

# Revisión y análisis sobre el metamorfismo de alta presión de la Cordillera Central de Colombia.

Luis Fernando Gómez Pardo  
fg.0217@gmail.com  
Daniela Ramírez Guzmán  
dannragu@gmail.com



Universidad de Caldas

Universidad de Caldas  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Programa de Geología  
Manizales  
2022

# Revisión y análisis sobre el metamorfismo de alta presión de la Cordillera Central de Colombia.

Luis Fernando Gómez Pardo  
Daniela Ramírez Guzmán

Informe final pre-requisito para optar al título de Geólogo

Director

Roberto Maldonado, Ingeniero Geólogo, MSc y PhD  
Investigador Asociado C  
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México



Universidad de Caldas

Universidad de Caldas  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Programa de Geología  
Manizales  
2022

Nota de aceptación

---

---

---

---

---



---

Dr. Roberto Maldonado Villanueva  
Director

*A la memoria de mi amada hermana menor Jhohana Gómez Pardo a quien extraño cada día desmedidamente y a todo el que lucha constantemente con la ansiedad y la depresión. Que el amor de cada persona que nos ama sinceramente nos alcance y nos abrace en aquellos momentos de profunda oscuridad.*

*“Ten siempre a Itaca en tu mente.  
Llegar allí es tu destino.  
Mas no apresures nunca el viaje.  
Mejor que dure muchos años  
y atracar, viejo ya, en la isla,  
enriquecido de cuanto ganaste en el camino  
sin aguantar a que Itaca te enriquezca”  
Constantino Cavafis*

## Agradecimientos

A mi madre Marta, quien día a día desde que tengo memoria hizo todo lo que le fue posible por sacar a sus tres hijos adelante, pese a todas las dificultades. Gracias por tu abnegación. Todo mi amor hacia ti, eres el amor de mi vida.

A mi padre querido Luis Carlos que, aunque en algún momento de la vida nos perdimos en el camino, finalmente nos volvimos a encontrar. Con mi corazón te agradezco por tus enseñanzas de vida y ejemplo de servicio y fortaleza. Gracias por hacer parte de mi vida.

A mi hermano y mi más fiel amigo Diego, por brindarme su amistad y apoyo incondicional, nunca tendré suficiente para retribuir todo el amor que me has brindado. Eres un ser humano admirable.

A mi hermana amada y mi mejor amiga Jhohana, la menor de mis dos hermanos, una mujer llena de una fuerza increíble, soñadora, idealista, una mujer con la que compartimos el amor a la justicia y quien me enseñó el valor real del luchar por causas justas. A la abogada, quien extraño con todo mi corazón, quien esperaba con sincera alegría que llegara este día, le agradezco por creer en mí, por cada palabra de ánimo, por amarme con paciencia y darme palabras de fuerza para seguir cuando muchas veces ella misma no la tenía. Quisiera solo quedarme entre estas líneas de texto recordándote y contándoles a todos el ser maravilloso que fuiste Nana hermosa...

A José Luis Arroyave por quien conocí este maravilloso mundo de la ciencia, gracias por tu amistad y apoyo. De seguro hoy no estaría aquí si no fuera por ti mi amigo.

A mi amada amiga Dani, quien fue mi compañera en este viaje. Gracias por tanto, fuiste un apoyo fundamental en este año tan duro para mi familia y para mí, siempre en mi corazón.

A Mateo Osorio y Héctor Domínguez, gracias por acompañarme y apoyarme como mis buenos amigos durante estos últimos años.

A David Llano por tu valiosa amistad y enseñanzas, te respeto y admiro enormemente.

A Alejandra, Stiven, Michael, Manuela, Oscar, Manuel, Camila, Erika, Rico, Alejo, Juan David, Chavito y a todas esas otras grandes personas que tuve el privilegio de conocer al retomar la carrera hacia este título. Gracias muchachos por sus enseñanzas, las risas y porque seguramente no se lo dije, pero compartir con ustedes me dio en muchas ocasiones fuerza para seguir adelante.

A Roberto Maldonado, quien no solo fungió como mi director de tesis, sino que a través de la pasión que trasmite en cada enseñanza, me dio la oportunidad de tener un gran referente profesional y de ser humano. Sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible. Todo mi respeto, gratitud y sincera admiración hacia él.

A la profesora July Quiceno, por toda su colaboración y gran disposición para ayudarnos.

A la profesora Luz Mary Toro quien me permitió conocer y enamorarme de las rocas metamórficas.

A la Universidad de Caldas, el programa de Geología y todo su cuerpo docente.

Fernando.

## Agradecimientos

A Roberto Maldonado quiero agradecer por toda su paciencia con nosotros durante el desarrollo de esta tesis. Gracias por aceptar ser nuestro director, apoyarnos, alentarnos, y enseñarnos más de lo que creímos necesitar. Por sus correcciones y por permitirnos ser parte de un grupo de enseñanza bastante bonito. Aprendí y reevalúe muchas veces el papel que quiero desempeñar como geóloga en el mundo de la investigación, y poder participar del semillero con Roberto fue una experiencia enriquecedora en ese proceso. Así que quiero decirte que tu presencia en estos años no fue solo académica, me replanteé que la enseñanza puede hacerse por amor y aunque no me espera un camino fácil, espero hacerlo de la mejor manera.

A mi mamá por ser uno de los pilares de mi vida, por enseñarme y hacerme la persona que soy hoy. Agradezco todas nuestras charlas matutinas en las que me escuchas y me aconsejas de la mejor manera, porque, aunque a veces no entendías mucho de lo que hablaba de la tesis, me dabas ánimo para continuar y resolver todos los inconvenientes. Gracias a mi mamá y a mi tía Carmen por apoyarme siempre en mis decisiones, por permitirme estudiar y llevar una vida bastante cómoda. Gracias por enseñarme el valor de la familia.

Le doy gracias a la Universidad de Caldas y al programa de Geología porque fueron mi segundo hogar durante mi carrera profesional, me formaron con las bases en esta ciencia, y me dieron los espacios para conocer a personas maravillosas. Especialmente quiero agradecer a la profesora July por su ayuda para este trabajo y a la profesora Luz Mary por enseñarme sobre rocas metamórficas. Gracias amigos por acompañarme en estos años de sufrimiento, pero también de diversión, aprendizaje y de muchas experiencias e historias que contar. Que la vida nos dé la oportunidad de seguir compartiendo y creando más recuerdos juntos. Gracias Stiven, Michael, Laura, Juan Manuel, Juan David, Chavito, Manuela, Camila y Alejo porque hicieron que mi estadía en Manizales fuera enriquecedora y llevadera, y me enseñaron a conocerme, trabajar en equipo y ser paciente. Gracias Manuel y Oscar porque se volvieron parte importante en mi vida profesional y personal, me llena de felicidad saber que los tengo. Gracias Ludwing, Alejandra y Erika por levantarme el ánimo cuando lo necesito, por sus aportes y consejos en este trabajo y por enorgullecerse tanto de mí. Gracias por estar escuchando mis quejas y ayudarme a pensar con claridad. Y gracias a Fer, porque construir esto juntos fue una experiencia llena de altibajos, pero nos sacamos adelante. Aunque el camino no fue sencillo y tuvimos bastantes diferencias, me alegra saber que pudimos resolverlo todo. Gracias por inspirarme y por creer en mí, porque los días en los que no quería seguir con esto, me alentabas, aunque estuvieras igual. Gracias por la paciencia estos años y por ser parte de mi vida en todos los aspectos. Espero que la vida nos permita compartir y construir más esta amistad. Me siento feliz, agradecida y llena de amor por saber que tengo personas maravillosas que me rodean y me acompañaron durante mi vida académica y lo seguirán haciendo.

Daniela.

## Tabla de Contenidos

Resumen.....	xii
1. Introducción .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.1.1. Pijao, Génova y Barragán. ....	1
1.1.2. Tacueyó.....	4
1.1.3. Jambaló. ....	4
1.1.4. San José de Albán. ....	4
1.2. Justificación y objetivos.....	4
2. Marco Geológico .....	6
2.1. Contexto Tectónico.....	6
2.2. Geología Regional .....	6
3. Relaciones de campo.....	10
3.1. Pijao-Génova.....	10
3.2. Barragán.....	10
3.3. Tacueyó-Jambaló y alrededores.....	11
3.3.1. Resguardo Tacueyó.....	12
3.3.2. Resguardo de Toribio.....	12
3.3.3. Resguardo de San Francisco .....	13
3.3.4. Resguardo de Jambaló .....	13
3.4. San José de Albán .....	13
4. Petrología.....	22
4.1. Petrografía.....	22
4.1.1. Eclogitas.....	22
4.1.2. Esquistos azules .....	26
4.2. Química mineral.....	38
4.2.1. Eclogitas.....	40
4.2.2. Esquistos azules .....	45
4.3. Termobarometría.....	56
5. Geoquímica.....	58
6. Geocronología.....	66
7. Discusión.....	68
7.1. Petrogénesis y significado tectónico de los protolitos .....	68
7.2. El metamorfismo de alta presión y sus implicaciones tectónicas .....	69
8. Conclusiones.....	75
Lista de referencias .....	76

### Lista de tablas

Tabla 1. Métodos analíticos realizados en rocas de HP/LT que afloran en las localidades de interés.....	2
Tabla 2. Descripciones a escala mesoscópica de las rocas aflorantes en el área de San José de Albán.....	20
Tabla 3. Paragénesis principales descritas para la eclogita de Barragán y esquistos azules de Barragán y Jambaló.....	23
Tabla 4. Mineralogía presente en las eclogitas de Barragán y esquistos azules de Barragán y Jambaló.....	24
Tabla 5. Composición química promedio para los anfíboles de las eclogitas de Barragán.....	41
Tabla 6. Composición química promedio para el granate de las eclogitas de Barragán.....	44
Tabla 7. Composición química para la epidota de las eclogitas de Barragán.....	45
Tabla 8. Composición química promedio para los anfíboles en los esquistos azules de Jambaló y Barragán.....	47
Tabla 9. Composición química promedio para las micas blancas de los esquistos azules de Jambaló y Barragán.....	50
Tabla 10. Composición química promedio para los granates de los esquistos azules de Jambaló.....	52
Tabla 11. Composición química promedio para lawsonita en los esquistos azules de Barragán.....	53
Tabla 12. Composición química promedio para la clorita de los esquistos azules de Jambaló y Barragán.....	54
Tabla 13. Condiciones P-T para las eclogitas y esquistos azules de Barragán, Tacueyó, Jambaló y San José de Albán.....	57
Tabla 14. Datos geocronológicos relacionados a la eclogita y los esquistos azules de Barragán y Jambaló.....	67



### Lista de figuras

Figura 1. Localización en territorio colombiano de los estudios de interés en rocas metamórficas de HP/LT.....	3
Figura 2. Mapa regional de la zona de estudio. ....	7
Figura 3. Cartografía de la zona estudiada por González (1997) en la región de Barragán. ....	15
Figura 4. Cartografía y ubicación de muestras para la zona trabajada por Ríos-Reyes et al. (2008) en cercanías a la población de Barragán. ....	16
Figura 5. Cartografía realizada por Bustamante (2008) para la zona de Barragán. ....	17
Figura 6. Cartografía realizada por Bustamante (2008) para la zona de Jambaló. ....	18
Figura 7. Cartografía presentada por Ibarra-Bustos (2017) para la zona en San José de Albán. .	19
Figura 8. Petrografía de eclogitas en el área de Barragán.....	27
Figura 9. Petrografía de eclogitas en el área de Barragán (continuación) .....	28
Figura 10. Petrografía de esquistos azules en el área de Barragán. ....	32
Figura 11. Petrografía de esquistos azules en el área de Barragán (continuación).....	33
Figura 12. Petrografía de esquistos azules en el área de Jambaló. ....	36
Figura 13. Petrografía de esquistos azules en el área de Jambaló (continuación). ....	37
Figura 14. Petrografía de esquistos azules en el área de San José de Albán. ....	39
Figura 15. Clasificación composicional para los anfíboles de las eclogitas de Barragán.....	42
Figura 16. Diagrama de variación composicional para el granate en las eclogitas de Barragán..	43
Figura 17. Diagrama ternario en términos de Prp-(Alm+Sps)-Grs para el granate en las eclogitas de Barragán. ....	43
Figura 18. Clasificación composicional para los anfíboles de los esquistos azules de Jambaló y Barragán. ....	46
Figura 19. Diagrama de variación química Si vs Fe <sup>2+</sup> Mg para la mica blanca de esquistos azules de Jambaló y Barragán. ....	49
Figura 20. Diagrama de variación química Si vs K/K+Na para mica blanca de esquistos azules.	49
Figura 21. Diagrama de variación composicional para el granate en los esquistos azules de Jambaló. ....	51
Figura 22. Diagrama ternario en términos de Prp-(Alm+Sps)-Grs para el granate en los esquistos azules de Jambaló. ....	51
Figura 23. Diagrama multi-elemental normalizado a manto primitivo según Sun y McDonough (1989) para las eclogitas. ....	59
Figura 24. Diagrama multi-elemental normalizado a manto primitivo según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Barragán. ....	59
Figura 25. Diagrama multi-elemental normalizado a manto primitivo según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Jambaló.....	60
Figura 26. Diagrama de REE normalizado con respecto a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para las eclogitas. ....	61
Figura 27. Diagrama de REE normalizado con respecto a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Barragán. ....	61
Figura 28. Diagrama de REE normalizado con respecto a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Jambaló.....	62
Figura 29. Diagrama Nb/Y-Zr/TiO <sub>2</sub> para clasificación composicional de Winchester y Floyd (1977). ....	63
Figura 30. Diagrama Zr-Zr/Y de Pearce y Norry (1979) para discriminar ambiente tectónico. ..	63
Figura 31. Diagramas Nb-Zr-Y y Hf-Th-Nb para discriminación de ambiente tectónico.....	64

Figura 32. Diagrama Tb-Th-Ta de Cabanis y Thiéblemont (1988) para discriminar ambiente tectónico.....	65
Figura 33. Ilustración no a escala de la formación de los protolitos y el metamorfismo para las eclogitas y esquistos azules en Colombia durante el Cretácico Temprano. ....	73
Figura 34. Estimación de condiciones P-T para las eclogitas y esquistos azules de Barragán y Jambaló. ....	74

**Lista de anexos**

Anexo 1. Química mineral.....	80
Anexo 2. Química de roca total .....	130

## Resumen

Las rocas de alta presión y baja temperatura representan fragmentos metamorfoseados en zonas de subducción, y su presencia a nivel global no es muy común. Estas rocas en Colombia afloran dentro de la Cordillera Central, específicamente en las localidades de Pijao-Génova-Barragán como eclogitas retrogradadas a facies anfibolita; y en Barragán-Jambaló-Tacueyó-San José de Albán como lentes de esquistos azules rodeados principalmente por esquistos verdes. A pesar de la relevancia geológica de estas rocas, gran parte de la información disponible, distribuida en tesis, resúmenes y artículos científicos indexados o no, resulta difícil de organizar o es en algunos casos críptica. Este trabajo pretende hacer una revisión del conocimiento actual de estas rocas, a partir de estudios de campo, petrográficos, de química mineral, geoquímica, termobarometría y geocronología previos. Una contribución primaria de este documento consiste en la compilación y presentación sistemática de toda la información disponible hasta el momento. Dado el interés geológico de estas rocas, este trabajo puede ser de utilidad tanto para la comunidad geológica en general como para quienes pretenden profundizar en el tema. Adicionalmente, se presenta un análisis exhaustivo de los datos y una reevaluación de las interpretaciones actuales sobre su significado tectónico.

La relaciones litológicas y estructurales del (los) complejo(s) de subducción son poco conocidas debido a la falta de afloramientos. Y de hecho, buena parte de las muestras estudiadas no han sido colectadas in situ. Sin embargo, se han realizado descripciones petrográficas para cada complejo. Los análisis de química mineral se encuentran concentrados en las localidades de Barragán y Jambaló. Los estudios de termobarometría, calculados de manera cuantitativa y semicuantitativa, permiten conocer las condiciones de P-T para las eclogitas (10-15 kbar y 520-640°C), los esquistos azules de Barragán (5-9,5 kbar y 250-399°C) y para el metamorfismo de HP en Jambaló (5-16,9 kbar y 300-535°C). Los datos geocronológicos son escasos y corresponden a edades Lu-Hf y Ar-Ar. Estos dos métodos son consistentes en las localidades de Pijao-Génova y Barragán, donde proporcionan edades entre 130-120 Ma. Sin embargo, en la localidad de Jambaló, las edades Ar-Ar son significativamente más jóvenes. De manera general, las eclogitas están caracterizadas por la presencia de onfacita, granate y hornblenda, y son la evidencia de basaltos formados en una dorsal oceánica que alcanzaron el pico metamórfico ca. 128 Ma. Los esquistos azules representan por sí mismos fragmentos de corteza subducida poco comunes. Adicionalmente, en la localidad de esquistos azules de Barragán ha sido descrita lawsonita, que generaría un mayor interés para estas rocas. En esta localidad, los esquistos azules corresponden a basaltos de dorsal oceánica cuyo pico metamórfico es coetáneo con las eclogitas. Por otro lado, los esquistos azules de Jambaló son la evidencia de un arco de islas, cuyo sistema isotópico Ar-Ar en micas blancas registra un evento milonítico entre 67-61 Ma. El modelo evolutivo más reciente considera dos eventos distintos para el metamorfismo de alta presión que daría origen a estas rocas. Sin embargo, considerando las dataciones obtenidas en Jambaló como reseteos isotópicos se sugiere que las rocas de alta presión y baja temperatura en Colombia estarían relacionadas a un mismo evento metamórfico. La acreción posterior de fragmentos de corteza oceánica con el margen suramericano podría ser la causa de las edades más jóvenes.

## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

La historia metamórfica de las rocas de alta presión y baja temperatura (HP/LT: *High Pressure/Low Temperature*) en Colombia, ha sido explicada por diferentes autores durante los últimos 40 años. Estas rocas hacen parte del Complejo Arquía, que ha sido tema de discusión debido a las diferentes interpretaciones que han intentado resolver su historia evolutiva. Mayormente, esta discusión se ha generado debido a los análisis geocronológicos reportados para las diferentes unidades que conforman a este complejo.

En la Tabla 1 se presenta una síntesis de los distintos estudios previos sobre estas rocas, y se muestran los métodos analíticos usados por cada uno de los autores. A partir de estos estudios, se han identificado distintas franjas metamórficas de HP/LT a lo largo del territorio colombiano, de norte a sur se encuentran: entre los municipios de Pijao y Génova, en el departamento de Quindío; en el corregimiento de Barragán del municipio de Tuluá, en el departamento del Valle del Cauca; en cercanías al Resguardo Indígena de Tacueyó, del municipio de Toribio, en el departamento del Cauca; en los alrededores del municipio de Jambaló, en el departamento del Cauca; y dentro del municipio de San José de Albán, en el departamento de Nariño (Figura 1).

#### 1.1.1. Pijao, Génova y Barragán.

Según Ibarra-Bustos (2017), los primeros estudios que se realizaron para las rocas de HP/LT en las localidades de Pijao y Barragán, se pueden encontrar en los trabajos de Núñez y Murillo (1978), y McCourt y Feininger (1984), respectivamente. En 1997, González presenta una interpretación para la historia evolutiva de las eclogitas de Barragán, que relaciona posiblemente la ocurrencia de éstas con una secuencia ofiolítica, información análoga a la presentada por Ríos-Reyes et al. (2008) en su trabajo; no obstante, este último autor aporta información sobre una etapa final de retrogradación para las rocas eclogíticas. Además, por primera vez se presenta un modelo tectónico en Bustamante (2008) que ilustra la evolución de las rocas de HP/LT en la localidad de Barragán dentro de un ambiente de subducción, destacándose la información geoquímica presentada posteriormente en Bustamante et al. (2012). Finalmente, García-Ramírez et al. (2017) presentan nueva información geocronológica y esquematizan un nuevo modelo tectónico en el que se relacionan estas rocas con las unidades litodémicas adyacentes.

