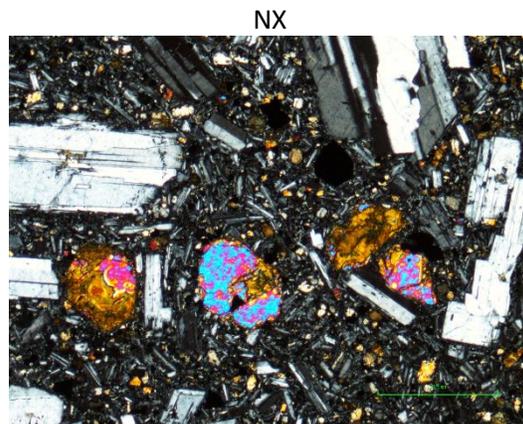
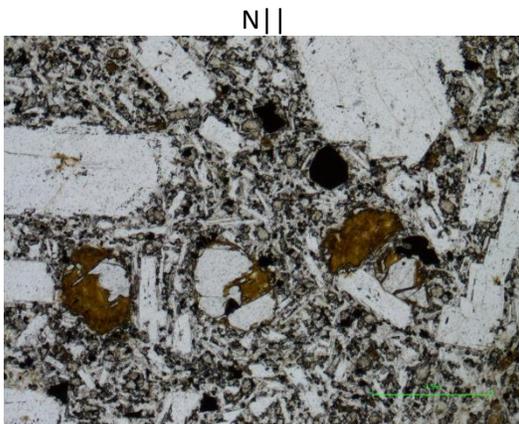
Código:	200219-03	Coordenadas:	642459 E / 183688 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	200219-G3

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca fanerítica porfirítica de color gris azulado oscuro, con fenocristales de plagioclasa columnar (menor 0,5 mm), olivino granular (menor 0,5 mm) y magnetita granular (menor 1 mm). No se observa una matriz en la roca, ya que todos sus componentes parecen cristalizados. Aspecto de roca hipoabisal.
- **Alteraciones y pátinas:** Pocos óxidos y alteraciones del olivino a iddingsita en los bordes de la muestra.
- **Nombre:** Dolerita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica, porfirítica seriada con matriz de textura intergranular. La roca presenta microlitos de plagioclasa columnar, olivino alterado y opacos granulares en su matriz.
- **Minerales:** en la muestra se observan fenocristales de plagioclasa hipidiomórfica (0,015 x 0,03 mm prom), olivino idiomórfico granular (0,312 x 0,312 mm prom) y opacos xenomórficos granulares (0,002 x 0,002 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (58,05%), matriz (21,45%), Olivino (16%) y Magnetita (5%).
- **Contenido anortita:** 59% labradorita
- **Minerales de alteración:** Olivinos alterados a nontronita y óxidos de hierro, también presentan arcillitización.
- **Nombre de la roca:** Basalto con olivino.



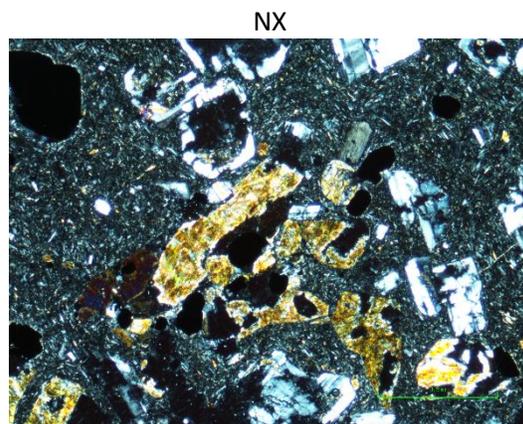
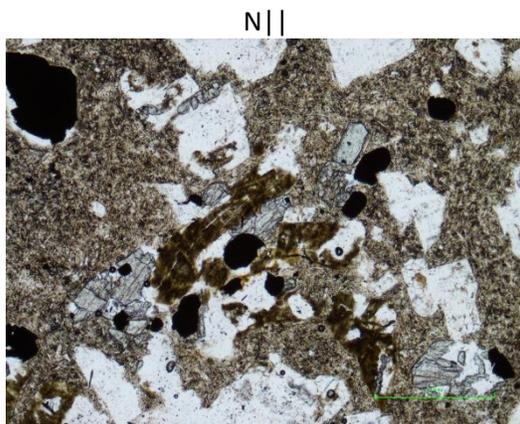
Código:	200219-04	Coordenadas:	642459 E / 183688 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	200219-04

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica con fenocristales de piroxenos granulares milimétricos, plagioclasa columnar (2 x 1 mm) y magnetita granular (menor 1 mm). La matriz es de color gris claro, y se observa poca matriz en la muestra.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos ferrosos alterando piroxenos.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica, glomeroporfirítica con matriz de textura intersertal, con fenocristales de plagioclasa, augita y olivino. La roca presenta una matriz compuesta por microlitos de plagioclasa acicular, y opacos granulares en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica columnar (1,44 x 0,45 mm prom) con textura cribosa, augita idiomórfica granular (1,92 x 1,12 mm prom), olivino granular en pseudomorfos (1,44 x 1,12 mm) y magnetita granular xenomórfica e hipidiomórfica (0,24 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Matriz (47,35%), Plagioclasa (33,7%), Augita (13,5%), Olivino (3,2%) y Magnetita (2,25%).
- **Contenido anortita:** 58% labradorita
- **Minerales de alteración:** Plagioclasas presentan precipitaciones de óxidos en su estructura. Piroxenos alterados a uralita, nontronita en menor cantidad. Precipitados radiales de calcita y óxidos reemplazando augitas.
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita y olivino