Tabla 1. Métodos analíticos realizados en rocas de HP/LT que afloran en las localidades de interés.

Autor y año	Localidad	Métodos analíticos							
		Pt	Gq	Qm	Gtb	Gcr	Hr	Is	Ipr
Orrego et al. (1977)	Jambaló	X							
Murcia y González (1982)	Tacueyó	X		X	X				
González (1997)	Barragán	X		X	X		X		
Bustamante (2008)	Jambaló	X	X	X	X	X			
	Barragán	X	X	X	X	X			
Ríos-Reyes et al. (2008)	Barragán-Pijao	X					X		
Bustamante et al. (2011)	Jambaló								X <sup>1</sup>
Bustamante et al. (2012)	Barragán								X <sup>1</sup>
García-Ramírez et al. (2017)	Pijao-Génova	X	X			X			
Ibarra-Bustos (2017)	San José de Albán	X							
Bustamante y Bustamante (2019)	Jambaló, Pijao y Barragán		X <sup>EA</sup>						X <sup>1,2</sup>
Bustamante et al. (2020)	Jambaló		X <sup>EV</sup>					X	X <sup>3</sup>
Pt: Petrografía		Gcr: Geocronología		1: Bustamante (2008)					
Gq: Geoquímica		Hr: Historia reaccional		2: García-Ramírez et al. (2017)					
Qm: Química mineral		Is: Isótopos Nd y Sm		3: Bustamante y Bustamante (2019)					
Gtb: Geotermobarometría		Ipr: Información previa recopilada		EA: Dos nuevos en esquistos azules					
				EV: Seis nuevos en esquistos verdes					

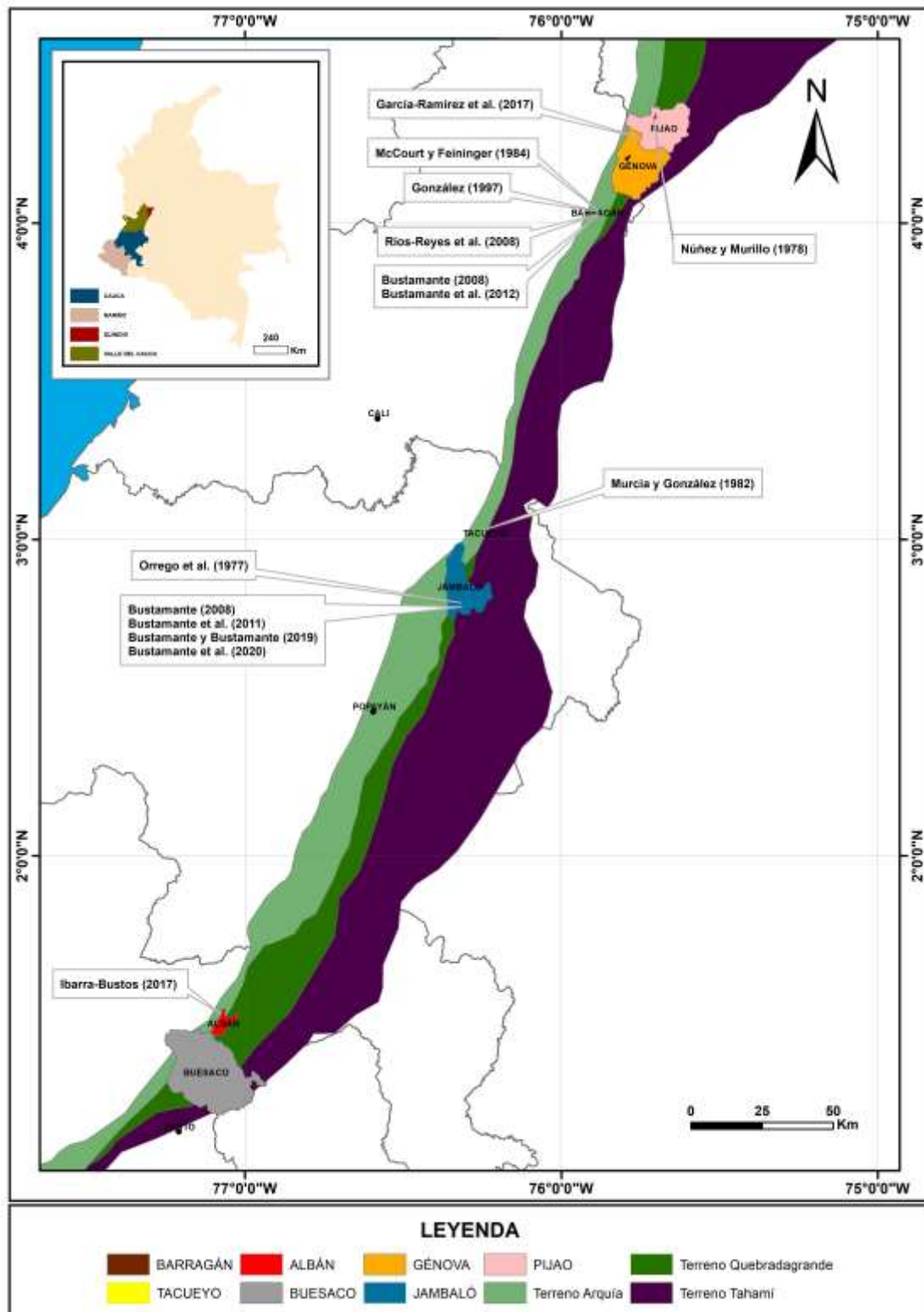


Figura 1. Localización en territorio colombiano de los estudios de interés en rocas metamórficas de HP/LT.

Construido a partir de Maya y González (1995) y Gómez et al. (2015).

### *1.1.2. Tacueyó.*

Las rocas de HP/LT en esta localidad fueron reportadas por primera vez en Murcia y González (1982). Estos autores describen de manera general la mineralogía de las rocas a partir de petrografía, y sugieren condiciones de P-T. Además, definen un cinturón metamórfico pareado en la región Pacífica de Ecuador y Colombia, del cual estas rocas hacen parte. En este reporte se definen a estas rocas como Esquistos Glaucofánicos de Tacueyó.

### *1.1.3. Jambaló.*

Los esquistos azules de Jambaló fueron mencionados por primera vez por Orrego et al. (1976, en Orrego et al., 1977), y estudiados por estos autores en 1977; este artículo representa el primer reporte de esquistos azules en Colombia. Y las interpretan como parte de una zona de mélange. Posteriormente, Bustamante (2008) y Bustamante et al. (2011) presentan nueva información geocronológica que contrasta con las edades propuestas en anteriores trabajos para esta localidad. A partir de esta nueva información, los autores proponen un modelo tectónico diferente para la localidad de Jambaló, que corresponde a un ambiente de subducción con influencia de arco de islas (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2011; Bustamante et al., 2020). De esta manera, sugieren al menos dos eventos de subducción durante el Cretácico (Bustamante y Bustamante, 2019).

### *1.1.4. San José de Albán.*

En este municipio del departamento de Nariño, es reportada por primera vez la presencia de esquistos azules en la tesis de pregrado de Ibarra-Bustos (2017) En este se realiza una descripción petrográfica, a partir de la cual se proponen condiciones de presión-temperatura, trayectoria y modelos tectónicos relacionados a la historia evolutiva de las rocas de HP/LT en la localidad. Basado en esta información, Ibarra-Bustos (2017) sugiere que los esquistos azules de San José de Albán podrían llegar a correlacionarse con los reportados en Jambaló.

## ***1.2. Justificación y objetivos***

Con base en la información presentada anteriormente, es posible evidenciar la necesidad que presenta la investigación de rocas metamórficas de HP/LT en el territorio colombiano, ya que no se cuenta hasta la fecha con suficiente información que permita dar claridad sobre los eventos



colisionales cretácicos que dieron origen a estas rocas. Este trabajo pretende compilar de manera completa y ordenada una base de datos que contenga la información disponible de las rocas metamórficas de HP/LT que afloran en la Cordillera Central de Colombia y reevaluar los modelos evolutivos que han sido propuestos para estas rocas hasta el momento. Una de las razones más importantes para la realización de esta investigación, es la evidente necesidad de dar a conocer los faltantes investigativos que se tienen en algunas localidades ubicadas al suroccidente del país, debido en gran medida a las problemáticas de orden social que limitan o restringen el acceso a las zonas. Para la realización de este trabajo, se plantearon las siguientes actividades a cumplir como objetivos específicos.

- Recopilar la información sobre rocas metamórficas de HP/LT aflorantes en la Cordillera Central de Colombia.
- Organizar un documento que presente bajo parámetros temporales y de distribución espacial en territorio colombiano, el conocimiento acumulado existente de estas rocas.
- Generar una base de datos que agrupe los resultados de los métodos analíticos realizados hasta el momento en las rocas de HP/LT.
- Recalcular la química de roca total y química mineral a partir de los datos entregados por diversos autores.
- Interpretar los resultados del recalcular de química de roca total y química mineral, a la luz de la información de relaciones de campo y petrografía entregada por otros.
- Proponer un modelo geológico evolutivo que esté sustentado en la reevaluación del estado del conocimiento de las rocas de HP/LT aflorantes en la Cordillera Central de Colombia.

En los anexos de este trabajo se puede consultar la información que ha sido compilada para la química de roca total y recalculada para la química mineral en las rocas de HP/LT presentadas aquí. Sin embargo, si es de interés para el lector consultar la base de datos que contiene estos análisis más la compilación de los datos presentados por los autores trabajados aquí para los litotipos asociados a estas rocas, en la presentación inicial están los correos a los cuales se puede solicitar dicha información.

## 2. Marco Geológico

### 2.1. Contexto Tectónico

Las rocas de HP/LT en Colombia, parecen registrar al menos dos procesos de subducción cretácicos, los cuales son: 1) la subducción entre las placas Farallón y Suramericana, que ocurrió en el Cretácico Temprano (128-120 Ma; García-Ramírez et al., 2017; Bustamante y Bustamante, 2019), relacionado con el metamorfismo de alta presión en facies esquisto azul y facies eclogita que aflora entre las localidades de Pijao-Génova y Barragán. Esta etapa de subducción habría incluido un engrosamiento cortical, a causa de la formación de las eclogitas, y un proceso de *slab roll-back* relacionado con la formación del Complejo Quebradagrande (Ríos-Reyes et al., 2008; García-Ramírez et al., 2017). 2) La subducción entre el Plateau Caribeño y la placa Suramericana, que ocurrió entre el Cretácico Tardío-Paleógeno (70-60 Ma; Bustamante et al., 2011; Bustamante y Bustamante, 2019), relacionado con el metamorfismo de alta presión en facies esquisto azul que ocurre en la localidad de Jambaló. Esta etapa de subducción culminó con la colisión entre estos dos fragmentos de corteza dando inicio a la Orogenia Andina (Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2002; Caballero et al., 2010; Villagómez et al., 2011; Bustamante et al., 2020).

### 2.2. Geología Regional

La configuración geológica de Colombia es el resultado de un régimen tectónico principalmente convergente (Montes et al., 2019), que ha dado lugar a la morfología característica de los Andes Colombianos, donde las más notorias estructuras corresponden a las denominadas Cordillera Oriental, Cordillera Central y Cordillera Occidental (Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2002; Caballero et al., 2010; Villagómez et al., 2011; Bustamante et al., 2020). Al interior de la Cordillera Central se extienden las rocas de alta presión, estudiadas en este trabajo, constituyendo una franja metamórfica desde el municipio de Pijao hasta el municipio de San José de Albán en el sur. A continuación, se presenta una síntesis de la geología de estas cordilleras, exponiendo las principales unidades geológicas y la relación entre ellas.

La Cordillera Central está constituida principalmente por tres complejos metamórficos que han sido denominados Complejo Cajamarca, Complejo Quebradagrande y Complejo Arquía (Maya y González, 1995) (Figura 2).

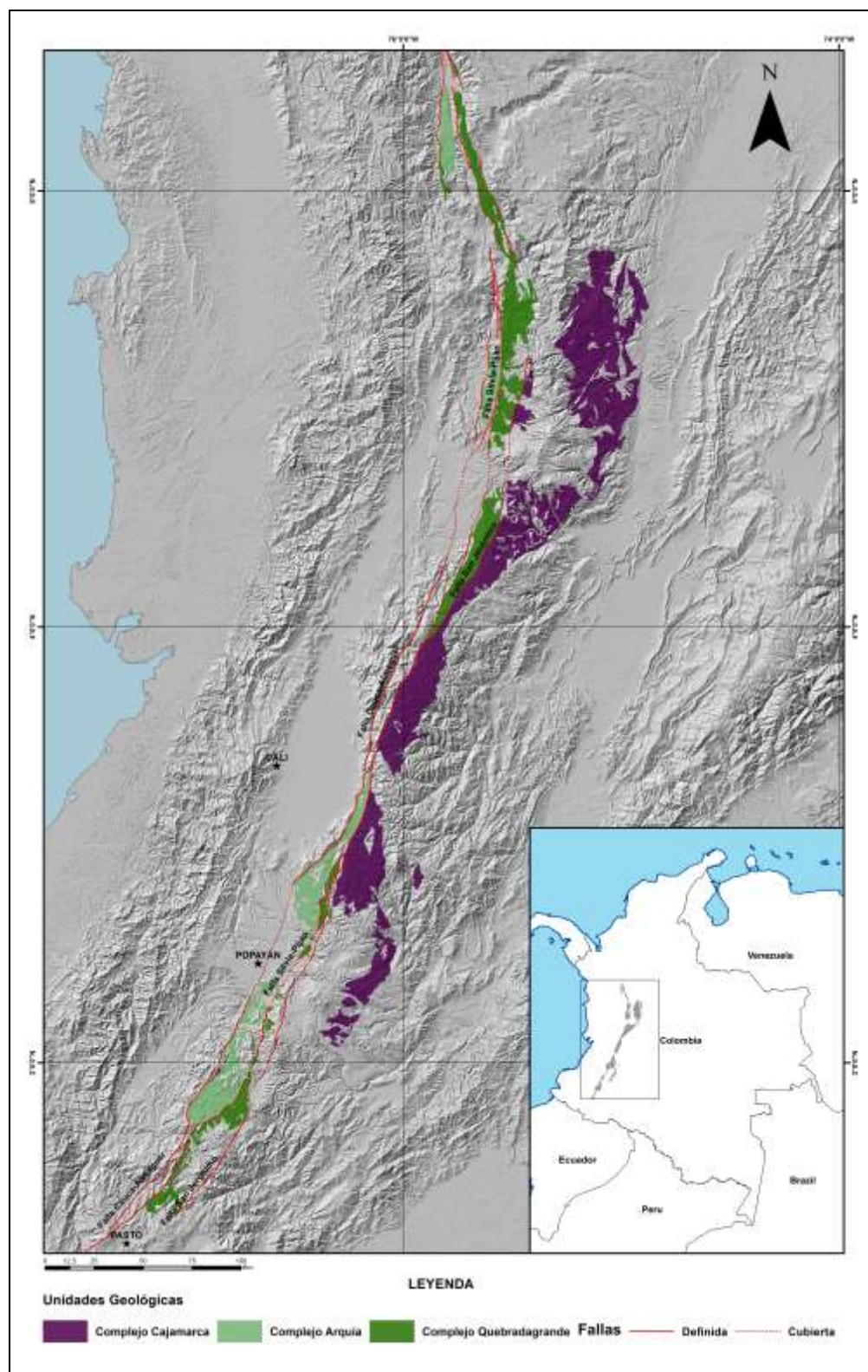


Figura 2. Mapa regional de la zona de estudio.

Construido a partir del DEM de la NASA e información de Gómez et al. (2015).

Es necesario aclarar que el término “complejo” no debe entenderse como unidad litoestratigráfica, ya que no corresponde a un cuerpo “homogéneo” y su historia evolutiva debe ser definida a partir del conjunto de datos que se tiene para cada uno de sus constituyentes (Moreno-Sánchez et al., 2008).

El Complejo Cajamarca fue inicialmente definido por Nelson (1957) como la Serie de Cajamarca, constituido por rocas metamórficas y diabásicas entre Ibagué y Armenia. Posteriormente, Mosquera et al. (1982) define como Grupo Cajamarca a la parte metamórfica propuesta anteriormente por Nelson (1957). Y finalmente, Maya y González (1995) definen como Complejo Cajamarca a un conjunto polimetamórfico de baja a media presión, representado litológicamente por esquistos cuarzo sericíticos, esquistos verdes, filitas, cuarcitas y algunas franjas de mármoles. El evento metamórfico que afectó este complejo es principalmente Pérmico-Triásico (Moreno-Sánchez et al., 2008), sin embargo, se tienen datos geocronológicos que registran un evento Jurásico (Blanco-Quintero et al., 2014). Según Blanco-Quintero et al. (2014), el evento del Jurásico Tardío tuvo lugar en un ambiente de ante arco/arco volcánico en la margen activa del occidente de Gondwana. Este se encuentra limitado estructuralmente al occidente por la falla San Jerónimo (Grosse, 1926), que lo pone en contacto con el Complejo Quebradagrande.

El Complejo Quebradagrande inicialmente fue definido por Grosse (1926) como una formación de rocas volcánicas ácidas y básicas. Posteriormente, González (1980) reconoce dos miembros en este complejo, uno de tipo sedimentario y otro de tipo volcánico. En Moreno-Sánchez et al. (2008) se describe al miembro sedimentario, ubicado en el sector oriental del complejo, como rocas metasedimentarias de origen marino. Y al miembro volcánico, como rocas metavolcánicas ubicadas en el occidente del complejo, afectadas por un metamorfismo de bajo a medio grado. Según la evidencia paleontológica, la edad para este complejo va desde el Berriasiano hasta el Albiano (Cretácico Temprano), y tuvo lugar dentro de una cuenca marginal con un arco volcánico asociado al occidente de la misma (Moreno-Sánchez et al., 2008). Los límites estructurales para este complejo son la falla San Jerónimo al oriente y la falla Silvia-Pijao al occidente, que lo separa del Complejo Cajamarca y del Complejo Arquía, respectivamente.

El Complejo Arquía se encuentra limitado estructuralmente al este por la falla Silvia-Pijao, y al oeste por la falla Cauca-Almaguer que lo pone en contacto con rocas mesozoicas de afinidad oceánica que conforman el basamento de la Cordillera Occidental (Maya y González, 1995). Este complejo está conformado por rocas metamórficas de protolito ígneo, sedimentario y metamórfico,

las cuales varían en un rango de edad que van principalmente desde el Triásico al Cretácico. Las principales unidades que lo conforman son: Esquistos de Sabaletas, Grupo Arquía, Esquistos de Lisboa-Palestina, Grupo Bugalagrande, Complejo Bolo Azul, Complejo El Rosario, Esquistos de Barragán, Esquistos de Jambaló y secuencia metamórfica de Buesaco (Ruiz et al., 2012; Rodríguez y Arango, 2013). El metamorfismo que se registra en este complejo va de bajo a alto grado. Cabe destacar que, el metamorfismo de alta presión en este complejo está representado por las rocas estudiadas en este trabajo: Esquistos Azules de Pijao (Núñez y Murillo, 1978; en Ibarra-Bustos, 2017), Esquistos Azules de Barragán (McCourt y Feininger, 1984; en Ibarra-Bustos, 2017), Eclogitas de Barragán (González, 1997), Esquistos Azules de Tacueyó (Murcia y González, 1982), Esquistos Azules de Jambaló (Orrego et al., 1977), y Esquistos Azules de San José de Albán (Ibarra-Bustos, 2017).