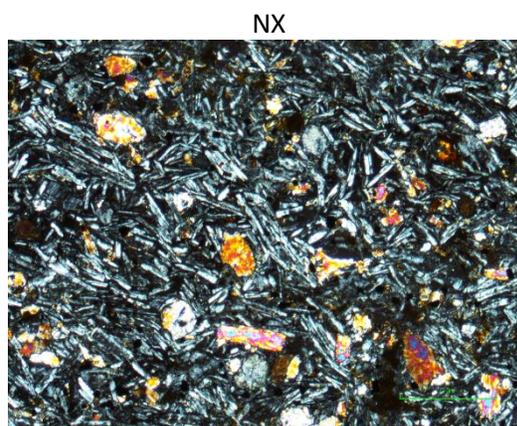
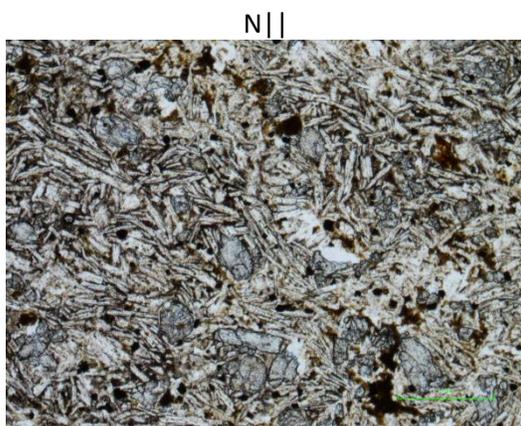
Código:	200219-05	Coordenadas:	642459 E / 183688 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	200219-05

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afírica de color gris azulado, con fenocristales esporádicos de magnetita por la muestra. Fractura concoide.
- **Alteraciones y pátinas:** Pátinas de óxidos de hierro en los bordes del clasto.
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura pilotaxítica y fenocristales de plagioclasa, augita, olivino y magnetita. La roca presenta microlitos de plagioclasa columnar y opacos granulares en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica e hipidiomórfica (0,015 x 0,03 mm prom) con una textura fluidal, augita tabular hipidiomórfica (0,037 x 0,021 mm prom), olivino hipidiomórfico granular (0,010 x 0,007 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,002 x 0,002 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (69,2%), Matriz (14,05%), Augita (11,45%), Olivino (3,55%) y Magnetita (1,75%).
- **Contenido anortita:** 58% Labradorita
- **Minerales de alteración:** Óxidos de hierro como pátinas naranjas distribuidas por toda la sección, arcillitización por toda la sección (mineral café xenomórfico), uralita como alteración de piroxenos. Calcita secundaria con óxidos en secciones del borde de la muestra
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita y olivino



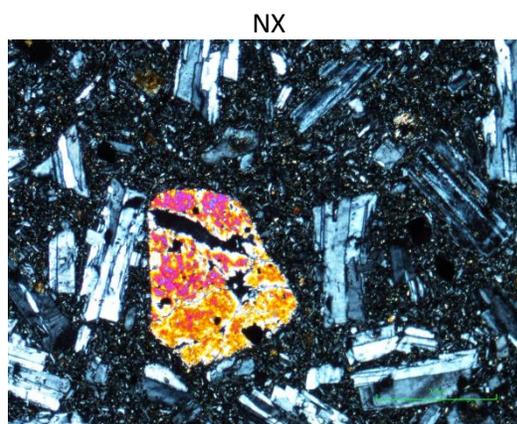
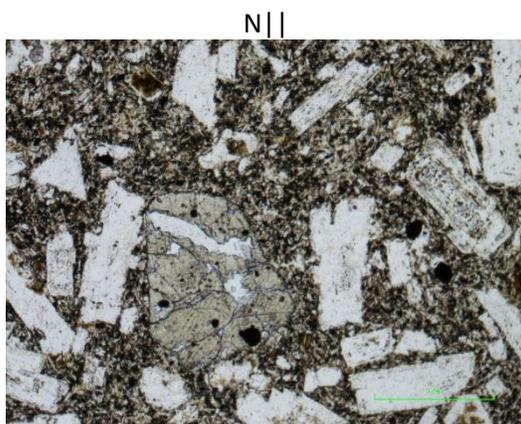
Código:	200219-06	Coordenadas:	642459 E / 183688 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	200219-G3

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa columnar (2x 0,5 mm), piroxenos granulares y tabulares (0,5 x 0,5 mm) y magnetita granular (menor 0,5 mm). La roca presenta una tonalidad gris oscuro.
- **Alteraciones y pátinas:** óxidos de hierro reemplazando minerales máficos.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, hornblenda, augita y opacos, además de microlitos de plagioclasa y opacos en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa tabular hipidiomórfica con textura cribosa (1,20 x 0,45 mm prom), augita granular hipidiomórfica (0,72 x 0,26 mm prom), olivino granular idiomórfico (0,65 x 0,43 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,14 x 0,09 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (39,4%), matriz (41,75%), Olivino (10,85%), Augita (6%) y Magnetita (2%).
- **Contenido anortita:** 62% labradorita.
- **Minerales de alteración:** Augitas alteradas a uralita, hornblendas con procesos de arcillitización, olivino alterado a nontronita. Fracturas en la sección rellenas de óxidos.
- **Minerales accesorios:** Opacos en intercrecimiento con augitas.
- **Nombre de la roca:** Andesita basáltica con olivino y augita.



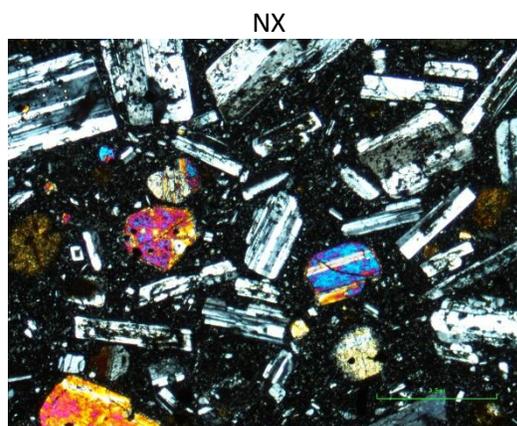
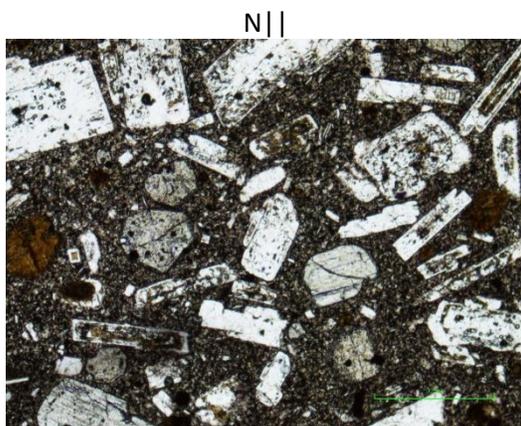
Código:	210219-02	Coordenadas:	644370 E / 182785 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G4