Por otro lado, como basamento de la Cordillera Occidental se encuentran las rocas mesozoicas de afinidad oceánica, definidas por Maya y González (1995) como Vulcanitas Oceánicas Mesozoicas. Esta unidad está constituida por la intercalación de rocas básicas toleíticas y rocas sedimentarias marinas (Maya y González, 1995) que definen una provincia oceánica definida por Villagómez et al. (2011) como la Gran Provincia Ígnea del Caribe. Esta gran provincia, conocida también como Plateau Caribeño, se formó por la influencia de la pluma mantélica de Galápagos sobre la placa Farallón (Cetina et al., 2019). Esta evolucionó desde una meseta oceánica hasta un arco intraoceánico, que posteriormente, colisionó con el margen continental de Suramérica entre el Cretácico Tardío-Paleógeno dando inicio a la Orogenia Andina (Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2002; Caballero et al., 2010; Villagómez et al., 2011; Bustamante et al., 2020). Y finalmente, al este de la Cordillera Central se encuentra la Cordillera Oriental. El basamento cristalino de esta cordillera está representado principalmente por rocas metamórficas e ígneas proterozoicas, y además por rocas no cristalinas que registran un lapso de tiempo entre el Neoproterozoico y el Paleozoico Tardío (Chicangana y Kammer, 2013). Estas rocas constituyen cuatro grandes macizos: Macizo de Santander, Macizo de Quetame, Macizo de Floresta y Macizo de Garzón (Chicangana y Kammer, 2013; Mantilla-Figueroa et al., 2016).

### 3. Relaciones de campo

En este capítulo se describirán a escala mesoscópica las relaciones estructurales, litológicas y texturales que han sido observadas por los distintos autores en las respectivas campañas de campo que hicieron al estudiar las rocas de HP/LT y algunos litotipos asociados.

#### ***3.1.Pijao-Génova***

Al sur occidente de Pijao, García-Ramírez et al. (2017) describen cuerpos lenticulares de eclogitas, a escala métrica dentro de anfibolitas granatíferas y esquistos actinolíticos. Estos cuerpos eclogíticos con un alto grado de retrogradación. Asociadas a estas rocas y siendo parte del Complejo Arquía, los mismos autores describen algunos litotipos como: esquistos cloríticos de color verde oliva que afloran al noroccidente de Génova, con esquistosidad y crenulación; esquistos actinolíticos que afloran al sur de Génova vía a Barragán, con coloración de verde a verde grisáceo y crenulación e intensa deformación que genera una estructura milonítica; esquistos anfibolíticos con granate aflorando en cercanías a Córdoba sobre la vía Génova-Barragán, con coloraciones que varían entre verde y café; anfibolitas de coloración verde que afloran en la vía Pijao-Córdoba-Buenavista; anfibolitas granatíferas que afloran en la vía Pijao-Buenavista-Puente Tabla, de coloraciones que van del verde oscuro al verde claro, con estructura masiva y bandeada; peridotitas serpentizadas que afloran en las carreteras de Rio Verde-Córdoba y Pijao-Rio Azul, como fragmentos de corteza oceánica emplazados tectónicamente a lo largo del sistema de fallas Silvia-Pijao; y metabasaltos que afloran al sureste de Génova, principalmente en el Rio Gris, con coloración verde grisáceo.

#### ***3.2.Barragán***

Esta localidad ha sido objeto de estudio de varios autores. Entre ellos, González (1997) describe variaciones composicionales en un grupo de rocas observadas en una cantera al oeste de la población de Barragán. Estas variaciones son descritas por el autor según la presencia de litotipos como: troctolita, con estructura masiva; gabro anfibolitizado, de coloración verde a verde grisáceo, con estructura masiva a ligeramente foliada, y apariencia triturada cerca al contacto con la troctolita; metagabro granatífero similar al gabro anfibolitizado, pero a diferencia de este, presenta granates rosados diseminados; y, eclogita con estructura masiva a ligeramente foliada. En esta cantera, este autor recolecta 16 muestras en total, de las cuales tres corresponden a la troctolita,

siete al gabro anfibolitizado, dos al metagabro granatífero y cuatro a la eclogita. Los afloramientos se encuentran meteorizados y discontinuos. En la Figura 3 se puede observar la cartografía presentada en González (1997). Por otro lado, Ríos-Reyes et al. (2008) no presentan descripciones a escala mesoscópica. Sin embargo, en la Figura 4 se puede observar la ubicación de las muestras que corresponden a los esquistos azules de Barragán estudiadas por estos autores, y recolectadas por Méndez y Zapata (1985) (en Ríos-Reyes et al., 2008). Cabe aclarar que la muestra DUC-26, descrita en Ríos-Reyes et al. (2008) como eclogita retrograda no tiene coordenadas descritas para su ubicación.

Así mismo, en la vía que conduce a la población de Barragán, Bustamante (2008) levanta tres perfiles y recolecta 44 muestras en total. Estos perfiles corresponden a: 1) Vía Barragán-Santa Lucia, donde afloran metabasitas con una foliación principal N87W/20SW y metapelitas con una foliación principal E-W/40S. Estas rocas presentan meteorización, pero es común encontrar núcleos de roca fresca. 2) Vía Barragán-Tuluá, en la cual afloran rocas metaultramáficas y metapelitas, pero debido al alto grado de meteorización, solo fue posible determinar la foliación de algunas rocas metaultramáficas milonitizadas (N55E/SE). 3) Vía Barragán-Cumbarco, en la que se describen eclogitas retrogradadas, metapelitas y metabasitas, estas dos últimas fracturadas y meteorizadas. La foliación principal observada en el afloramiento es N80E/SE. La Figura 5 corresponde a la cartografía presentada en Bustamante (2008) para la localidad de Barragán y en ella se puede observar la ubicación de los distintos afloramientos visitados por el mismo autor.

### ***3.3. Tacueyó-Jambaló y alrededores***

Hacia el sureste de la inspección de policía de Tacueyó, en la vereda La Calera, Murcia y González (1982) describen a los esquistos de glaucofana como rocas metamórficas de grano fino a grueso, con coloración de gris a gris azulado, estructura de esquistosa a bandeada definida por bandas félsicas y de mica y glaucofana. Estos autores reconocen algunos cristales de glaucofana que alcanzan los dos centímetros. En cercanías a Jambaló, Orrego et al. (1977) describen tres unidades con metamorfismo de tipo bórico, las cuales son: 1) Unidad de Esquistos Glaucofánicos Jambaló, que se extiende desde el poblado de Jambaló hasta el pico de la Cordillera Central, aflorando principalmente en el Río Calambaz. Esta unidad está conformada principalmente por la intercalación de metalimolitas, metagrauvascas, metacherts, metacalizas y metashales carbonáceos con rocas metavolcánicas que corresponden a metadiabasas, metabasaltos y posiblemente lavas

almohadilladas. Se pueden encontrar planos de esquistosidad bien definidos con dirección al oeste, plegamientos y microplegamientos a nivel de afloramiento. 2) Unidad de Esquistos Verdes La Mina, que aflora al este y suroeste del caserío La Mina y al oeste de Pitayó. Esta unidad está conformada por una secuencia metasedimentaria y metavolcánica, similar a la observada en la unidad anteriormente descrita, diferenciándose por la ausencia de metacalizas y la presencia de metagabros. 3) Unidad de Anfibolitas San Antonio, que aflora como dos cuerpos a lo largo de la quebrada San Antonio, uno hacia el oeste de Jambaló y otro al oeste de Toribio. La mayoría de rocas que conforman esta unidad corresponden a metadiabasas, metabasaltos y metagabros, y en menor proporción, metalimolitas, metagrauvas y metacherts. A partir de la información presentada por Orrego et al. (1977), Bustamante (2008) levanta 12 perfiles principalmente en los resguardos de Tacueyó, Toribío, San Francisco y Jambaló. La figura 6 corresponde a la cartografía presentada en Bustamante (2008) con la ubicación de los distintos afloramientos visitados por este mismo. Las descripciones que son presentadas en dicho trabajo para los resguardos visitados son:

### *3.3.1. Resguardo Tacueyó*

Se observa en el arroyo San Diego o el Barrial, rocas de coloración verdosa, esquistosas, de grano fino, con anfíbol diseminado y esquistos azules como bloques rodados de color gris azulado, ocasionalmente con granates diseminados. Estas rocas presentan una foliación en dirección N8W/SW. En la mina La Manuela sector La Calera, se encuentran principalmente mármoles de color blanco, con tonalidades gris, verde y rosa. El autor también identifica en esta mina minerales como epidota y anfíbol en algunos rodados, de los cuales uno de ellos en análisis al microscopio fue clasificado como esquisto azul. El cizallamiento de las rocas presentes en este sector está orientado en dirección N67E/NW. Balastrea La Luz es una cantera abandonada, en la cual el autor reporta cuerpos ígneos félsicos, fuertemente fracturados, meteorizados y con alteración hidrotermal.

### *3.3.2. Resguardo de Toribio*

En el arroyo Vichiquí se observan esquistos de color verde, con clorita y piritita diseminada. Estos esquistos presentan fracturamiento, una fuerte meteorización, y una foliación milonítica en dirección N38E/NW.



### 3.3.3. *Resguardo de San Francisco*

En el arroyo Elasio afloran esquistos grafitosos, cuarzosos y ricos en anfíboles, y otras rocas de color gris que debido al alto grado de meteorización y milonización, no fue posible identificar. Se infiere una foliación N12E/SE para los afloramientos en este arroyo a partir de la relación con los afloramientos del arroyo Río Chiquito. En este último arroyo, se encuentran bloques rodados de esquistos grafitosos de color gris y algunos esquistos azules, con coloración entre gris azulado y plateado debido a la abundancia de mica blanca. Además, se observa un único afloramiento con foliación en dirección N12E/SE. En el arroyo Flayó se encuentran esquistos grafitosos y esquistos micáceos, de grano fino, con coloración gris y verde respectivamente. Aflora también en este arroyo una secuencia vulcanosedimentaria con rocas metavolcánicas ricas en epidota y un metaconglomerado. En el arroyo La Primicia afloran esquistos grafitosos con moscovita y cuarzo de grano fino. Y, en el arroyo Quinamayó esquistos grafitosos de grano fino, algunos ricos en anfíbol y clorita, y otros en grafito.

### 3.3.4. *Resguardo de Jambaló*

En el arroyo El Asio afloran esquistos verdes cloríticos de grano fino, con una fuerte meteorización. Afloran en el arroyo Muñoz rocas ultramáficas serpentinizadas de grano fino, esquistos verdes de grano fino y esquistos azules con anfíbol azul, cuarzo y mica blanca. Estas tres litologías presentan una marcada foliación. En el arroyo Cansa Bobos ocurren rocas ultramáficas serpentinizadas y esquistos verdes de grano medio, altamente milonizados, con anfíbol y plagioclasa. En el arroyo Calambaz predominan los esquistos azules con anfíbol y mica, con respecto a los esquistos verdes. Las rocas en este arroyo se encuentran fuertemente milonizadas en dirección N20E/NW. Por último, en la localidad de La Balastrera, sobre la vía Jambaló-San Francisco, afloran rocas ultramáficas serpentinizadas de color gris oscuro, intensamente fracturadas.

## 3.4. *San José de Albán*

Las rocas de HP/LT en esta localidad son descritas en Ibarra-Bustos (2017) donde se presenta la descripción macroscópica para 21 muestras recolectadas principalmente sobre la vía Buesaco-San José de Albán. De estas muestras el autor selecciona ocho para descripción microscópica. La Figura 7 corresponde a la cartografía presentada por este autor en el que se

observa la ubicación de las distintas muestras recolectadas. Y, en la Tabla 2 pueden consultarse las descripciones a escala mesoscópica correspondientes. Los datos de esquistosidad fueron seleccionados únicamente para las muestras que presentan descripciones petrográficas.

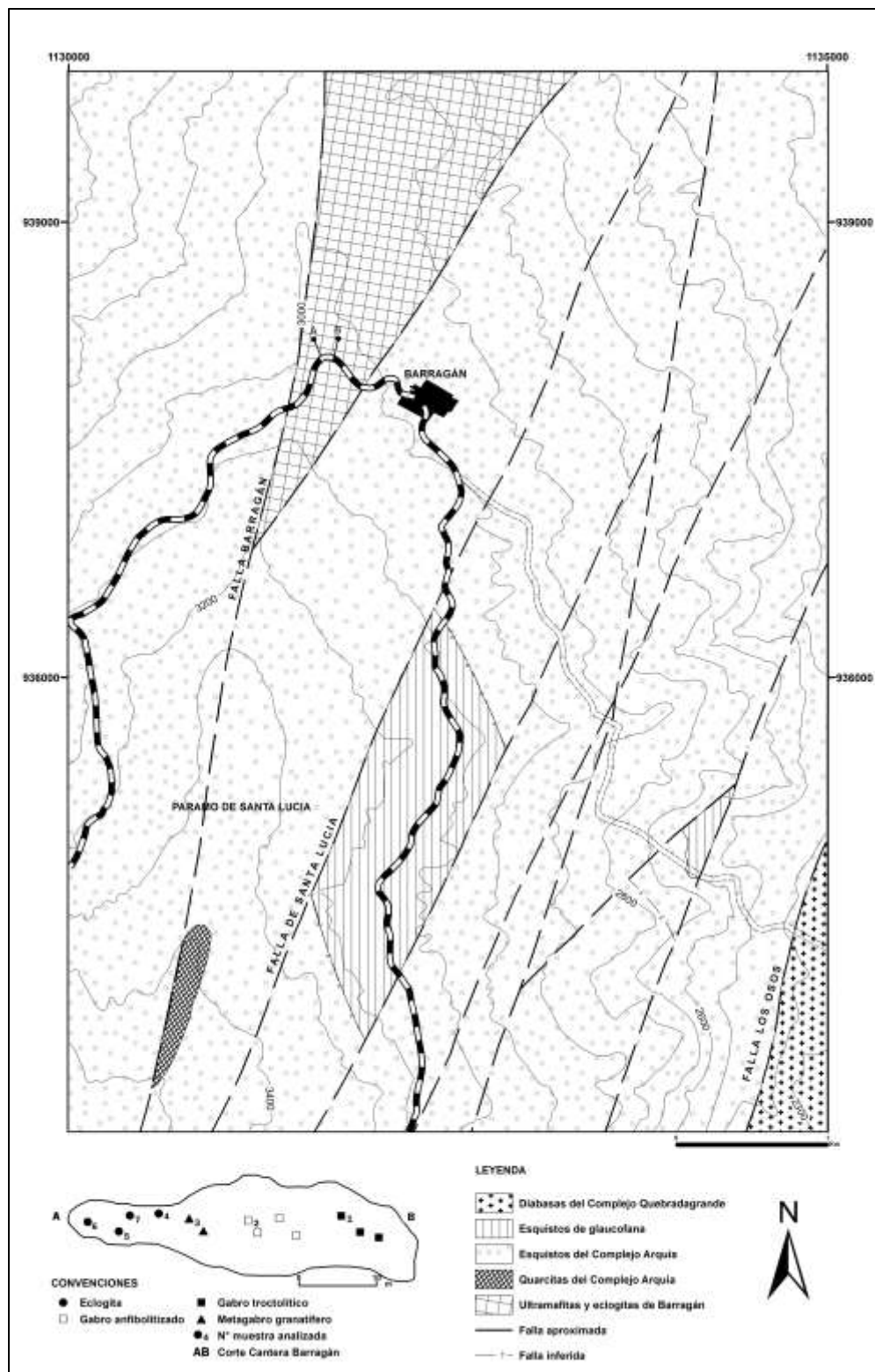


Figura 3. Cartografía de la zona estudiada por González (1997) en la región de Barragán.

Tomado y modificado de González (1997).

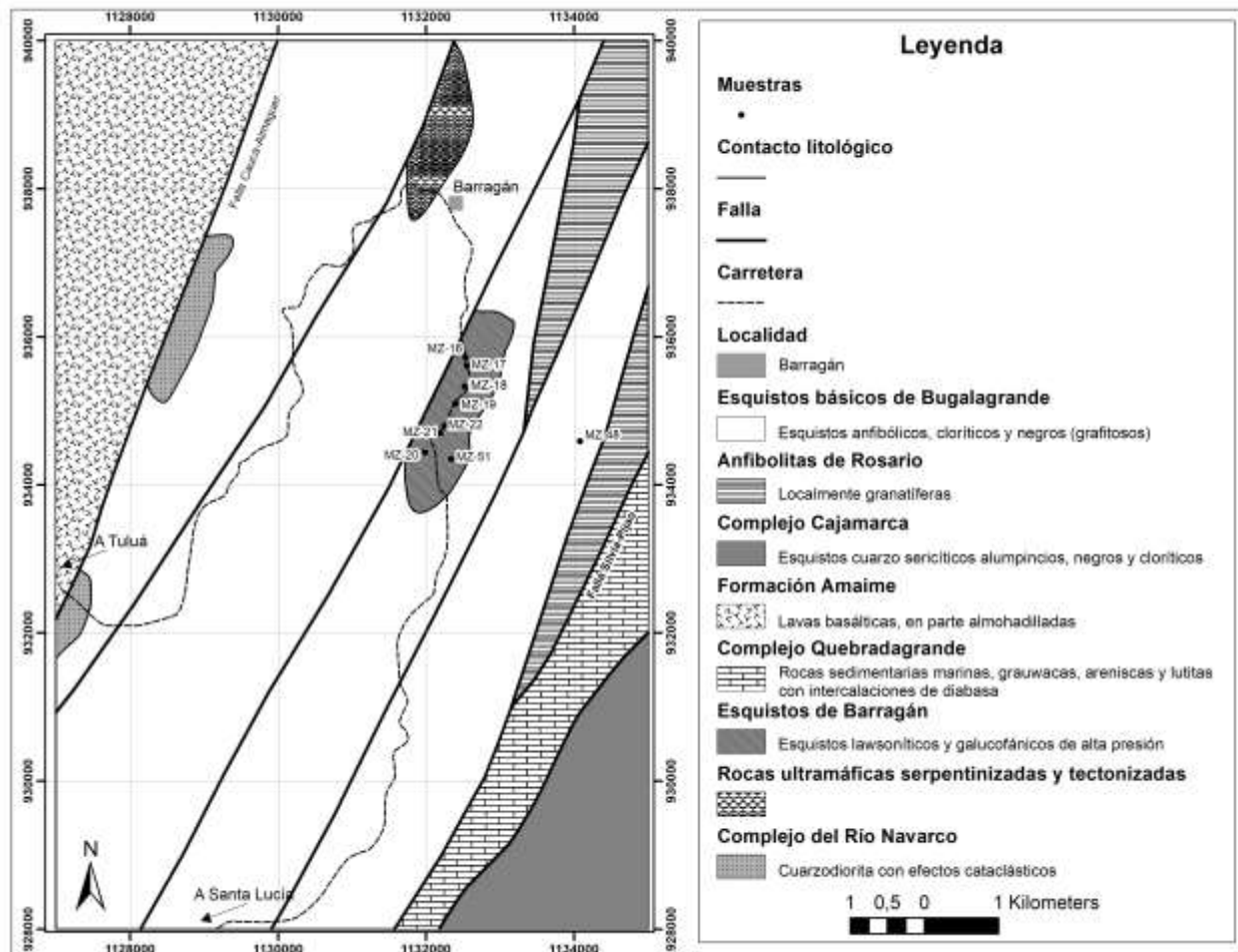


Figura 4. Cartografía y ubicación de muestras para la zona trabajada por Ríos-Reyes et al. (2008) en cercanías a la población de Barragán.

Tomado y modificado de Ríos-Reyes et. (2008).

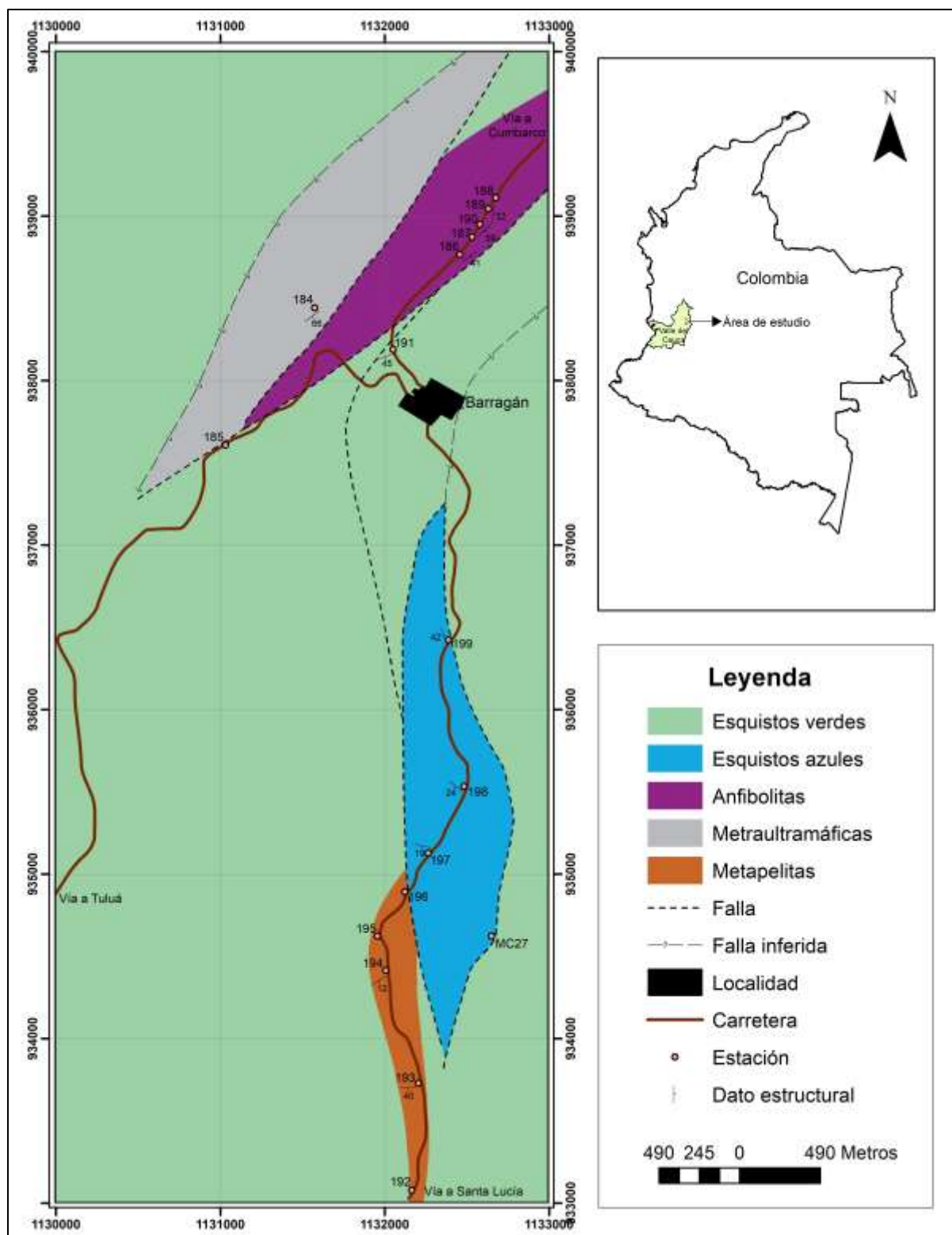


Figura 5. Cartografía realizada por Bustamante (2008) para la zona de Barragán.

Tomado y modificado de Bustamante (2008).

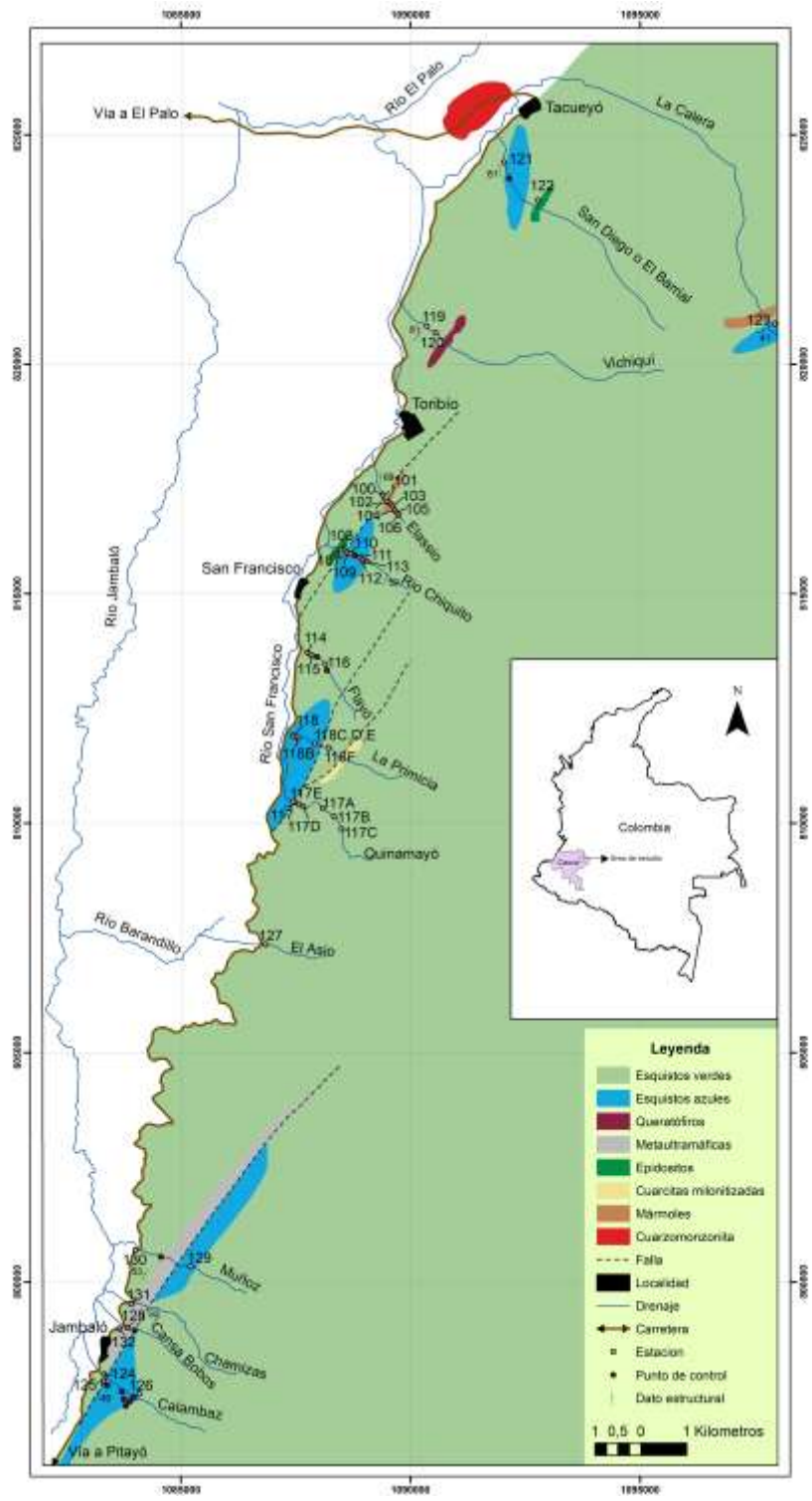


Figura 6. Cartografía realizada por Bustamante (2008) para la zona de Jambaló.

Tomado y modificado de Bustamante (2008).

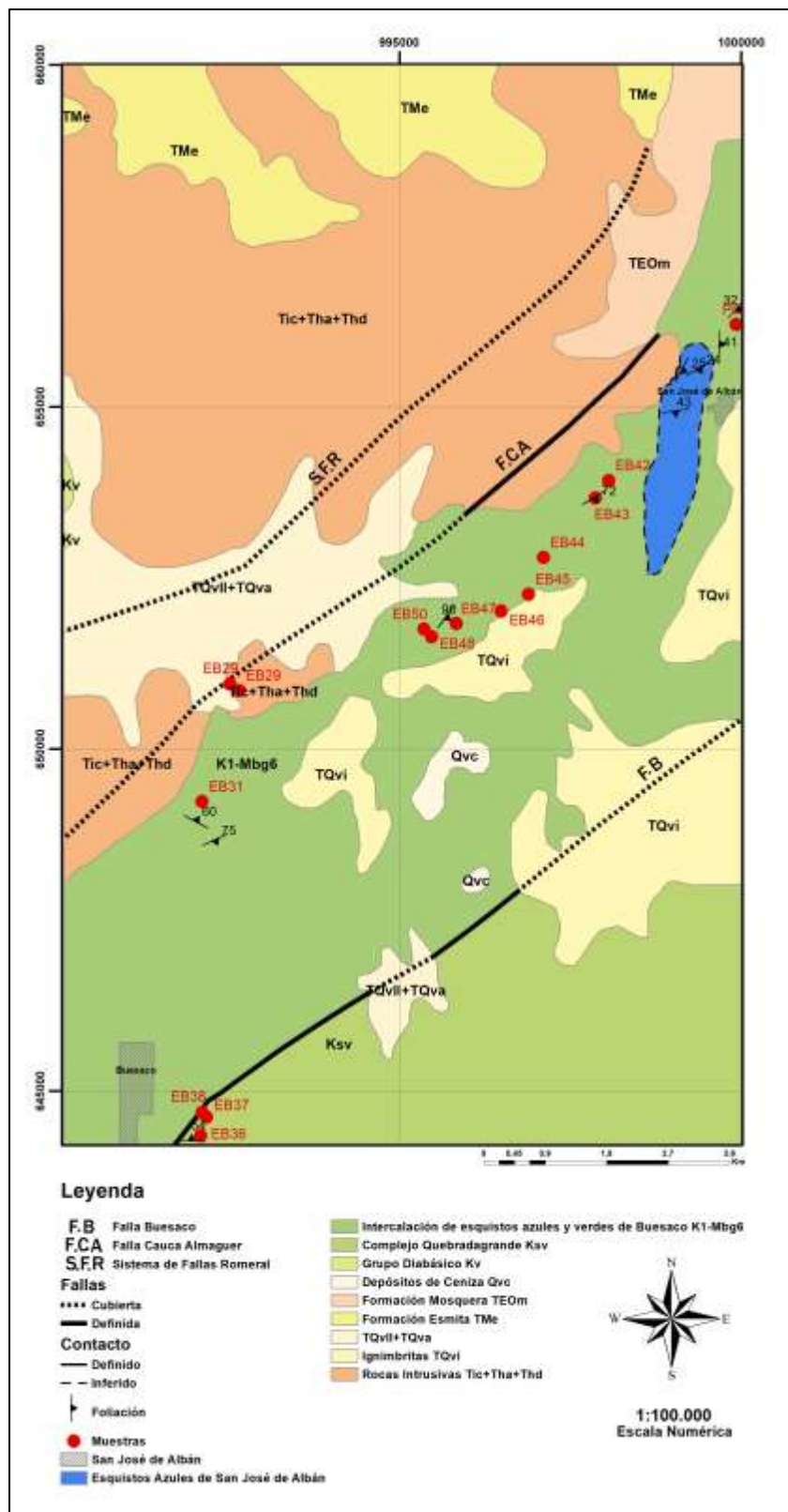


Figura 7. Cartografía presentada por Ibarra-Bustos (2017) para la zona en San José de Albán.

Tomado y modificado de Ibarra-Bustos (2017).

Tabla 2. Descripciones a escala mesoscópica de las rocas aflorantes en el área de San José de Albán.

Tomado y modificado de Ibarra-Bustos (2017). NP: no presenta información. NA: no aplica.

Código	Localización	Litología	Esquistosidad	Observaciones
EB28 EB29	Vereda Higuerones	Pórfido diorítico	NA	NP
EB31	Vereda Higuerones	Esquisto negro	NA	NP
EB32	Vereda Higuerones (Vía Santa María-Buesaco)	Esquisto verde con tonalidad de verde a gris azulado	N62W/60NE	NP
EB33	Vereda Obital	Esquisto negro	NA	NP
EB36 EB37	Buesaco	Esquisto con tonalidad gris verdosa	NA	NP
EB38	Buesaco (Vía Santa María-Buesaco)	Esquisto con tonalidad gris verdosa	N55W/42NE	Rocas gris azulosas en otros puntos del mismo afloramiento
EB39	San José de Albán (Vía El Empate-San José de Albán)	Esquisto con tonalidad gris azulosa	N57E/24SE N27E/25SE	Con bandas de minerales micáceos
EB40	San José de Albán	Esquisto con tonalidad gris azulosa	NA	NP
EB41	San José de Albán (Vía El Empate-San José de Albán)	Esquisto verde	N81E/43SE	Se observa clorita
EB42	San José de Albán	Esquisto micáceo con tonalidad gris-verdosa	NA	NP
EB43	San José de Albán (Vía El Empate-San José de Albán)	Esquisto con tonalidad verde oscuro	NA	Problemas de deslizamientos y algunas rocas presentan pirita y calcopirita
EB44 EB45	Vereda El Empate	Esquisto con tonalidad verde oscuro	NA	NP



EB46	Vereda El Empate (Vía puente del Cañón Juanambú-Vereda El Empate)	Esquisto verde	N36E/90	Con tonalidades de verde a amarillas debido a meteorización
EB47	Vereda El Empate (Cerca de la muestra EB-46)	Esquisto verde	N25E/85SE	Con tonalidades verdosas
EB48	Vereda El Empate (Cerca de las muestras EB-46 y EB-47)	Esquisto verde	N42E/65SE	Con tonalidades de verde a amarillas debido a meteorización
EB49 EB50 EB51	Vereda El Empate	Esquisto verde	NA	NP

## 4. Petrología

En este capítulo se describirán a escala microscópica las rocas de HP/LT, exponiendo las descripciones petrográficas, la química mineral y termobarometría con base en los datos presentados por los distintos autores.

### 4.1. Petrografía

Las descripciones petrográficas para las eclogitas y esquistos azules presentadas en este capítulo corresponden a las descritas en trabajos previos. Sin embargo, se presentan de manera generalizada para cada litotipo compilando la información existente. Las principales paragénesis definidas para las rocas de HP/LT en las localidades de interés pueden ser consultadas en la Tabla 3, y en la Tabla 4 se representan de manera general los distintos minerales que componen a estas rocas.

#### 4.1.1. Eclogitas

Las eclogitas son rocas foliadas y granoblásticas de grano fino (Figura 8d) (García-Ramírez et al., 2017). La foliación principal de estas rocas está definida por onfacita, anfíbol y minerales del grupo de la epidota (González, 1997; Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La asociación mineral que compone principalmente a estas rocas está definida por onfacita, granate, hornblenda, plagioclasa, zoisita, rutilo, epidota y/o clinozoisita, titanita, cuarzo, clorita y mica blanca (González, 1997; Ríos-Reyes et al., 2008; García-Ramírez et al., 2017; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). En algunos afloramientos fue reportada la presencia de anfíbol azul (González, 1997). Las paragénesis principales identificadas en estas rocas son:

- granate+hornblenda+onfacita+zoisita+rutilo+cuarzo (Ríos-Reyes et al., 2008)
- hornblenda+plagioclasa (Bustamante, 2008), correspondiente a la facies metamórfica
- onfacita+granate+hornblenda (García-Ramírez et al., 2017)

La onfacita se presenta comúnmente fracturada y ocurre como mineral relicto de las facies eclogita y como inclusiones en hornblenda (Ríos-Reyes et al., 2008). Este mineral presenta texturas simplectíticas de cuarzo y hornblenda+zoisita al contacto con hornblenda (Figura 8a, 8c, 8e, 8f) (Ríos-Reyes et al., 2008; García-Ramírez et al., 2017). La onfacita presenta además inclusiones de rutilo (Ríos-Reyes et al., 2008).

Tabla 3. Paragénesis principales descritas para la eclogita de Barragán y esquistos azules de Barragán y Jambaló.

<b>Tipo de roca</b>	<b>Localidad</b>	<b>Autor</b>	<b>Paragénesis</b>
Eclogita	Barragán	González (1997)	No define
Eclogita		Ríos-Reyes et al. (2008)	granate+hornblenda+onfacita+zoisita+rutilo+cuarzo
Eclogita	Génova	García-Ramírez et al. (2017)	onfacita+hornblenda+granate
Esquistos con hornblenda-granate-oligoclasa-epidota	Barragán	Bustamante (2008) Bustamante et al. (2012)	hornblenda+oligoclasa
Esquistos lawsoníticos		Ríos-Reyes et al. (2008)	cuarzo+albita+lawsonita+moscovita+clorita+titanita
Esquistos glaucofánicos con lawsonita			cuarzo+albita+lawsonita+glaucofana+moscovita+clorita+titanita
Esquistos con glaucofana-epidota-clorita-pumpellyita	Barragán	Bustamante (2008) Bustamante et al. (2012)	No define
Esquistos con pumpellyita-clorita-glaucofana			
Esquistos con clorita-lawsonita			
Esquistos de glaucofana	Jambaló	Murcia y González (1982)	No define
Esquistos glaucofánicos		Orrego et al. (1977)	No define
Esquistos con glaucofana y mica		Bustamante (2008) Bustamante et al. (2011)	No define
Esquistos con mica y glaucofana			
Esquisto glaucofánico con fengita y estilpnomelano	San José de Albán	Ibarra-Bustos (2017)	anfíbol sódico+mica blanca+estilpnomelano y anfíbol sódico+clorita+epidota+mica blanca y anfíbol sódico+mica blanca+clorita+plagioclasa+cuarzo

Tabla 4. Mineralogía presente en las eclogitas de Barragán y esquistos azules de Barragán y Jambaló.