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de piroxenos granulares (<1 mm), plagioclasa granular y tabular (1,5 x 1 mm) y biotita tabular con halos de alteración (1 mm x 1 mm). La roca presenta una matriz color gris.
- **Alteraciones y pátinas:** Presencia leve de óxidos en la muestra.
- **Nombre:** Andesita con biotita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca holocristalina hipidiomórfica, con matriz de textura intergranular, con fenocristales de augita, plagioclasa y biotita. La sección presenta microlitos de olivino, plagioclasa, augita y magnetita.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica e hipidiomórfica columnar (1,44 x 0,53 mm max, 0,57 x 0,26 prom) con textura cribosa, augita hipidiomórfica granular (0,98 x 0,68 mm prom), olivino idiomórfico e hipidiomórfico granular (0,14 x 0,14 mm prom), biotita xenomórfica granular con corona de augitas (0,24 x 0,24 mm) y opacos xenomórficos e hipidiomórficos granulares (0,24 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (60,95%), Augita (25,3%), Magnetita (8%), Olivino (5,45%) y Biotita (0,3%).
- **Contenido anortita:** 58% Labradorita
- **Minerales de alteración:** Piroxenos alterados a uralita, Olivino alterado a nontronita.
- **Índices:** Q=0 A=0 P=100, M=38,75%
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



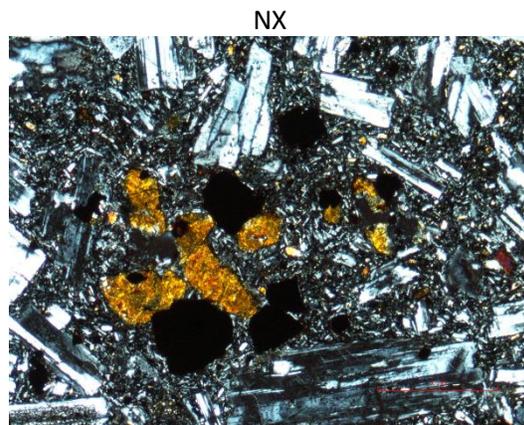
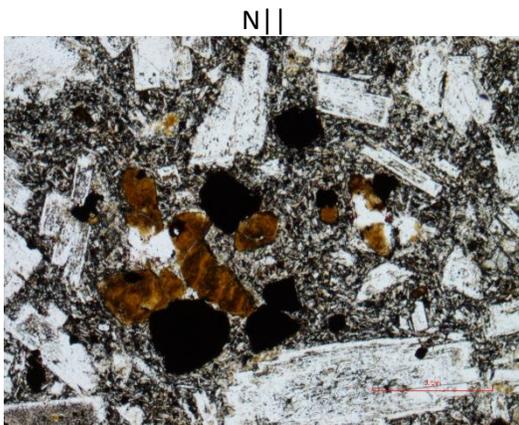
Código:	210219-03	Coordenadas:	644370 E / 182785 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G4

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color gris con tonalidades moradas, y fenocristales de plagioclasa columnar (menor 1 mm), piroxeno granular (1 mm x 0,5 mm) y olivino alterado a óxidos en poca proporción (menor 0,5 mm). La matriz es de color gris claro y se observan vesículas pequeñas (menor 0,5 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos como alteración de piroxenos y olivino, sericita como alteración de plagioclasas.
- **Nombre:** Andesita basáltica.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal y amigdalóidea. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, augita e hipersteno, y microlitos de augita, plagioclasa y opacos en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica (1,49 x 0,74 mm max, 0,57 x 0,24 mm prom), augita granular idiomórfica e hipidiomórfica (1,2x 1,2 mm) con frecuente maclado simple, aunque se observa unas cuantas augitas con zonación tipo reloj de arena; hipersteno granular hipidiomórfico (0,71 x 0,69 mm), olivino granular idiomórfico alterado a hematita e iddingsita (0,24 x 0,19 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,19 x 0,19 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (68%), Matriz (13,8%), Augita (12,9%), Olivino (3,5%) y Magnetita (1,8%).
- **Minerales de alteración:** Se observan fantasmas de minerales máficos (posiblemente olivinos) que presentan hematita. Halos de alteración a sericita en algunas plagioclasas. Vesículas rellenas por zeolitas.
- **Nombre de la roca:** Basalto con augita.



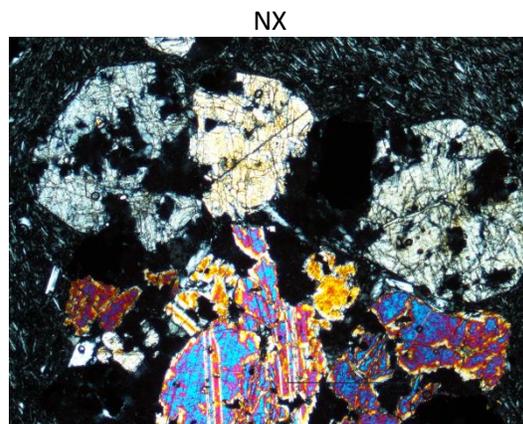
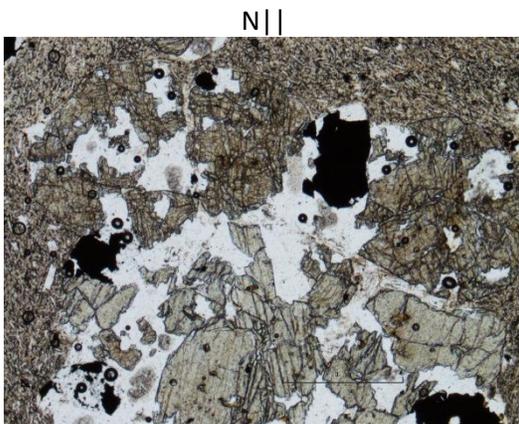
Código:	210219-04	Coordenadas:	644370 E / 182785 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G4

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfírica, con una matriz de color gris claro y fenocristales de plagioclasa columnar (2 x 1 mm) y piroxenos granulares oxidados (1 x 1 mm). Las plagioclasas se encuentran pseudoalineadas, sugiriendo una textura fluidal. La matriz es de color gris claro, con microlitos de magnetita.
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasas alteradas a sericita, minerales máficos con alteración a óxidos.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfírica con matriz de textura pilotaxítica vesicular. La roca presenta fenocristales de plagioclasa y augita, y microlitos de plagioclasa columnar en su matriz y vesículas elipsoidales (0,40 x 0,38 mm prom).
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica con textura cribosa (3,17 x 1,15 mm max, 2,14 x 0,62 mm prom), plagioclasa tabular hipidiomórfica (2,64 x 1,64 mm max, 0,94 x 0,34 prom), augita granular hipidiomórfica (1,39 x 1,34 mm) dispuesto en aglomerados granulares con opacos xenomórficos granulares (0,72 x 0,45 mm).
- **Composición modal:** Matriz (53,6%), Plagioclasa (31,8%), vesículas (7,15%), Augita (6,25%) y magnetita (1,2%).
- **Minerales de alteración:** Algunas plagioclasas presentan alteración a sericita y unas pocas a calcita radial. También se observan vetas de cuarzo en la sección, que en algunos casos rellenan vesículas parcialmente. Presencia de óxidos de hierro en bordes de algunas vesículas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