Mineral	1	2	3	4	2	4	5	6	7	8	
	Eclogitas				Esquistos azules						
	Barragán				Barragán		Tacueyó	Jambaló		San José de Albán	
Glaucofana	x				x	x	x	x	x	x	
Onfacita	x	x	x								
Granate	x	x	x	x					x		
Lawsonita					x	x		x			
Hornblenda		x	x	x							
Anfíbol verde	x							x		x	
Rutilo	x	x	x	x					x		
Zoisita		x	x	x							
Epidota	x			x	x	x	x	x	x	x	
Clinozoisita			x	x	x	x			x		
Plagioclasa	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
Mica blanca	x			x	x	x	x	x	x	x	
Clorita				x	x	x	x	x	x	x	
Estilpnomelano								x	x	x	
Pumpellyita						x					
Escapolita				x							
Opacos	x	x				x	x	x	x	x	
Carbonatos		x				x		x	x		
Titanita			x	x	x	x					
Cuarzo		x	x	x	x	x	x		x	x	
Esfena							x	x			
Apatito							x				
Zircón							x		x		
Grafito								x			

- |  |  |
|--|--|
| 1 González (1997)                              | 5 Murcia y González (1982)                     |
| 2 Ríos-Reyes et al. (2008)                     | 6 Orrego et al. (1977)                         |
| 3 García-Ramírez et al. (2017)                 | 7 Bustamante (2008) y Bustamante et al. (2011) |
| 4 Bustamante (2008) y Bustamante et al. (2012) | 8 Ibarra-Bustos (2017)                         |

El granate ocurre como porfiroblastos idioblásticos, subidioblásticos y xenoblásticos (Figura 8g, 8h) (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Estos porfiroblastos se encuentran zonados (García-Ramírez et al., 2017), y enriquecidos hacia el núcleo en inclusiones de cuarzo, zoisita, rutilo, hornblenda y minerales opacos (Figura 8h, 9l) (Ríos-Reyes et al., 2008; García-Ramírez et al., 2017; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012), y en algunos casos aparecen inclusiones de epidota y/o clinozoisita (Bustamante, 2008; Bustamante et al.,

2012). Estas inclusiones ocurren también en la clinozoisita y como parte de la matriz de la roca, y representan relictos de las facies eclogita (García-Ramírez et al., 2017). Ciertos porfiroblastos de granate presentan sombras de presión de cuarzo, plagioclasa, clorita y anfíbol, anteriores a la foliación de la roca. En los bordes de algunos granates se observa sustitución por plagioclasa, epidota y/o clinozoisita y clorita (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012)

La hornblenda ocurre en la matriz de la roca y como inclusiones en el granate (Figura 8b). Presenta inclusiones de zoisita, rutilo y onfacita. Este mineral está caracterizado por un pleocroísmo de amarillo verdoso a verde azulado y desarrolla bordes de reacción alrededor de la onfacita (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Localmente, la hornblenda se encuentra reemplazada por actinolita (Figura 9i). En algunas muestras se observan texturas simplectíticas de anfíbol fibroso y plagioclasa alrededor del granate (Figura 9j), y en estas mismas el anfíbol presenta núcleos más azulados (Figura 9k) (Bustamante 2008; Bustamante et al., 2012). La plagioclasa ocurre como granos xenoblásticos con zonación concéntrica normal y rara vez presenta macla tipo albita. Comúnmente, este mineral presenta inclusiones de anfíbol, granate, epidota y/o clinozoisita, titanita, cuarzo y clorita (Figura 9m) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

El rutilo se encuentra como la principal fase accesoria sustituido en los bordes por titanita (Figura 8f, 9n) (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012; García-Ramírez et al., 2017). Este mineral aparece diseminado en la roca como cristales xenoblásticos y subidioblásticos (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012), y como inclusiones en onfacita, hornblenda, zoisita y granate (Ríos-Reyes et al., 2008). La titanita aparece además como inclusiones en anfíbol y plagioclasa (Bustamante, 2008).

La zoisita ocurre diseminada en la matriz de la roca, con un color de interferencia anómalo (azul índigo) y zonación óptica (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008). Este mineral aparece también como inclusiones en granate y hornblenda (Ríos-Reyes et al., 2008), y presenta inclusiones de titanita (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La zoisita nunca se encuentra en la misma muestra junto con epidota y/o clinozoisita (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). En algunos de los granos de epidota y/o clinozoisita es posible identificar una zonación asociada con la birrefringencia, y por sus relaciones texturales parecen indicar una cristalización tardía (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

Los cristales de clorita son xenoblásticos y subidioblásticos con un pleocroísmo de verde claro a amarillo. Este mineral se encuentra generalmente diseminado, asociado a coronas simplectíticas en el granate. Es posible encontrar cristalizaciones de clorita en algunas fracturas, lo que indica que su origen está relacionado con el evento retrógrado que afectó a estas rocas (Ríos-Reyes et al., 2008). La ocurrencia de mica blanca y cuarzo es prácticamente ausente (García-Ramírez et al., 2017). El cuarzo se encuentra diseminado en la roca, como inclusiones en granate y plagioclasa, y en las coronas simplectíticas de granate (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La mica blanca ocurre como cristales siempre xenoblásticos, diseminada y como inclusiones en la plagioclasa y anfíbol (Figura 9p) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). En una única muestra se reporta la presencia de escapolita en forma de vetas que cortan la foliación principal de la roca (Figura 9o) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). En algunas de las muestras de eclogitas se han reportado relictos magmáticos como anfíbol pardo, clinopiroxeno, olivino, y agregados de granate y onfacita que sugieren una textura ígnea (González, 1997).

La mayoría de los autores coinciden en la ocurrencia de un evento retrógrado que afectó a estas rocas desde las facies eclogita. Evidencias de este evento metamórfico son: coronas kelifíticas de anfíbol alrededor de granate (González, 1997); crecimientos simplectíticos en granate y onfacita (González, 1997; Ríos-Reyes et al., 2008; García-Ramírez et al., 2017; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012); reemplazamiento en los bordes del granate (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012); reemplazamiento de hornblenda por actinolita; zonación en los anfíboles con bordes más azulados (Bustamante, 2008); y cristalización de la clorita (Bustamante 2008; Bustamante et al., 2012).

#### 4.1.2. *Esquistos azules*

Debido a que los esquistos azules han sido reportados en distintas localidades, se hará una breve descripción petrográfica para cada una de estas.

##### 4.1.2.1. Barragán

Los esquistos azules de Barragán son rocas foliadas cuya esquistosidad principal está definida por moscovita, clorita y glaucofana (Ríos-Reyes et al., 2008). Y en algunos casos, por pumpellyita y glaucofana (Bustamante, 2008).

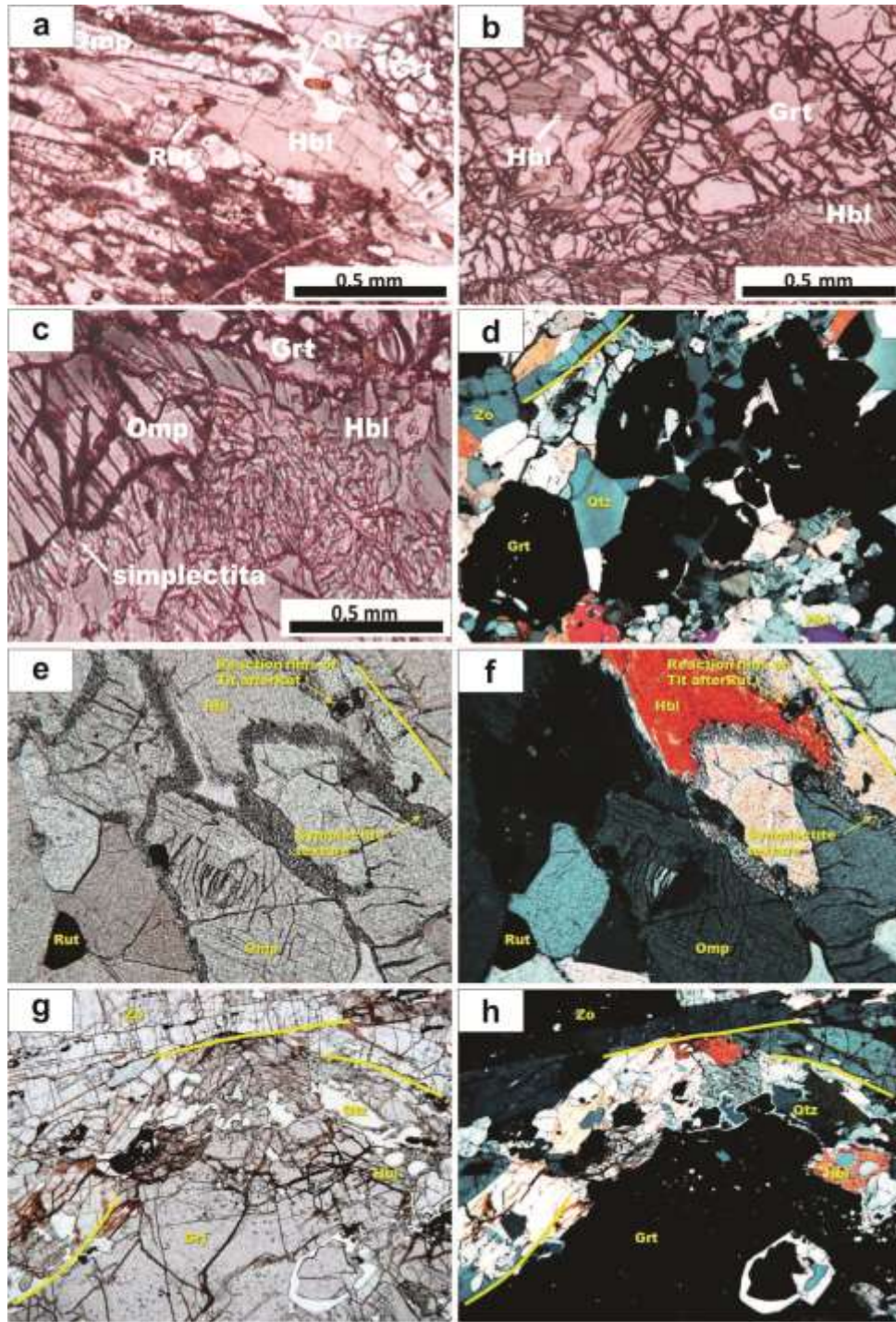


Figura 8. Petrografía de eclogitas en el área de Barragán.

(a) Paragénesis relicto granate+onfacita. (b) Inclusiones de hornblenda en porfiroblastos de granate. (c) Textura simplectítica alrededor de onfacita. (d) Porfiroblastos de granate. (e) Textura simplectítica alrededor de onfacita y rutilo con bordes de reacción de titanita. (f) Lámina (e) con nicoles cruzados. (g) Inclusiones de granate. (h) Lámina (g) en nicoles cruzados. (a) – (c) Tomadas de Ríos-Reyes et al. (2008). (d) – (h) Tomadas de García-Ramírez et al. (2017).

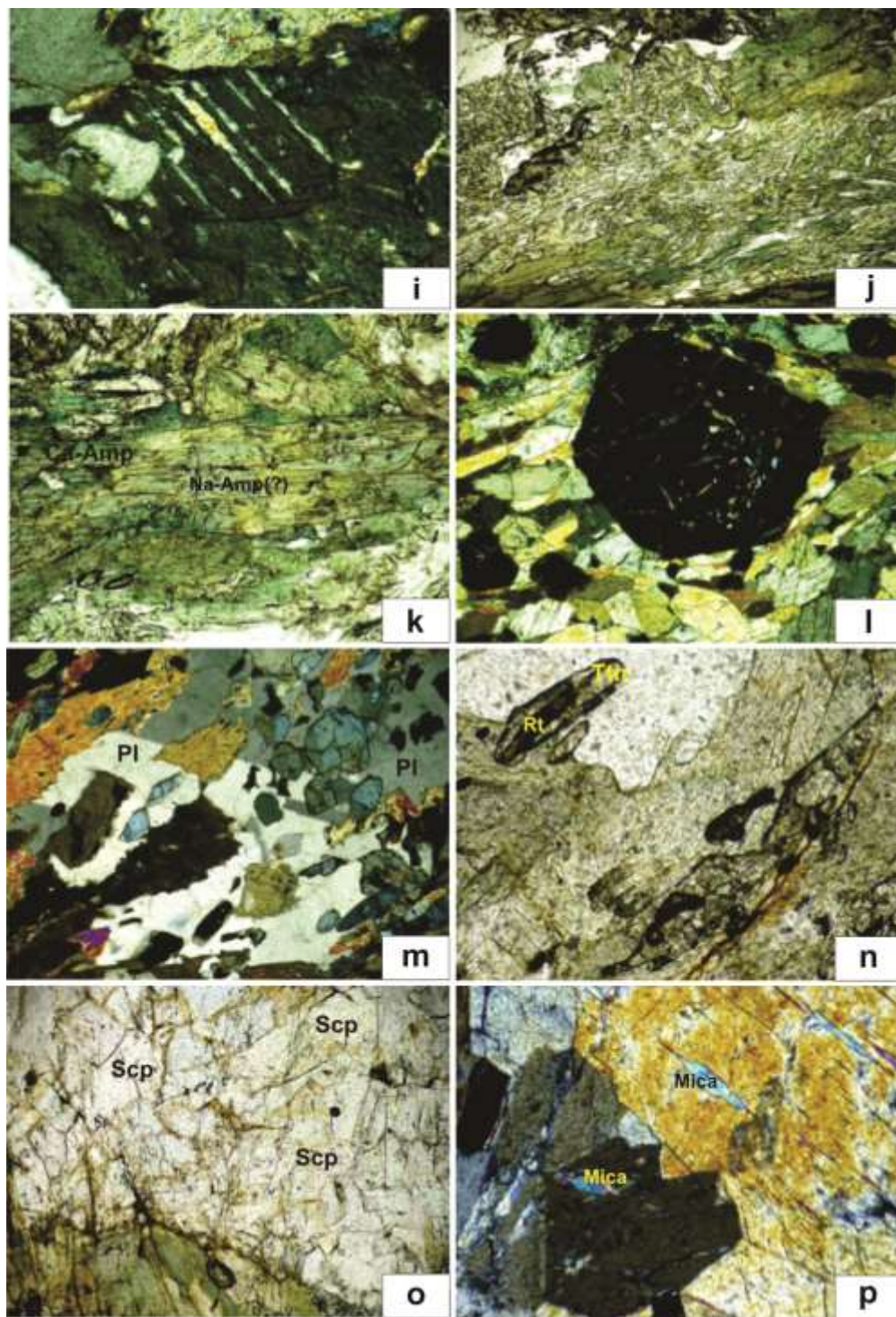


Figura 9. Petrografía de eclogitas en el área de Barragán (continuación)

(i) Zonación de anfíbol. (j) Textura simplectítica alrededor de anfíbol. (k) Posiblemente anfíbol sódico en el núcleo de anfíbol cálcico. (l) Inclusiones en granate. (m) Plagioclasa poiquiloblástica. (n) Sustitución de rutilo por titanita. (o) Escapolita. (p) Inclusión de mica en anfíbol. Tomadas de Bustamante (2008).



Estos esquistos están compuestos principalmente por glaucofana, clorita, pumpellyita, lawsonita, epidota y/o clinozoisita, titanita, cuarzo, mica blanca, opacos, albita y calcita. Sin embargo, las paragénesis características están dadas por:

- cuarzo+albita+lawsonita+moscovita+clorita+titanita (Ríos-Reyes et al., 2008)
- cuarzo+albita+lawsonita+glaucofana+moscovita+clorita+titanita (Ríos-Reyes et al., 2008)

La glaucofana ocurre como cristales subidioblásticos a xenoblásticos, con un pleocroísmo que va de incoloro a verde amarillento hasta azul (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). En algunos de los cristales, el pleocroísmo es más intenso hacia el núcleo evidenciando un zonamiento óptico (Figura 10d) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Los bordes de algunos cristales de glaucofana están reemplazados posiblemente por actinolita u otro anfíbol con pleocroísmo verde (Bustamante, 2008; Bustamante et al. 2012). En algunas de las muestras se observa una crenulación en glaucofana de manera oblicua a la foliación principal (Figura 10e) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La lawsonita presenta un carácter idioblástico y subidioblástico (Figura 10h), y se encuentra diseminada o asociada con la clorita definiendo una textura nemato-lepidoblástica (Figura 10b) (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008). Este mineral es incoloro (Ríos-Reyes et al., 2008), con algunos cristales pleocróicos (Bustamante, 2008). Por lo general, se puede observar una sola dirección de exfoliación en la lawsonita (Ríos-Reyes et al., 2008). Sin embargo, localmente se puede observar una dirección interna plegada y paralela a la dirección externa en este mineral, lo que indica una cristalización post-cinemática (Figura 11i) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Algunos cristales de lawsonita presentan maclado lamelar (Figura 11j) y bordes de reacción generando clorita (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

La mica blanca no es común en estas rocas, pero es posible encontrarla como cristales diseminados de carácter xenoblástico y subidioblástico (Figura 11n) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Algunos cristales presentan bordes rectos y extremos astillosos (Ríos-Reyes et al., 2008). La clorita ocurre como cristales principalmente xenoblásticos y en menor proporción subidioblásticos (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012), con colores de interferencia anómalos y exfoliación basal (Ríos-Reyes et al., 2008). Este mineral presenta pleocroísmo de amarillo a verde, y se encuentra hacia los bordes de los anfíboles o diseminado en la roca (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Además, la clorita suele presentar inclusiones de titanita. La asociación glaucofana-clorita define una textura lepido-nematoblástica, y la

asociación lawsonita-clorita define una textura nemato-lepidoblástica (Figura 10f) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Algunos cristales de clorita desarrollan pliegues tipo “kink” (Ríos-Reyes et al., 2008).

La pumpellyita es poco frecuente en las muestras y ocurre como cristales subidioblásticos y ocasionalmente idioblásticos con pleocroísmo de incoloro a verde pálido. En algunos cristales de este mineral se observan inclusiones de titanita. La asociación pumpellyita-glaucófana define una textura nematoblástica (Figura 10g) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La epidota y/o clinozoisita se encuentran en casi todas las muestras como cristales diseminados de carácter xenoblástico y subidioblástico (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Es común encontrar cuarzo como inclusiones en la epidota y/o clinozoisita (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Estos minerales muestran una zonación óptica con colores más intensos hacia el núcleo (Figura 11k, 11l) (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La asociación de epidota y/o clinozoisita con glaucófana y/o pumpellyita define una textura nematoblástica. (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

El cuarzo y la plagioclasa definen bandas granoblásticas de grano muy fino (Ríos-Reyes et al., 2008). Estos minerales tienen un carácter de xenoblástico a subidioblástico (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). El cuarzo ocurre como mineral accesorio con extinción ondulante (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La plagioclasa se encuentra moderadamente sericitizada a saussuritizada (Ríos-Reyes et al., 2008), y en algunas de las muestras presenta maclado polisintético (Figura 11o) y zonación concéntrica (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). En una de las muestras se observa una veta de plagioclasa, lo que indica la existencia de metasomatismo sódico (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Las bandas ricas en cuarzo rara vez están asociadas con glaucófana, y en las bandas pobres en cuarzo aparece clorita y lawsonita. (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

La titanita ocurre como cristales principalmente subidioblásticos, y raramente de xenoblásticos a idioblásticos con formas de punta de flecha (Ríos-Reyes et al., 2008; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). Este mineral aparece diseminado en la roca (Figura 10c), pero siguiendo la dirección principal de la foliación (Figura 11m), y como inclusiones en lawsonita, clorita, glaucófana y pumpellyita. Los minerales opacos ocurren como cristales subidioblásticos e idioblásticos con alteración por meteorización y están representados por ilmenita, magnetita y pirita (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012). La calcita solo es observada en una única

muestra como cristales xenoblásticos disseminados o intersticiales (Figura 11p) (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

#### 4.1.2.2. Tacueyó

Debido a que Murcia y González (1982) son los únicos autores que han reportado y estudiado estas rocas, se presentan aquí las descripciones de estos. Los esquistos azules de Tacueyó son rocas heteroblásticas definidas por bandas granoblásticas de minerales félsicos y lepidoblásticas de micas. Son rocas compuestas por cuarzo, albita, glaucofana, epidota, mica blanca, clorita, crossita (?), esfena, minerales opacos, apatito y zircón.