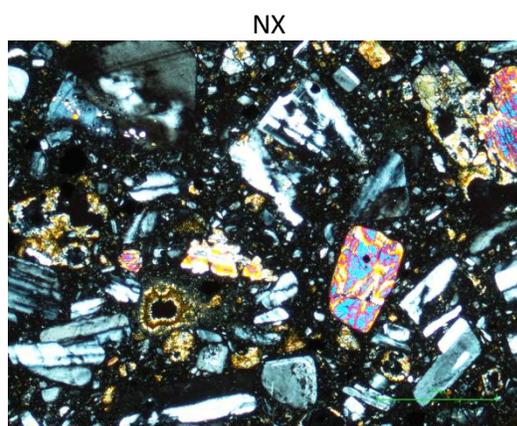
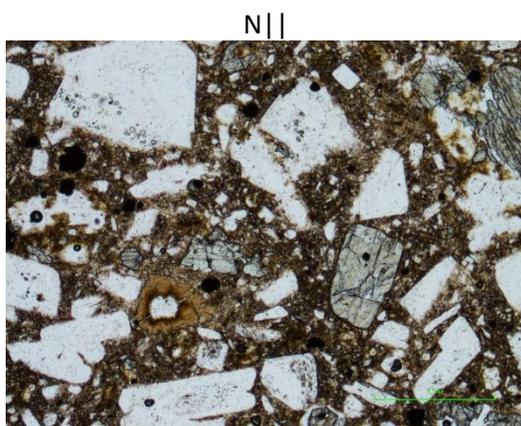
Código:	210219-05	Coordenadas:	644343 E / 183095 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa columnar (1 x 0,5 mm), piroxeno granular (1 x 1 mm) y olivino granular alterado a iddingsita (0,5 x 0,5 mm). Matriz de color gris claro en un 50%.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos e iddingsita alterando olivinos y piroxenos, plagioclasas alteradas a sericita.
- **Nombre:** Basalto

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, augita, hipersteno y olivino, con microlitos de augita, hipersteno, plagioclasa, olivino y opacos en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica con textura cribosa (2,04 x 0,72 mm max, 0,55 x 0,16 mm prom), augita granular idiomórfica e hipidiomórfica (1,92 x 1,24 mm max, 1,24 x 0,88 prom) con frecuente maclado simple, hipersteno granular idiomórfico (0,33 x 0,33 mm), olivino granular idiomórfico (0,17 x 0,12 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,38 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (43,3%), matriz (33,75%), Augita (15,9%), Olivino (3,8%), Magnetita (1,75%) e Hipersteno (1,5%).
- **Minerales de alteración:** Olivinos alterados a iddingsita, óxidos ferrosos presentes por la muestra.
- **Nombre de la roca:** Andesita basáltica con augita y olivino.



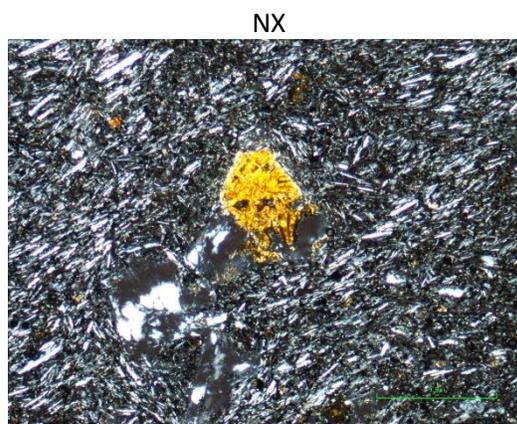
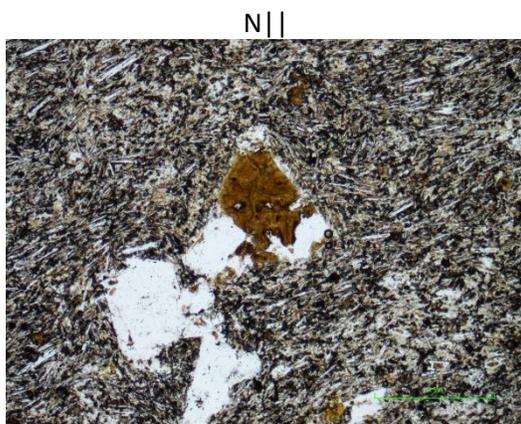
Código:	230219-06	Coordenadas:	644343 E / 183095 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa columnar (2,5 x 0,5 mm) y olivino granular alterado a iddingsita (1 x 1 mm). La roca presenta una matriz afírica color gris claro.
- **Alteraciones y pátinas:** Olivinos alterados a iddingsita.
- **Nombre:** Basalto.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina idiomórfica, con matriz de textura pilotaxítica. La roca presenta muy pocos fenocristales, con microlitos de plagioclasa columnar, olivino granular alterado y opacos granulares en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica columnar (2,32 x 0,36 mm max) con textura cribosa, olivino idiomórfico granular alterado a iddingsita (0,48 x 0,33 mm prom) y opacos xenomórficos granulares (0,21 x 0,21 mm).
- **Composición modal:** Matriz (85,5%), Plagioclasa (10,3%), Opacos (2,15%) y Olivino (2,05%).
- **Contenido anortita:** 57% labradorita.
- **Minerales de alteración:** Olivinos alterados a iddingsita, también presentan arcillitización; plagioclasas con alteración a sericita.
- **Nombre de la roca:** Basalto.