La glaucofana aparece como porfiroblastos y microporfiroblastos, con un pleocroísmo que varía desde incoloro/amarillo a azul pálido. Este mineral presenta bordes fibrosos alterados a anfíbol verde (crossita?). Algunos cristales de glaucofana cortan la foliación principal de la roca. La crossita (?) tiene hábito fibroso, con pleocroísmo débil de verde a verde amarillento. Y en ocasiones, este mineral se presenta en los bordes y como parches en la glaucofana. La epidota es granoblástica de subhedral a anhedral. Este mineral se encuentra alargado en la dirección de la foliación principal, y aparece como acumulaciones entre las micas o como inclusiones en albita. Los cristales de epidota tienen una birrefringencia fuerte, y algunos presentan colores de interferencia anómalos de primer orden bajo. El cuarzo y la albita se encuentran casi siempre formando bandas félsicas equigranulares separadas por bandas de microglaucofana. El cuarzo es granoblástico, equigranular y elongado. La albita es tabular elongada y granoblástica poligonal, sin macla y con óxidos de hierro en sus fracturas e inclusiones de epidota. La albita tabular forma bandas granoblásticas, algunas veces asociada con cuarzo, mientras que la albita granoblástica poligonal aparece siempre asociada con cuarzo. La mica blanca es incolora con débil pleocroísmo, y define la foliación de la roca con formas subhedrales. La clorita ocurre como láminas gruesas irregulares asociada con las micas, y como pequeños cúmulos de láminas finas en la esquistosidad. Este mineral presenta pleocroísmo desde amarillo verdoso pálido o incoloro a verde manzano pálido, y colores de interferencia anómalos. La esfena tiene formas anhedrales de grano fino, y se encuentra asociada con las micas y bordeado por minerales opacos. Los minerales opacos se encuentran en las bandas de mica y epidota, son de grano fino y corresponden a pirita, magnetita, ilmenita. El apatito y el zircón se encuentran como minerales traza dispersos en la roca, con formas subhedrales y anhedrales respectivamente.

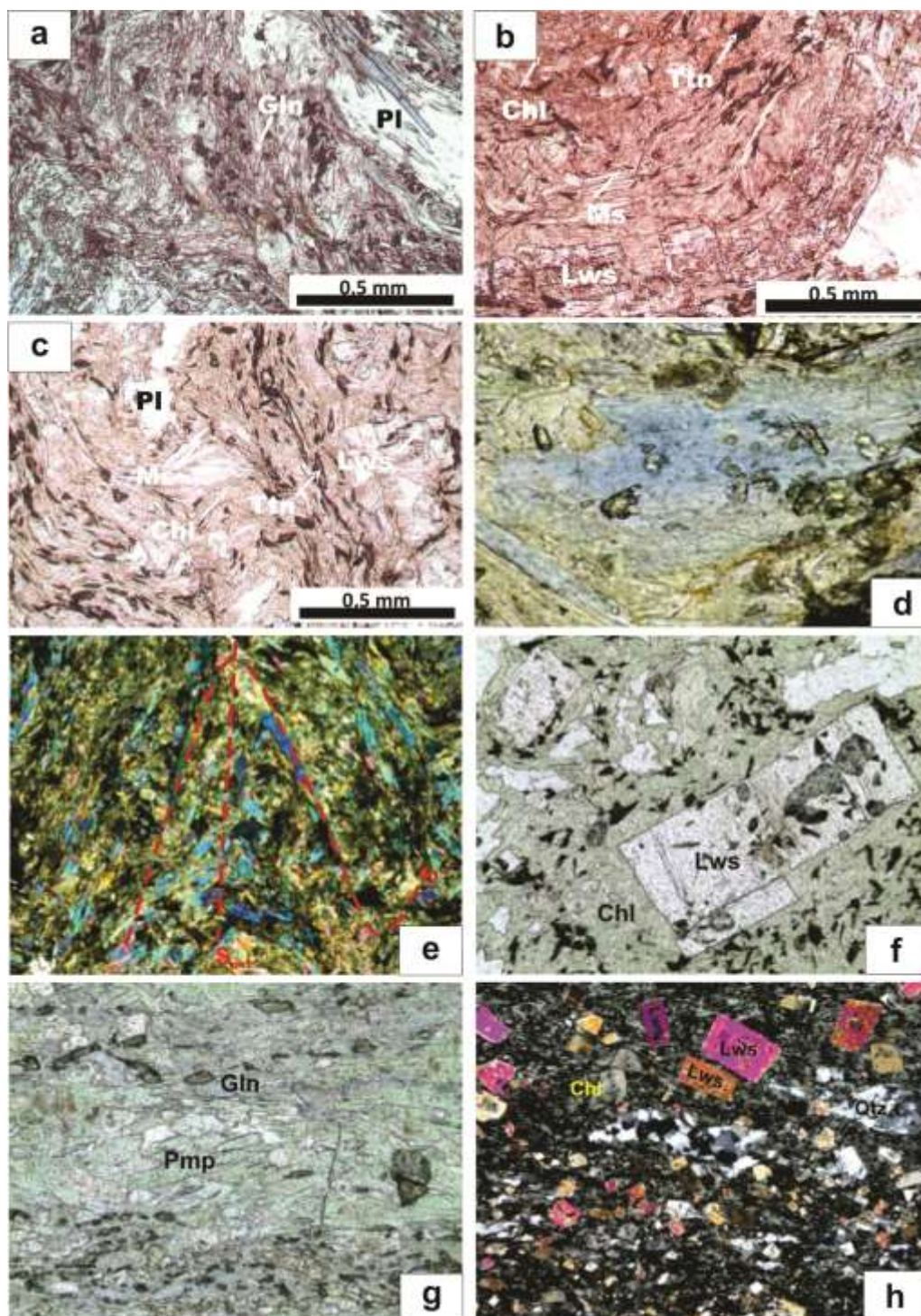


Figura 10. Petrografía de esquistos azules en el área de Barragán.

(a) Microplegamientos en glaucofana. (b) Cristales de lawsonita. (c) Titanita en esquistos lawsoníticos. (d) Núcleo de glaucofana más pleocróico. (e) Crenulación de glaucofana. (f) Paragénesis de clorita y glaucofana. (g) Textura nematoblástica definida por pumpellyita y glaucofana. (h) Lawsonita subidioblástica e idioblástica. (a) – (c) Tomadas de Ríos-Reyes et al. (2008). (d) – (h) Tomadas de Bustamante (2008).

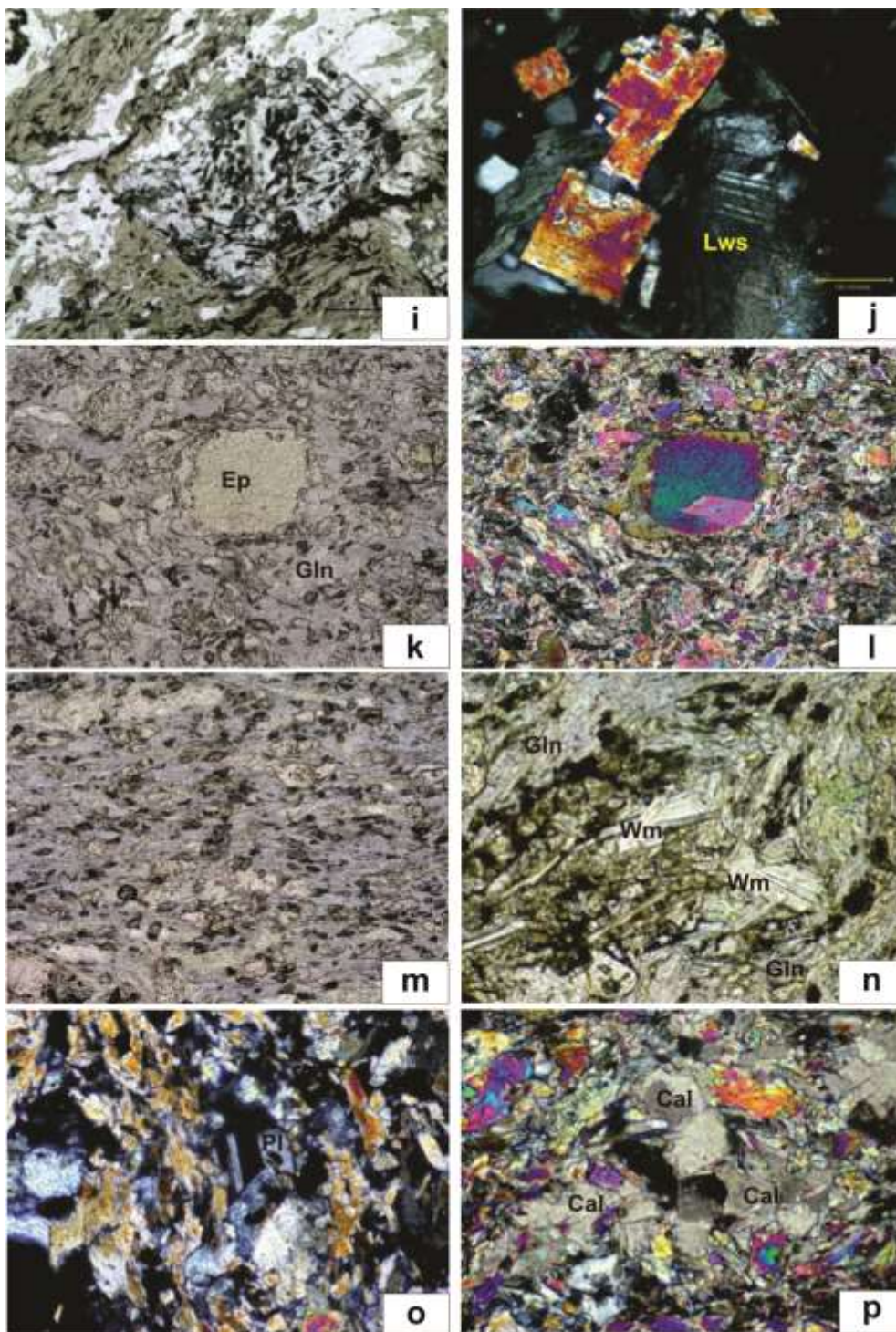


Figura 11. Petrografía de esquistos azules en el área de Barragán (continuación)

(i) Inclusiones de titanita en lawsonita. (j) Maclado laminar de lawsonita. (k) Epidota zonada. (l) Lámina (k) en nicoles cruzados. (m) Titanita acompañando la foliación y diseminada. (n) Mica blanca acompañada de glaucofana. (o) Plagioclasa con macla tipo albita. (p) Calcita xenoblástica intersticial. Tomadas de Bustamante (2008).

#### 4.1.2.3. Jambaló

Los esquistos azules de Jambaló son rocas foliadas cuya dirección principal está definida por la orientación de micas y anfíboles (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2011). La asociación mineral que define estas rocas está dada principalmente por glaucofana, mica blanca, cuarzo, epidota y/o clinozoisita, clorita, carbonatos, plagioclasa, pirita, ilmenita, magnetita, titanita, zircón, granate, rutilo y estilpnomelano (Orrego et al., 1977; Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2011). En algunas de las muestras se ha reportado la presencia de lawsonita, jadeíta, crossita y/o arfvedsonita, actinolita, esfena y grafito además de la asociación principal (Orrego et al., 1977). Debido a que las descripciones petrográficas para estos esquistos azules han sido presentadas únicamente por Bustamante (2008) y Bustamante et al. (2011), se exponen aquí dichos resultados.

La glaucofana muestra un carácter subidioblástico y xenoblástico, para los granos de tamaño fino y grueso respectivamente. Algunos cristales prismáticos radiales de este mineral presentan carácter subidioblástico e idioblástico (Figura 12e, 12f). En casi todas las muestras, el pleocroísmo de incoloro a azul claro es más intenso hacia el núcleo reflejando un zonamiento óptico (Figura 12a, 12b). Estos núcleos contienen una mayor cantidad de inclusiones de cuarzo, opacos, titanita y mica blanca. Este anfíbol está parcialmente reemplazado hacia los bordes por un anfíbol verde-azulado, posiblemente actinolita identificada debido al pleocroísmo desde verde-oliva a verde-oliva claro, y por clorita en algunas fracturas del mineral (Figura 12c, 12d). Los cristales de glaucofana presentan inclusiones de epidota y/o clinozoisita, opacos, zircón y en menor proporción rutilo. La glaucofana define una foliación milonítica, y es posible observar una foliación anterior  $S_n$ . En este mineral se producen sombras de presión asimétricas y simétricas, y en algunos otros cristales se observan arcos poligonales.

La mica blanca ocurre como cristales subidioblásticos orientados según la foliación milonítica (Figura 12g). Este mineral se encuentra en abundantes cantidades cuando está asociado al cuarzo, y como cristales aislados cuando está asociado con epidota y/clinozoisita en la matriz. Este aparece también asociado con cuarzo en las sombras de presión de cristales de glaucofana. Algunos cristales de este mineral presentan inclusiones de glaucofana. Por propiedades ópticas, la mica blanca parece corresponder a fengita y/o moscovita.

El cuarzo aparece como cristales xenoblásticos disseminados en la roca, o como inclusiones en carbonatos, clorita y mica blanca, o en las sombras de presión de la glaucofana.

Este mineral presenta extinción ondulante y desarrolla texturas poligonales y a veces contactos triples a  $120^\circ$  (Figura 12h). La plagioclasa ocurre como cristales xenoblásticos y subidioblásticos asociada con el cuarzo en la foliación milonítica. Este presenta macla tipo albita y albita-carlsbad y corresponde principalmente a albita, con algunos cristales de oligoclasa.

La epidota y/o clinozoisita exhiben un carácter xenoblástico, subidioblástico, y rara vez idioblástico. Estos minerales están orientados según la foliación milonítica, y se encuentran diseminados en la roca. En las rocas con una fuerte alteración hidrotermal, la epidota y/o clinozoisita forman la matriz de la roca (Figura 13i). El granate ocurre solo en algunas de las muestras, como cristales subidioblásticos con bordes bien definidos (Figura 13m). Al estar en contacto con la glaucofana, los bordes del granate son reemplazados por clorita.

La clorita ocurre como cristales xenoblásticos y subidioblásticos diseminados en la roca, o sustituyendo parcial o totalmente a otros minerales como en la glaucofana (Figura 13j). Los carbonatos ocurren como cristales xenoblásticos de grano muy fino aparentemente relleno de cavidades, o como inclusiones en la glaucofana (Figura 13k). En algunos de los cristales fue posible identificar que corresponden a calcita y/o aragonito.

Los minerales opacos ocurren diseminados en la roca como cristales xenoblásticos, y en menor proporción, subidioblásticos e idioblásticos (Figura 13l). Se encuentran también como porfiroblastos, o como delgadas acumulaciones acompañando la foliación milonítica. Estos minerales corresponden a pirita, magnetita e ilmenita. Los cristales más grandes presentan sombras de presión asimétricas con cuarzo, calcita, clorita y mica.

La titanita ocurre como cristales subidioblásticos, siguiendo la dirección de la foliación milonítica, o como inclusiones en los planos de clivaje de la glaucofana. El rutilo y el circón ocurren como prismas delgados idioblásticos diseminados en la roca, o como inclusiones en la glaucofana. El apatito aparece esporádicamente en las muestras, y ocurren con formas xenoblásticas diseminados en la roca, o concentrados en asociaciones ricas en cuarzo. El estilpnomelano aparece en algunas muestras (Figura 13n) parcialmente reemplazado por clorita o en los bordes de los cristales de glaucofana.

#### 4.1.2.4. San José de Albán

En esta sección, se presentan únicamente las características petrográficas descritas por Ibarra-Bustos (2017), ya que es el único autor que ha trabajado rocas de HP/LT en esta localidad.

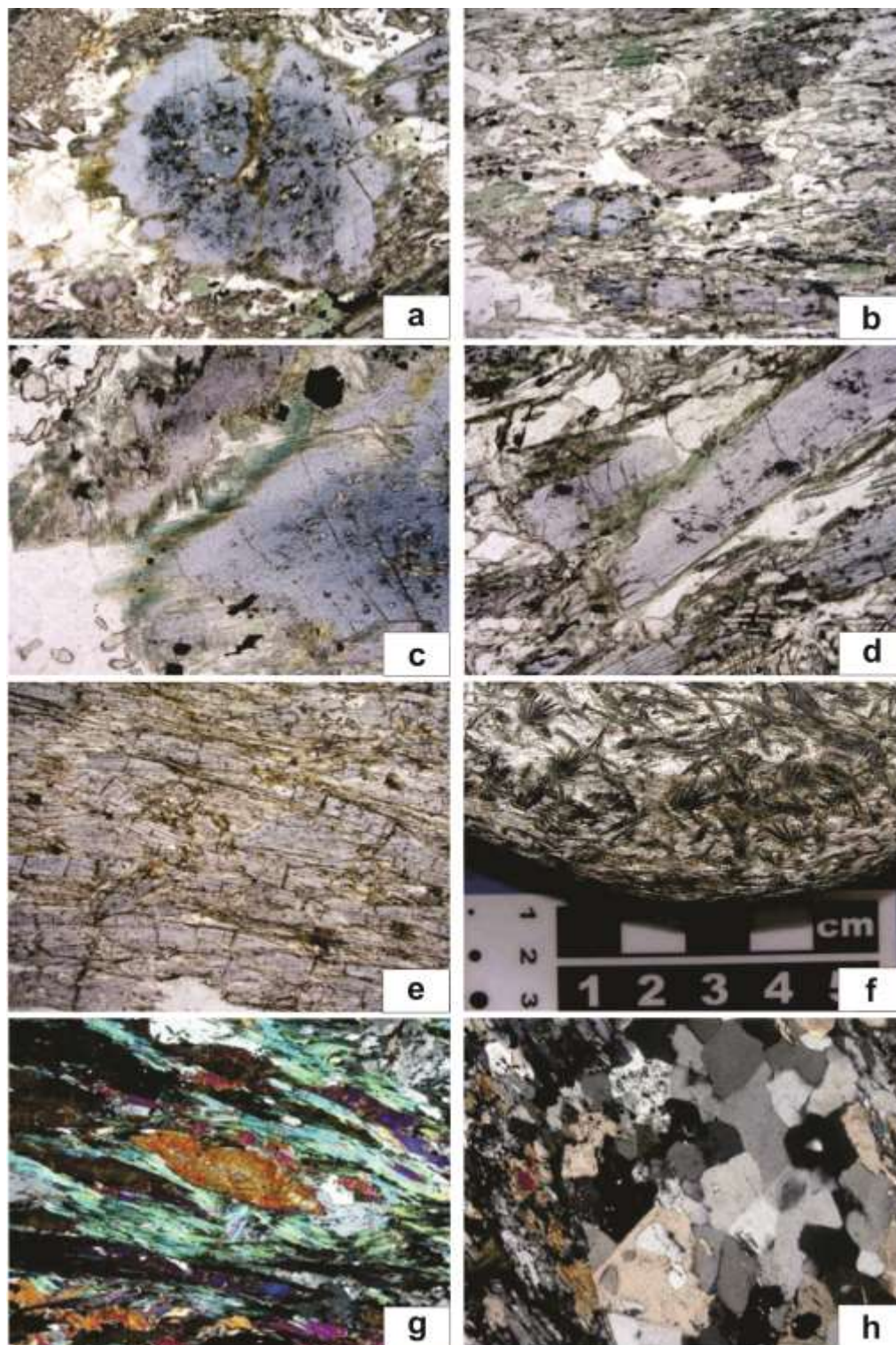


Figura 12. Petrografía de esquistos azules en el área de Jambaló.

(a) Zonación de glaucofana con núcleo más pleocróico. (b) Zonación de glaucofana con núcleo menos pleocróico. (c) Reemplazamiento de los bordes de glaucofana por actinolita. (d) Sustitución de los bordes de glaucofana por clorita. (e) Glaucofana radial a escala microscópica. (f) Glaucofana radial a escala mesoscópica. (g) Micas definiendo la foliación. (h) Cuarzo definiendo una textura poligonal. Tomadas de Bustamante (2008).