Código:	210219-07	Coordenadas:	644343 E / 183095 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color rosado, con fenocristales de plagioclasa tabular (1 mm), magnetita granular con alteración de óxidos (menor 1 mm). Matriz de ceniza fina color rosado.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos ferrosos como alteración de magnetita, plagioclasa alterada a sericita. Fracturas en la roca rellenas de sílice, pátinas de óxido de manganeso y hierro.
- **Nombre:** Toba

### Descripción microscópica

- **Textura:** Vitroclástica con matriz de ceniza y shards, texturas fluidales. Se observa cuarzo microcristalino por desvitrificación y pocos cristaloclastos en la sección. No se observan vitroclastos ni litoclastos.
- **Composición modal:** Matriz (82,5%), Plagioclasa (13,5%), Opacos, (2,25%) y Cuarzo (1,75%)

### Cristaloclastos:

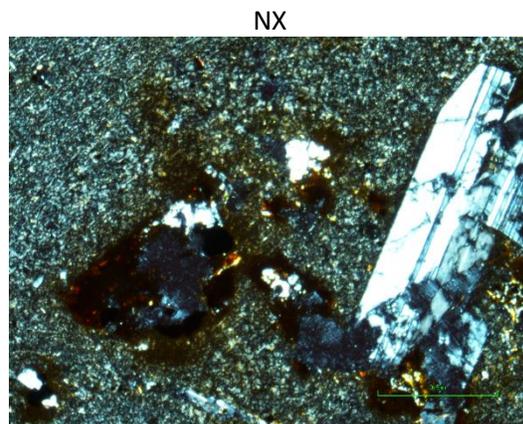
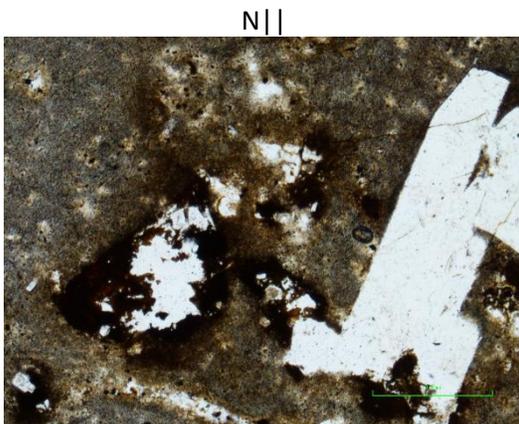
- Plagioclasa idiomórfica e hipidiomórfica tabular de tamaño variable (2,08 x 0,72 mm max, 0,96 x 0,26 mm prom) con macla de Carlsbad y macla polisintética
- Opacos xenomórficos granulares con halo de hematita (0,40 x 0,38 mm)
- Cuarzo xenomórfico granular (0,17 x 0,14 mm)

### Vitroclastos:

- Shards con textura axelítica (desvitrificación de shards)

### Litoclastos:

- No presenta
- **Nombre de la roca:** Toba cristalina con plagioclasa



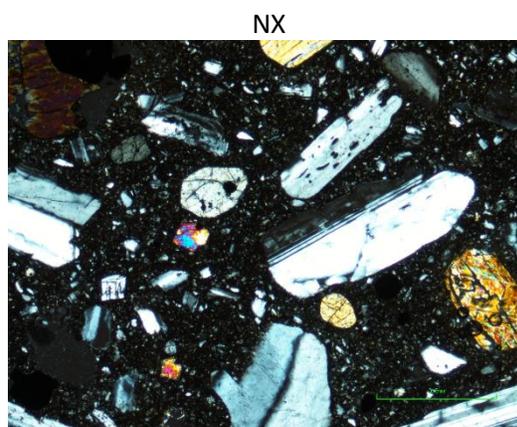
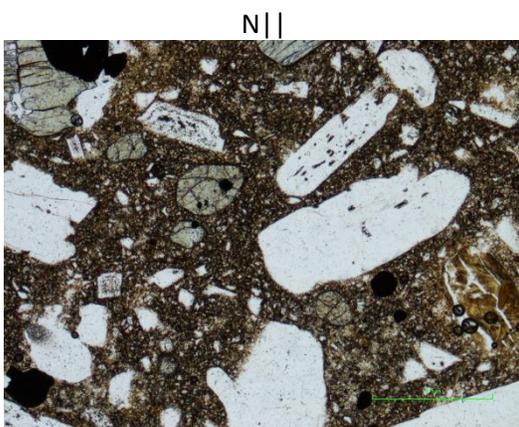
Código:	210219-08	Coordenadas:	644343 E / 183095 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris claro con tonalidades rosadas, con fenocristales de piroxenos granulares y tabulares (1 x 0,5 mm), plagioclasa columnar 1,5 mm x 0,5 mm) y magnetita granular (menor 0,5 mm). La matriz de la roca es de color gris claro, con tonalidades a biege.
- **Alteraciones y pátinas:** Óxidos como alteración de piroxenos, plagioclasas alteradas a sericita.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica, porfirítica seriada, con matriz de textura intersertal vesicular. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, augita e hipersteno, y microlitos de augita, plagioclasa y magnetita en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica con textura cribosa e inclusiones de augita (2,44 x 0,91 mm max, 0,62 x 0,21 mm prom), augita granular idiomórfica e hipidiomórfica con zonación reloj de arena (2,92 x 1,84 mm max, 0,72 x 0,33 prom), hipersteno granular idiomórfico (0,16 x 0,16 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,40 x 0,38 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (45,95%), Matriz (34,15%), (Augita (15,1%), Opacos (2,4%), Vesículas (2,4%) e hipersteno (0,25%).
- **Contenido de anortita:** 62% labradorita.
- **Minerales de alteración:** Augitas con alteración a clorita, uralita y óxidos, además de óxidos ferrosos presentes por la muestra y plagioclasas con procesos de seritización.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



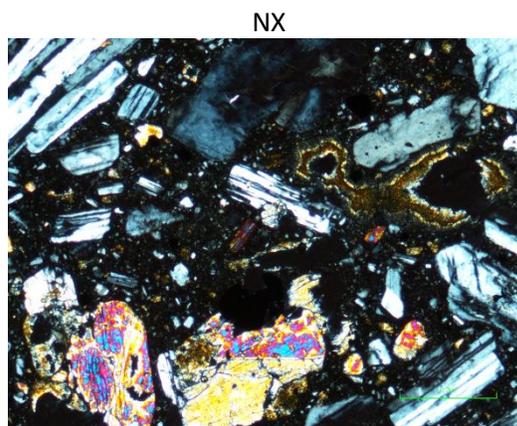
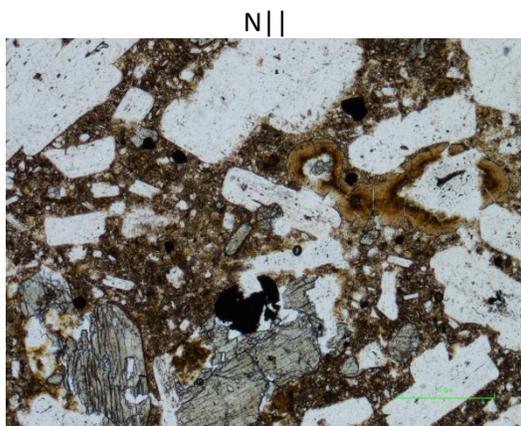
Código:	210219-09	Coordenadas:	644343 E / 183095 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	210219-G5

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de textura vesicular, con fenocristales de piroxenos granulares (1x 0,5 mm), plagioclasa tabular y columnar (1x 0,5 mm) y magnetita granular (0,5 x 0,5 mm). La matriz es de color gris claro a beige.
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasa alterada a sericita, pátinas de óxidos por toda la muestra.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina idiomórfica porfirítica, con matriz de textura intersertal y amigdaloida. La roca presenta fenocristales de plagioclasa y augita, con microlitos de augita, plagioclasa y opacos en su matriz, además de tener vesículas xenomórficas (0,48 x 0,31 mm).
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar idiomórfica (1,13 x 0,45 mm max, 0,40 x 0,21 mm min), augita granular idiomórfica e hipidiomórfica (1,22 x 0,57 mm) con frecuente maclado simple, augita tabular hipidiomórfica (2,35 x 0,50 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,48 x 0,22 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (62,15%), Matriz (16,55%), Augita (15,2%), Vesículas (4,45%) y Opacos (1,65%)
- **Contenido anortita:** 52% Labradorita.
- **Minerales de alteración:** Zeolita con impregnaciones de hematita con hábito radial (1,17 x 0,50 mm), dispuestas en vesículas xenomórficas. Augitas con alteración a uralita y clorita.
- **Nombre de la roca:** Andesita vesicular con augita.



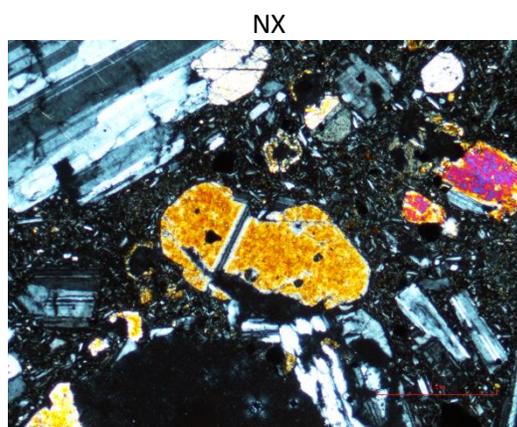
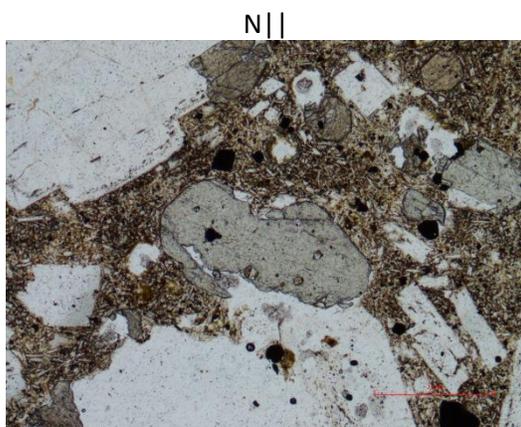
Código:	230219-01	Coordenadas:	642364 E / 183502 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	230219-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica color gris claro de textura vesicular, con fenocristales de piroxenos granulares (1x 0,5 mm), plagioclasa tabular y columnar (2x 0,5 mm) y magnetita granular (<0,5 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** Plagioclasa alterada a sericita, pátinas de óxidos en piroxenos.
- **Nombre:** Andesita.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocrystalina idiomórfica a hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal, con zonas con matriz vesicular y amigdaloida. La roca presenta fenocristales de augita y plagioclasa, con microlitos de augita, plagioclasa y opacos en su matriz. Además, la roca presenta textura amigdaloida, con disposición de calcita radial.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa columnar hipidiomórfica con textura cribosa (3,17 x 1,15 mm max, 2,14 x 0,62 mm prom), augita granular idiomórfica e hipidiomórfica (1,39 x 1,34 mm) con frecuente maclado simple, augita tabular hipidiomórfica (2,44 x 1,17 mm) y opacos xenomórficos granulares (1,20 x 0,77 mm).
- **Composición modal:** Matriz (44,45%), Plagioclasa (38,25%), Augita (8,75%), Vesículas (6,9%) y Opacos (1,65%).
- **Contenido de anortita:** 54% labradorita.
- **Minerales de alteración:** Calcita con impregnaciones de hematita con hábito radial (1,17 x 0,50 mm), dispuestas en vesículas xenomórficas, textura vesicular. Tonalidades amarillentas por toda la sección debido a la arcillitización de feldespatos. Clorita parda alterando plagioclasas.
- **Nombre de la roca:** Andesita vesicular con augita.