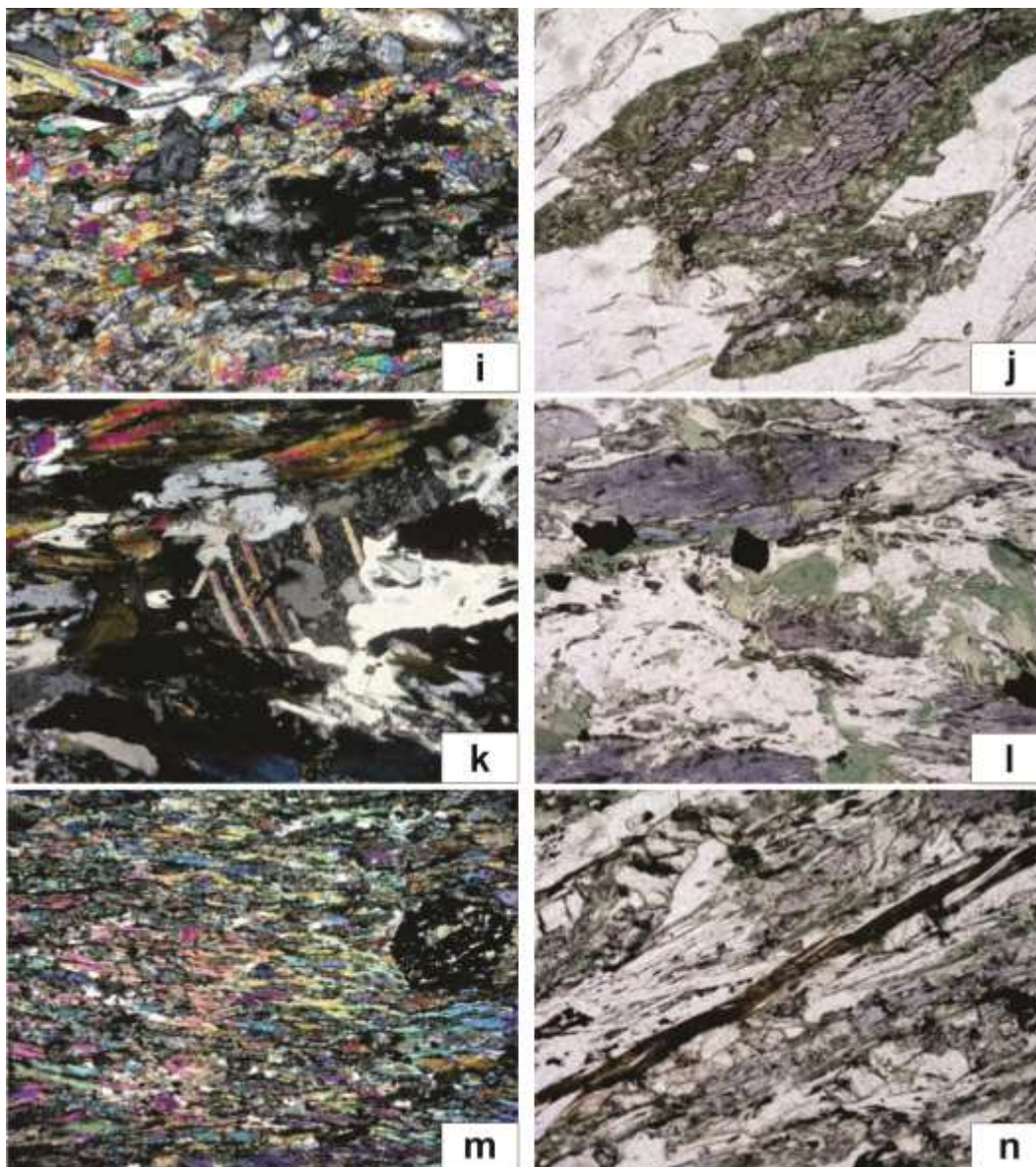


Figura 13. Petrografía de esquistos azules en el área de Jambaló (continuación).

(i) Epidota y/o clinozoisita en la foliación. (j) Sustitución parcial de glaucofana por clorita. (k) Carbonato con lamelas de deformación. (l) Minerales opacos diseminados. (m) Granate poiquiloblástico. (n) Estilpnomelano siguiendo la foliación principal. Tomadas de Bustamante (2008).

Los esquistos azules de San José de Albán son rocas cuya foliación principal está dada por estilpnomelano, mica blanca y anfíbol sódico. Estas rocas están representadas por la asociación mineral anfíbol sódico (glaucofana), estilpnomelano, mica blanca, actinolita, clorita, epidota, cuarzo, plagioclasa y óxidos de hierro y titanio.

El anfíbol sódico, posiblemente glaucofana (Figura 14a), se presenta con hábito prismático, relieve moderado, y pleocroísmo de violeta claro a azul lavanda. Se identificaron

colores de interferencia de primer y segundo orden, y elongación positiva para este mineral. La actinolita ocurre como prismas aciculares idioblásticos, con un pleocroísmo de incoloro a verde, y colores de interferencia de segundo orden.

El estilpnomelano aparece como agregados aciculares y principalmente laminares (Figura 14e) con un pleocroísmo desde café oscuro a amarillo pálido, y colores de interferencia de mitad de segundo orden. La mica blanca aparece como agregados laminares definiendo la foliación de la roca (Figura 14b). Este mineral presenta un pleocroísmo que va desde incoloro a verde y colores de interferencia de finales de segundo orden. La clorita ocurre como láminas xenoblásticas de color verde pálido, y presenta colores de interferencia anómalos.

La epidota ocurre como prismas idioblásticos a subidioblásticos que presentan pleocroísmo desde amarillo pálido a amarillo verdoso, y una zonación concéntrica (Figura 14c, 14d). El cuarzo ocurre con formas granulares xenoblásticas. La plagioclasa aparece como prismas idioblásticos y subidioblásticos (Figura 14f). Este mineral no presenta macla, pero según el autor por asociación composicional de la roca, es de tipo albita.

#### ***4.2. Química mineral***

Los datos de química mineral presentados en este capítulo para las eclogitas y esquistos azules han sido calculados a partir de la información química disponible actualmente, la cual se encuentra en los trabajos de González (1997) (eclogitas de Barragán) y de Bustamante (2008) (eclogitas de Barragán y esquistos azules de Barragán y Jambaló).

González (1997) presenta análisis de microsonda electrónica para clinopiroxeno, granate, anfíbol y epidota. Sin embargo, las fórmulas estructurales de los minerales esenciales de las eclogitas, clinopiroxeno y granate, no son entregadas dentro de este trabajo y tampoco se presenta una clasificación para el resto de las fases analizadas. Por tal razón, en este trabajo se presentará por primera vez esta información. En contraste, Bustamante (2008) entrega una química mineral completa para anfíbol, granate, mica, lawsonita, clorita, epidota y pumpellyita. En contraste, Bustamante (2008) entrega una química mineral completa para anfíbol, granate, mica, lawsonita, clorita, epidota y pumpellyita.

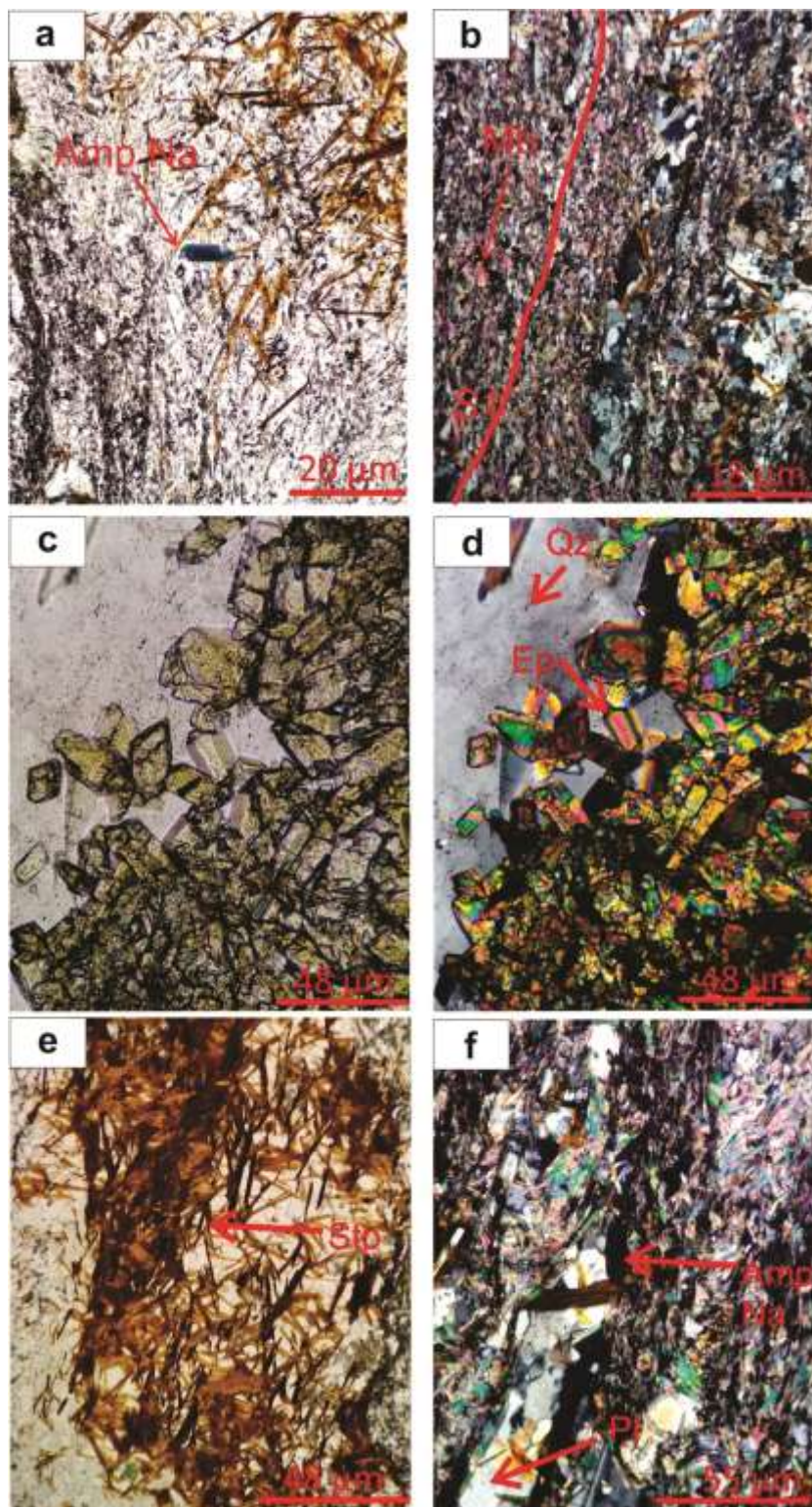


Figura 14. Petrografía de esquistos azules en el área de San José de Albán.

(a) Cristal de glaucofana. (b) Mica blanca definiendo la foliación principal. (c) Epidota como agregados prismáticos. (d) Lámina (c) en nicoles cruzados. (e) Estilpnomelano laminar y acicular. (f) Cristal de plagioclasa. Tomadas de Ibarra-Bustos (2017).

Teniendo en cuenta esto, la química mineral aquí presentada es un recálculo a partir de los análisis entregados por estos autores, con el fin de homogenizar bajo los mismos parámetros la obtención de la fórmula estructural y presentar una clasificación actualizada de algunas fases de interés petrológico como granate, mica blanca y anfíbol.

La fórmula estructural junto con la estimación del  $\text{Fe}^{3+}$  fue calculada partiendo de una normalización por balance de cargas y a un número idealizado de cationes (Spear, 1993). Es necesario aclarar que, para algunos análisis de fases minerales en donde la estimación de  $\text{Fe}^{3+}$  arrojó a su vez resultados negativos de  $\text{Fe}^{2+}$  (matemáticamente lógico, pero sin significado físico en la descripción de una fase mineral), se concluyó que son el resultado de que la sumatoria de cargas esté muy por debajo de la ideal para la neutralidad y por lo cual la estimación resultante de  $\text{Fe}^{3+}$  terminó siendo mayor que el valor de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  ( $(\text{Fe}_2\text{O}_3 * 0,8998) + \text{FeO}$ ). En este tipo de casos, se determinó según el anterior análisis que, el  $\text{FeO}_{\text{total}}$  corresponde solamente a  $\text{Fe}^{2+}$ , exceptuando a la epidota y lawsonita donde todo el hierro se considera  $\text{Fe}^{3+}$ . La distribución catiónica de las fases minerales presentadas en este trabajo fue determinada según las características cristal químicas de cada uno de los minerales teniendo en cuenta los sitios de mayor preferencia y la estabilidad para cada uno de los cationes, siguiendo las recomendaciones de Spear (1993). Las concentraciones apuf (átomos por unidad de fórmula) para todos los análisis individuales de granate, mica blanca, anfíbol, clorita, epidota, pumpellyita, lawsonita y clinopiroxeno pueden consultarse en el Anexo 1. Cabe señalar que, los valores de FeO presentados en las tablas de este trabajo corresponden a  $\text{FeO}_{\text{total}}$ .

#### 4.2.1. *Eclogitas*

Para estas rocas, se presenta la distribución catiónica, clasificación y análisis para las fases minerales anfíbol, granate y epidota.

##### 4.2.1.1. Anfíbol

La distribución catiónica para cada uno de los análisis de anfíbol en este trabajo fue obtenida desde la tabla de Excel presentada por Locock (2014). En la Tabla 5 se presentan las composiciones químicas promedio de cada muestra para esta fase mineral presente en las eclogitas. Según los parámetros de clasificación, los anfíboles de las eclogitas indican composiciones predominantemente cálcicas y en menor proporción sódico-cálcicas (Anexo 1).

Tabla 5. Composición química promedio para los anfíboles de las eclogitas de Barragán.

QUÍMICA MINERAL PROMEDIO ANFIBOL							
Fórmula estructural: $AB_2C_5T_8O_{22}W_2$							
González (1997)		Bustamante (2008)					
wt%	Muestra 4	Muestra 7	Muestra 187A	Muestra 187B	Muestra 188	Muestra 189	Muestra 189A
SiO <sub>2</sub>	45,256	48,603	49,188	47,114	47,152	47,999	47,785
TiO <sub>2</sub>	0,346	0,243	0,423	0,399	0,322	0,404	0,381
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,090	10,337	12,646	12,522	9,983	13,075	13,183
FeO	13,190	10,587	11,184	12,537	16,238	13,040	13,080
MnO	0,184	0,170	0,095	0,129	0,147	0,162	0,158
MgO	11,298	13,993	12,699	12,399	11,084	11,807	11,846
CaO	9,406	9,517	9,162	10,014	11,332	9,270	10,029
Na <sub>2</sub> O	3,824	3,883	3,340	2,574	1,686	3,341	2,915
K <sub>2</sub> O	0,684	0,407	0,141	0,131	0,134	0,174	0,161
<b>Total</b>	<b>97,278</b>	<b>97,740</b>	<b>98,878</b>	<b>97,819</b>	<b>98,079</b>	<b>99,272</b>	<b>99,538</b>
Si	6,639	6,977	6,916	6,761	6,897	6,790	6,759
Al <sup>IV</sup>	1,361	1,023	1,084	1,239	1,103	1,210	1,241
<b>Suma_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,038	0,026	0,045	0,043	0,035	0,040	0,041
Al <sup>VI</sup>	0,904	0,728	1,012	0,879	0,618	0,970	0,956
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,097	0,073	0,196	0,261	0,210	0,280	0,214
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,491	1,171	1,074	1,164	1,719	1,200	1,284
<sup>C</sup> Mn	0,001	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
<sup>C</sup> Mg	2,468	2,994	2,662	2,653	2,417	2,490	2,497
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,990</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,980</b>	<b>4,995</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,033	0,028	0,045	0,080	0,058	0,070	0,050
<sup>B</sup> Mn	0,022	0,014	0,011	0,016	0,017	0,010	0,017
<sup>B</sup> Ca	1,479	1,464	1,380	1,540	1,776	1,410	1,520
<sup>B</sup> Na	0,466	0,494	0,564	0,364	0,149	0,510	0,413
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,621	0,587	0,346	0,352	0,329	0,400	0,384
<sup>A</sup> K	0,129	0,074	0,025	0,024	0,025	0,030	0,029
<b>Suma_A</b>	<b>0,750</b>	<b>0,662</b>	<b>0,371</b>	<b>0,376</b>	<b>0,354</b>	<b>0,430</b>	<b>0,413</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,750</b>	<b>15,662</b>	<b>15,361</b>	<b>15,376</b>	<b>15,354</b>	<b>15,410</b>	<b>15,408</b>

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Para los anfíboles cálcicos se tienen composiciones de pargasita, actinolita y en mayor proporción magnesio-hornblenda (Figura 15). Los anfíboles cálcicos presentan concentraciones en <sup>B</sup>Ca que varían entre 1,52-1,75 apuf (para los análisis de González, 1997) y 1,43-1,91 apuf (para los análisis de Bustamante, 2008) (Anexo 1). Los anfíboles sódico-cálcicos tienen composiciones de katoforita, barroisita y predominantemente winchita (Figura 15). Estos anfíboles sódico-cálcicos están caracterizados por concentraciones de <sup>B</sup>Ca que varían entre 1,31-1,43 apuf y de <sup>B</sup>Na que se encuentran entre 0,51-0,64 apuf (para los análisis de González, 1997) y de <sup>B</sup>Ca entre 1,33-1,42 apuf y de <sup>B</sup>Na entre 0,50-0,66 apuf (para los análisis de Bustamante, 2008) (Anexo 1).

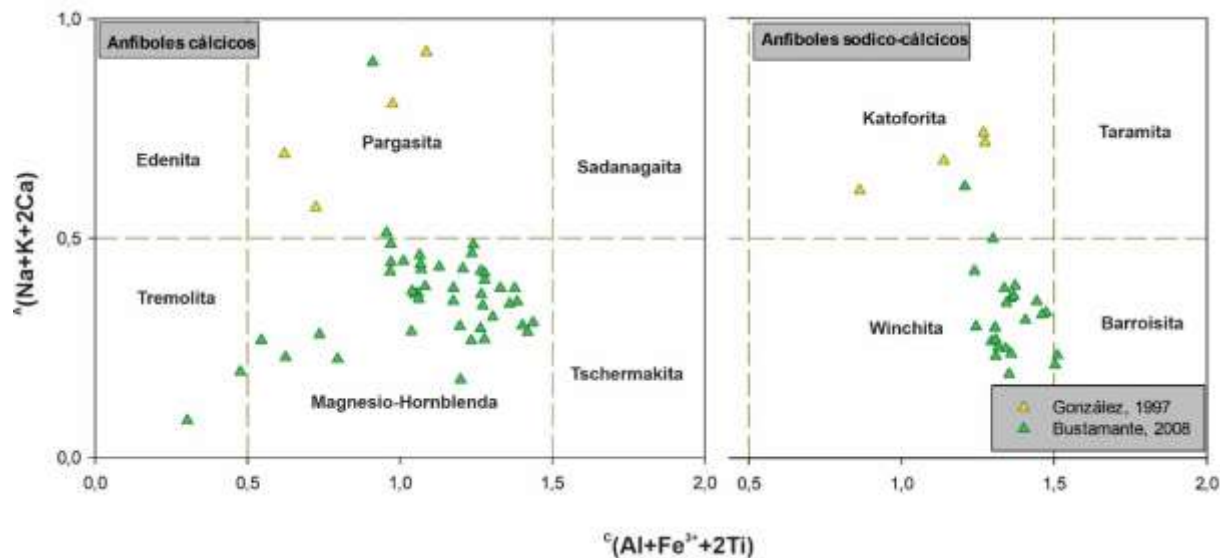


Figura 15. Clasificación composicional para los anfíboles de las eclogitas de Barragán.

Elaborada a partir de Hawthorne et al. (2012). Los valores en cada uno de los ejes de la gráfica corresponden a concentraciones apuf.