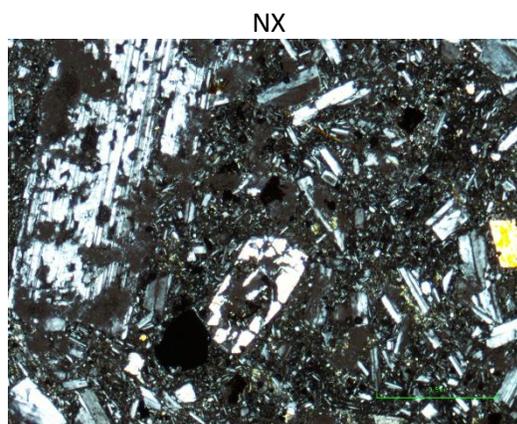
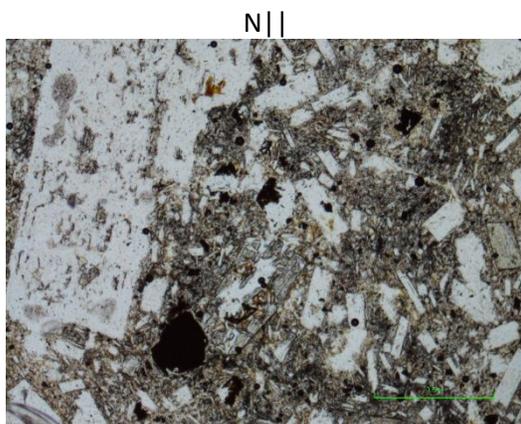
Código:	230219-02	Coordenadas:	642364 E / 183502 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	230219-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa columnar (2 x 0,5 mm), piroxeno granular (1 x 1 mm) y magnetita granular (0,5 x 0,5 mm). La roca tiene una matriz color gris claro, con una relación de 50% matriz.
- **Alteraciones y pátinas:** Pátinas de óxidos de hierro y manganeso, piroxenos con pátinas de óxidos y plagioclasa alterada a sericita.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, augita y hornblenda, con microlitos de plagioclasa tabular hidiomórfica, augita granular idiomórfica y magnetita granular hipidiomórfica en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica e hipidiomórfica tabular y columnar (3,36 x 1,10 max, 1,29 x 0,55 mm prom), augita idiomórfica e hipidiomórfica granular (2,64 x 1,08 mm max, 0,67 x 0,21 mm prom) que presentan intercrecimiento o inclusiones de magnetita, anfíbol columnar hipidiomórfico totalmente alterado (1,61 x 0,41 mm) y magnetita xenomórfica granular (0,33 x 0,26 mm). **Composición modal:** Plagioclasa (55,95%), Matriz (23,6%), Augita (11,75%), Opacos (6%) y Anfíbol (2,7%)
- **Contenido anortita:** 60% Labradorita
- **Minerales de alteración:** Plagioclasas siendo alteradas a sericita, augitas alteradas a minerales como uralita y arcillas varias, pátinas de óxidos de hierro dispersas por toda la muestra. Anfíbol alterado totalmente a arcillas.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita



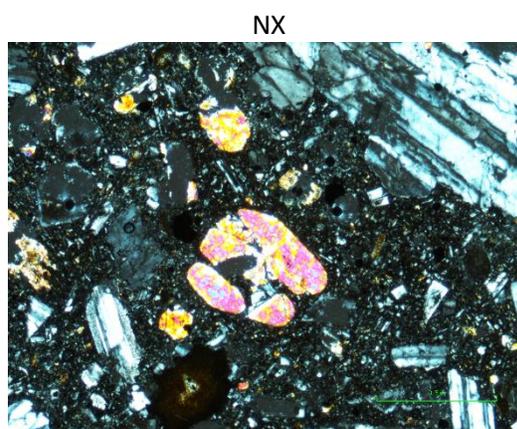
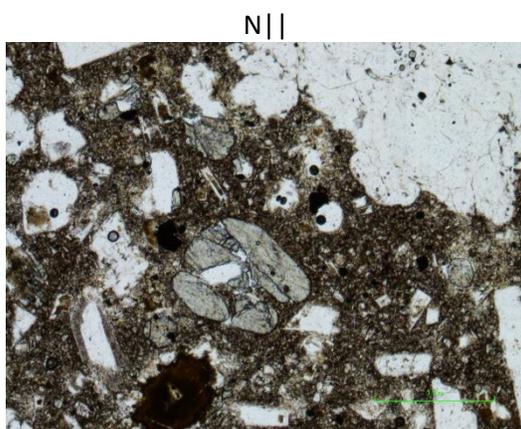
Código:	230219-03	Coordenadas:	642364 E / 183502 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	230219-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color gris azulado, con fenocristales tabulares de plagioclasa (2,5 x 0,5 mm), augita granular y tabular (0,5 x 0,5 mm) y magnetita granular (menor 0,5 mm). La roca presenta una matriz color gris oscuro y pocas vesículas.
- **Alteraciones y pátinas:** Pátinas de óxidos de hierro y manganeso en los bordes del clasto, alteración de las plagioclasas a sericita en los bordes de la muestra.
- **Nombre:** Andesita

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica, porfirítica con matriz de textura intersertal. La roca presenta fenocristales de plagioclasa, augita e hipersteno, con microlitos de augita, plagioclasa y opacos en su matriz.
- **Minerales:** En la muestra se observan fenocristales de plagioclasa tabular hipidiomórfica (2,18 x 1,24 mm max, 1,34 x 0,76 mm prom) de las cuales algunas presentan textura cribosa, augita tabular hipidiomórfica (0,72 x 0,26 mm prom), hipersteno idiomórfico granular (0,22 x 0,22 mm), augita granular hipidiomórfica a xenomórfica (1,22 x 1,17 mm) y opacos xenomórficos granulares (0,38 x 0,24 mm).
- **Composición modal:** Plagioclasa (45,95%), Matriz (37,2%), Augita (12,05%), Hipersteno (2,8%) y magnetita (0).
- **Contenido anortita:** 60% Labradorita
- **Minerales de alteración:** Plagioclasas con alteración a sericita, clorita parda como alteración de plagioclasas.
- **Minerales accesorios:** posible circon en plagioclasa, augita granular.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



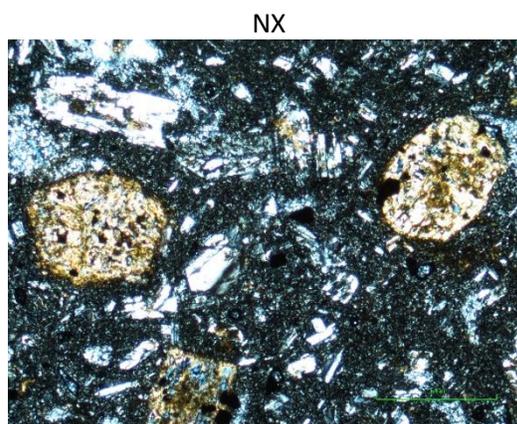
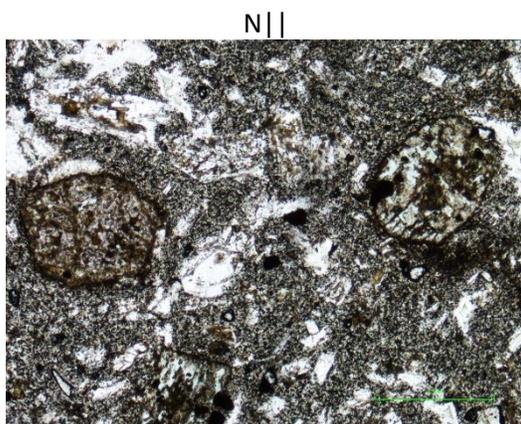
Código:	230219-04	Coordenadas:	642364 E / 183502 N
Área:	Reserva Biológica Hitoy Cerere	Afloramiento:	230219-G6

### Descripción macroscópica

- **Textura:** Roca afanítica porfirítica de color gris oscuro, con pocos fenocristales de plagioclasa y piroxenos (menor 1 mm).
- **Alteraciones y pátinas:** sectores de alteración a clorita en fracturas.
- **Nombre:** Andesita basáltica.

### Descripción microscópica

- **Textura:** Roca hipocristalina hipidiomórfica porfirítica, con matriz de textura intersertal. La sección presenta fenocristales de plagioclasa y augita, con microlitos de plagioclasa, augita y opacos. Esta roca se encuentra altamente alterada.
- **Minerales:** en la muestra se observan fenocristales de plagioclasa idiomórfica e hipidiomórfica columnar (1,53 x 0,57 mm max, 0,98 x 0,26 prom), augita hipidiomórfica granular (1,92 x 1,27 mm prom) y opacos xenomórficos e hipidiomórficos granulares (0,40 x 0,26 mm).
- **Composición modal:** Matriz (48,6%), Plagioclasa (29,7%), Augita (18,95%), Magnetita (2,75%).
- **Contenido anortita:** 60%, Labradorita
- **Minerales de alteración:** plagioclasas alteradas a arcillas, piroxenos sustituidos por uralita y clorita azul, clorita parda por la sección rellenando espacios. Cuarzo microcristalino ocupando espacios de fantasmas de augitas.
- **Minerales accesorios:** posible circón en augita alterada.
- **Nombre de la roca:** Andesita con augita.



Anexo 4. Datos de autores previos para el análisis composicional de los materiales.

Composición de Formación La Cruz (Alfaro 2017)

Mineral	C031625A	C031625B	C031626	C031627	C031628	C211001	C211002	CH031677	CH031680	CH031686	CH031688	E031653
Plagioclasa	68	52	71	66	57	81	76	65	64	60	25	64
Augita	15	12	11	20	35	14	16	18	16	12	4	27
Magnetita	6	8	7	14	8	5	8	14	11	5	1	7
Calcita	8	0.01	3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Olivino	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1	7	6	0.01	2
Epidota	3	0.01	0.01	0.01	2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Hornblenda	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.01

Mineral	E031655	E031661	E031667	ECH031693	K031607	K031608	K031614	P031638	P031639b	P031643	SI031670
Plagioclasa	71	60	56	79	61	75	67	57	56	71	40
Augita	23	4	27	0.5	18	16	21	22	22	18.5	4
Magnetita	7	12	4	10.5	9	9	11	20	13	8.5	20
Calcita	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Olivino	0.01	0.01	7	0.01	12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1
Epidota	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Hornblenda	0.01	0.01	0.01	6	0.01	0.01	0.01	1	0.01	0.01	0.01

Composición Basaltos Cerro Cabécar (Ulloa & Delgado, 2010)

Mineral	03-03	03-4	03-05	19F-7	19F-8	22F-3	23F-2	24F-4C	25-6
Plagioclasa	0.01	37	42	31	35	45	61	5	5
Augita	6	2	5	7	3	4	3	0.01	15
Hipersteno	2	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	0.01	0.01
hornblenda	1	0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.01	1	2
olivino	3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
biotita	0.01	0.01	2	0.01	1	0.01	0.01	0.01	0.01
magnetita	0.01	1	0.01	2	1	0.01	2	1	2

Unidad Kamuk (Alfaro, 2017)

Mineral	K031604	K031610	K031618	K031621	K031620	C031630	C031631	C031633	C031637
Plagioclasa	53	62	70	68	66	38	48	68	71
Augita	26	9	7	17	21	14	14	15	3
Hipersteno	0.01	5	0.01	0.01	0.01	0.01	2	3	4
Magnetita	12	5	13	14	13	18	5	7	2
Hornblenda	0.01	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Unidad Dúrika (Alfaro, 2017)

Mineral	U031701	U031702	D031705	D031706	D031708	D031710	D031711
Plagioclasa	48	34	85	81	81	68	44
Biotita	3	1	5	6	3	0.01	2
Augita	4	1	0.01	1	1	4	2
Magnetita	9	2	8	5	9	5	3
Olivino	0.01	0.01	2	1	0.01	0.01	1
Hornblenda	1	2	0.01	0.01	1	2	1

Granitos Intrusivo de Talamanca (Ulloa & Delgado, 2010; Alfaro, 2017)

Mineral	19F-A	19F-9	21F-1	28-6	C211006
Cuarzo	20.00	41.00	49.00	8.00	26.00
Plagioclasa	37.00	31.00	0.01	25.00	40.00
Ortosa	33.00	18.00	47.00	5.00	23.00
Biotita	5.00	5.00	0.01	3.00	0.01
Augita	2.50	3.00	0.01	8.00	0.01
Magnetita	2.50	2.00	3.00	3.00	3.00
Hornblenda	0.01	0.01	1.00	1.00	8.00

Monzonitas, dioritas y gabros (Ulloa & Delgado, 2010; Alfaro, 2017)

Mineral	C211003	C211004	C211004a	C211006	C211008	CH031682	CH031683	CH031689	ECH031692
Cuarzo	5	4	0.01	26	9	3	3	12	13
Plagioclasa	53	66	50	40	52	68	68	69	73
Ortosa	18	12	18	23	10	4	2	6	0.01
Biotita	3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	4
Augita	14	0.01	0.01	0.01	4	11	8	1	2
Hipersteno	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.01
Hornblenda	3	15	25	8	19	0.01	5	6	4
Magnetita	4	3	7	3	6	5	6	5	4
Olivino	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	8	8	0.01	0.01

Mineral	P031640	21F-2	21F-3 inc	24F-4A	24F-7	25-8
Cuarzo	3	7	3	5	5	6
Plagioclasa	57	61	58	75	73	81
Ortosa	0.01	7	10	14	0.01	4
Biotita	0.01	6	6	0.01	8	0.01
Augita	22	11	15	0.01	0.01	7
Hipersteno	2	3	0.01	0.01	5	0.01
Hornblenda	0.01	5	0.01	6	9	0.01
Magnetita	16	0.01	8	0.01	0.01	2
Olivino	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