#### 4.2.1.2. Granate

El granate de las eclogitas exhibe un zonamiento químico en sus cationes principales ( $\text{Fe}^{2+}$ , Mg, Ca, Mn), con tendencias relativamente homogéneas para cada una de las muestras y concentraciones altas de  $\text{Fe}^{2+}$  (principalmente) y Ca, y bajas de Mn y Mg (Figura 16).

Por lo tanto, esta fase mineral constituye principalmente soluciones sólidas ricas en almandino y grosularia (Figura 17). En los granates presentados por González (1997) se calculan concentraciones de  $\text{Fe}^{2+}$  que varían entre 1,50-1,90 apuf, Mn entre 0,06-0,47 apuf, Ca entre 0,42-1,05 apuf; y Mg entre 0,13-0,39 apuf. Para los granates analizados por Bustamante (2008) las concentraciones de  $\text{Fe}^{2+}$ , Mn, Ca y Mg varían entre 1,06-1,82 apuf, 0,01-0,53 apuf, 0,80-1,05 apuf, 0,15-0,48 apuf, respectivamente (Anexo 1). La tabla 6 presenta la composición química promedio de los análisis por cada una de las muestras de granate.

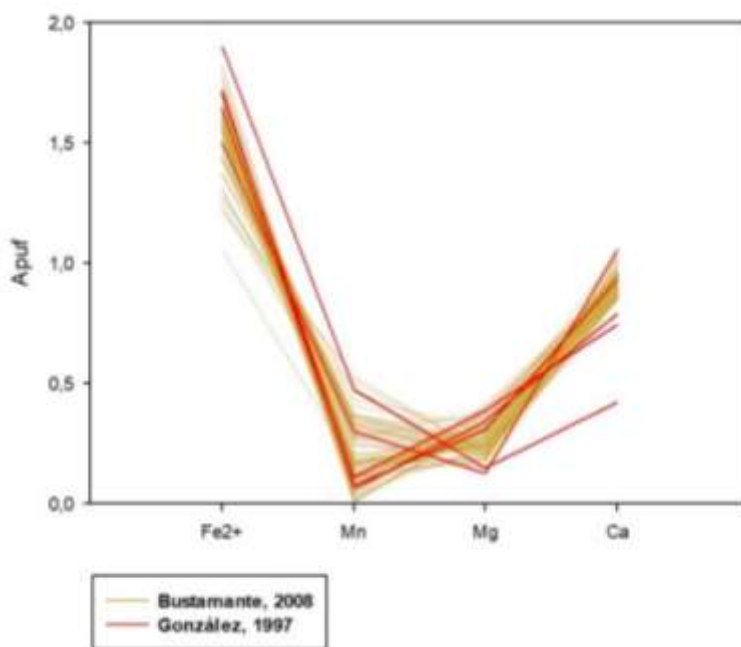


Figura 16. Diagrama de variación composicional para el granate en las eclogitas de Barragán

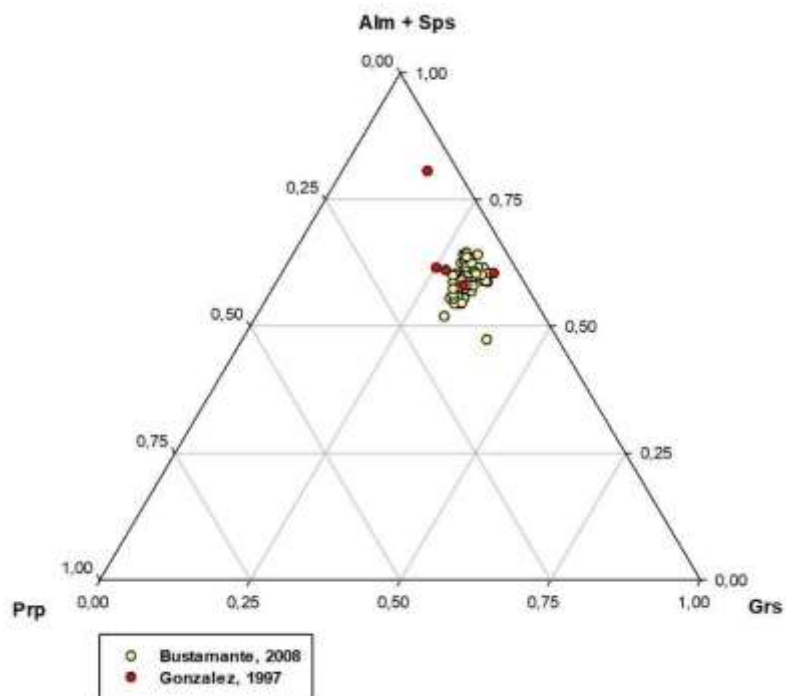


Figura 17. Diagrama ternario en términos de Prp-(Alm+Sps)-Grs para el granate en las eclogitas de Barragán.

Los valores graficados corresponden a concentraciones apuf.

Tabla 6. Composición química promedio para el granate de las eclogitas de Barragán.

QUÍMICA MINERAL PROMEDIO GRANATE							
Fórmula estructural: $X_3Y_2Z_3O_{12}$							
González (1997)		Bustamante (2008)					
wt%	Muestra 4	Muestra 7	Muestra 187A	Muestra 187B	Muestra 188	Muestra 189	Muestra 189A
SiO <sub>2</sub>	37,717	37,235	37,729	37,435	37,798	37,842	37,929
TiO <sub>2</sub>	0,040	0,000	0,126	0,135	0,105	0,208	0,135
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,710	21,355	22,559	21,421	21,415	22,098	22,242
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	26,057	28,825	24,263	25,335	26,665	21,852	25,552
MnO	2,210	4,320	3,825	2,079	1,508	5,857	2,865
MgO	2,223	2,300	2,469	2,354	2,025	2,468	2,436
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	11,033	6,900	10,718	11,274	11,278	11,333	10,554
Na <sub>2</sub> O	3,824	0,000	0,061	0,034	0,028	0,036	0,017
<b>Total</b>	<b>104,814</b>	<b>100,935</b>	<b>101,750</b>	<b>100,065</b>	<b>100,821</b>	<b>101,693</b>	<b>101,731</b>
Si	2,954	2,950	2,925	2,952	2,969	2,934	2,946
Al <sup>IV</sup>	0,046	0,050	0,075	0,049	0,034	0,066	0,054
<b>Sum_Z</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,001</b>	<b>3,003</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,958	1,943	1,984	1,944	1,949	1,954	1,981
Ti	0,002	0,000	0,007	0,008	0,006	0,012	0,008
Fe <sup>3+</sup>	0,083	0,107	0,086	0,094	0,072	0,093	0,060
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	<b>2,043</b>	<b>2,050</b>	<b>2,077</b>	<b>2,046</b>	<b>2,027</b>	<b>2,059</b>	<b>2,049</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,624	1,804	1,487	1,579	1,679	1,324	1,600
Mn	0,147	0,292	0,252	0,139	0,101	0,385	0,189
Mg	0,260	0,270	0,285	0,277	0,237	0,285	0,281
Ca	0,926	0,584	0,890	0,954	0,949	0,942	0,878
Na	0,000	0,000	0,009	0,005	0,004	0,005	0,003
<b>Sum_X</b>	<b>2,957</b>	<b>2,950</b>	<b>2,923</b>	<b>2,953</b>	<b>2,970</b>	<b>2,941</b>	<b>2,951</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b> <sub>(max-min)</sub>	0,59-0,50	0,65-0,58	0,54-0,48	0,57-0,41	0,61-0,53	0,50-0,42	0,57-0,53
<b>Sps</b> <sub>(max-min)</sub>	0,10-0,02	0,16-0,04	0,13-0,02	0,06-0,02	0,09-0,0	0,18-0,05	0,12-0,01
<b>Prp</b> <sub>(max-min)</sub>	0,12-0,04	0,13-0,05	0,17-0,07	0,12-0,08	0,12-0,05	0,13-0,06	0,14-0,07
<b>Grs</b> <sub>(max-min)</sub>	0,35-0,27	0,25-0,14	0,33-0,29	0,41-0,30	0,35-0,29	0,33-0,31	0,31-0,29

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

#### 4.2.1.3. Grupo de la epidota

La epidota en las eclogitas de Barragán presenta concentraciones apuf de Ca de 1,99, Fe<sup>3+</sup> de 0,20 y Al de 2,82 (Tabla 7). De acuerdo a estos valores, esta fase mineral se podría considerar cercana al extremo de la clinzoisita/zoisita pura. Según Bustamante (2008) las fases analizadas son consideradas clinzoisita y zoisita, con valores de Fe<sup>3+</sup> entre 0,10-0,52 apuf y 0,10-0,46 apuf, respectivamente. Los valores de Fe<sup>3+</sup> de la muestra analizada en este trabajo (Muestra 7) pueden ser incluidos en el rango de concentraciones presentado por Bustamante (2008) para este catión.



Tabla 7. Composición química para la epidota de las eclogitas de Barragán.

<b>EPIDOTA</b>	
<i>González (1997)</i>	
wt%	<b>Muestra 7</b>
SiO <sub>2</sub>	38,830
TiO <sub>2</sub>	0,000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,400
FeO	3,150
MnO	0,240
MgO	0,110
CaO	24,330
Na <sub>2</sub> O	0,000
K <sub>2</sub> O	0,000
<b>Total</b>	<b>98,060</b>
Si	2,961
Al <sup>IV</sup>	0,039
<b>Sum_T</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	2,783
Ti	0,000
Fe <sup>3+</sup>	0,201
Fe <sup>2+</sup>	0,000
Mn	0,016
Mg	0,013
Ca	1,988
Na	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>

*Fórmula estructural basada en 8 cationes.*

#### 4.2.2. Esquistos azules

Para los esquistos azules de Barragán y Jambaló se calculó la distribución catiónica para las fases minerales anfíbol, mica blanca y clorita. El granate fue calculado únicamente para la localidad de Jambaló ya que está reportado únicamente en esa localidad. Y aunque hay autores que reportan la presencia de lawsonita en Jambaló, únicamente se tienen datos que puedan ser analizados en la localidad de Barragán.

##### 4.2.2.1. Anfíbol

Los anfíboles analizados para los esquistos azules de Barragán y Jambaló son predominantemente sódicos, con algunas variaciones hacia el campo sódico-cálcico (Anexo 1). Los anfíboles sódicos de los esquistos azules de Jambaló corresponden principalmente a glaucofana con algunas variaciones composicionales a ferro-glaucofana y un único análisis de glaucofana rica en Ti (Figura 18).

La composición química promedio para cada una de las muestras de anfíbol en los esquistos azules se presenta en la Tabla 8. Estos anfíboles presentan concentraciones de <sup>B</sup>Na que varían entre 1,22-1,95 apuf (Anexo 1). Las variaciones composicionales hacia el campo sódico-

cálcico están registradas por algunos análisis que corresponden a barroisita y winchita (Figura 18). Estos anfíboles sódico-cálcicos presentan concentraciones de  ${}^B\text{Na}$  entre 0,88-1,49 apuf y de  ${}^B\text{Ca}$  entre 0,38-1,11 apuf (Anexo 1). Por otro lado, los anfíboles de los esquistos azules de Barragán corresponden principalmente a glaucofana con solo dos análisis de winchita (anfíboles sódico-cálcicos) (Figura 18). En la glaucofana, el contenido de  ${}^B\text{Na}$  oscila entre 1,62-1,96 apuf, mientras que la winchita exhibe concentraciones de  ${}^B\text{Na}$  entre 1,33-1,38 apuf y de  ${}^B\text{Ca}$  entre 0,61-0,65 apuf (Anexo 1).

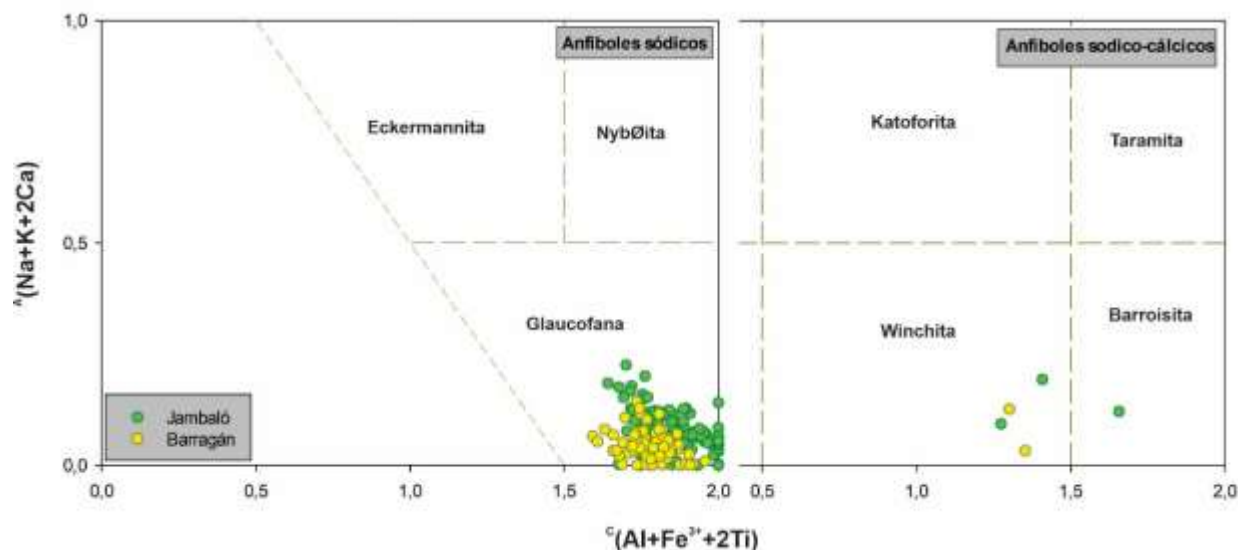


Figura 18. Clasificación composicional para los anfíboles de los esquistos azules de Jambaló y Barragán.

Elaborado a partir de Hawthorne et al. (2012). Los valores en cada uno de los ejes de la gráfica corresponden a concentraciones apuf.

#### 4.2.2.2. Mica blanca

Las micas blancas (micas dioctaédricas) de los esquistos azules de Barragán son clasificadas composicionalmente como fengitas, mientras que en la mayoría de los esquistos azules de Jambaló coexisten fengita y paragonita, y solo para algunas muestras la paragonita se presenta como única mica (Bustamante, 2008).

En las Figuras 19 y 20 se pueden observar dos tendencias composicionales para las muestras analizadas de mica blanca. En Barragán, las micas tienden a ser homogéneas con pequeños enriquecimientos en  $\text{Fe}^{2+}$  y Mg (Figura 19), y corresponden a fengita (Figura 20). Algunas de estas micas presentan enriquecimientos en Si.

Tabla 8. Composición química promedio para los anfíboles en los esquistos azules de Jambaló y Barragán.

<b>QUÍMICA MINERAL PROMEDIO ANFIBOL</b>					
Fórmula estructural: $AB_2C_5T_8O_{22}W_2$					
<i>Bustamante (2008)</i>					
Jambaló					
wt%	Muestra 123A	Muestra 124	Muestra 124J	Muestra 125M	Muestra 129A
SiO <sub>2</sub>	55,754	58,155	56,487	56,383	55,821
TiO <sub>2</sub>	0,234	0,044	0,069	0,397	0,063
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,089	10,531	11,667	9,359	11,453
FeO	12,503	13,924	13,656	13,577	14,807
MnO	0,097	0,189	0,248	0,210	0,038
MgO	10,297	8,317	8,299	9,741	7,846
CaO	0,964	0,749	0,614	1,245	0,432
Na <sub>2</sub> O	6,786	6,922	6,992	6,593	6,973
K <sub>2</sub> O	0,019	0,016	0,012	0,014	0,066
<b>Total</b>	<b>96,742</b>	<b>98,847</b>	<b>98,043</b>	<b>97,519</b>	<b>97,498</b>
Si	7,802	8,009	7,837	7,876	7,817
Al <sup>IV</sup>	0,198	0,000	0,163	0,124	0,183
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,009</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,025	0,004	0,007	0,042	0,007
Al <sup>VI</sup>	1,464	1,687	1,743	1,414	1,705
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,321	0,079	0,176	0,268	0,248
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,041	1,501	1,357	1,233	1,402
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,148	1,707	1,717	2,028	1,638
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>4,983</b>	<b>5,000</b>	<b>4,986</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,103	0,025	0,053	0,088	0,086
<sup>B</sup> Mn	0,012	0,017	0,029	0,024	0,005
<sup>B</sup> Ca	0,145	0,111	0,092	0,188	0,065
<sup>B</sup> Na	1,739	1,827	1,827	1,700	1,822
<b>Sum_B</b>	<b>1,998</b>	<b>1,979</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,977</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,102	0,022	0,054	0,084	0,072
<sup>A</sup> K	0,003	0,003	0,002	0,003	0,012
<b>Sum_A</b>	<b>0,106</b>	<b>0,024</b>	<b>0,056</b>	<b>0,087</b>	<b>0,083</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,104</b>	<b>14,995</b>	<b>15,056</b>	<b>15,073</b>	<b>15,060</b>

Tabla 8 (continuación). Composición promedio para los anfíboles en los esquistos azules de Jambaló y Barragán.

wt%	Barragán			
	Muestra 196	Muestra 196D	Muestra 197	Muestra 199
SiO <sub>2</sub>	58,694	58,328	58,226	57,349
TiO <sub>2</sub>	0,031	0,020	0,015	0,029
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,377	10,412	10,446	10,444
FeO	10,186	11,943	13,468	12,457
MnO	0,124	0,126	0,106	0,128
MgO	10,766	10,056	8,748	9,523
CaO	1,427	1,425	1,270	1,478
Na <sub>2</sub> O	6,897	6,710	6,839	6,659
K <sub>2</sub> O	0,017	0,073	0,012	0,000
<b>Total</b>	<b>99,520</b>	<b>99,092</b>	<b>99,131</b>	<b>98,067</b>
Si	7,904	7,951	7,982	7,925
Al <sup>IV</sup>	0,096	0,054	0,026	0,078
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,005</b>	<b>8,008</b>	<b>8,003</b>
<sup>C</sup> Ti	0,003	0,002	0,001	0,003
Al <sup>VI</sup>	1,710	1,619	1,661	1,623
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,090	0,128	0,122	0,129
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,035	1,199	1,415	1,281
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,005	0,001
<sup>C</sup> Mg	2,161	2,043	1,788	1,962
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>4,991</b>	<b>4,992</b>	<b>4,998</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,022	0,035	0,007	0,031
<sup>B</sup> Mn	0,014	0,014	0,008	0,014
<sup>B</sup> Ca	0,206	0,208	0,187	0,219
<sup>B</sup> Na	1,758	1,740	1,795	1,735
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>1,996</b>	<b>1,997</b>	<b>1,999</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,043	0,034	0,022	0,049
<sup>A</sup> K	0,003	0,013	0,002	0,000
<b>Sum_A</b>	<b>0,046</b>	<b>0,047</b>	<b>0,025</b>	<b>0,049</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,047</b>	<b>15,039</b>	<b>15,022</b>	<b>15,049</b>

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Por otro lado, las micas en Jambaló muestran un rango composicional amplio, con enriquecimientos en Fe<sup>2+</sup> y Mg para algunas micas, donde dos de estas tienen valores extremadamente altos con respecto a la tendencia general (Figura 19). En la Figura 20 es notable el enriquecimiento en Na que presentan estas micas, obteniendo así fengitas, paragonitas y soluciones sólidas transicionales entre estas. Al igual que en Barragán, algunas micas presentan un importante enriquecimiento en Si, que concuerda con el enriquecimiento en Fe<sup>2+</sup> y Mg.

Las micas blancas presentan valores de Si entre 2,99-3,99 apuf para Jambaló, y de 3,35-3,69 apuf para Barragán. Las concentraciones de Na y K varían entre 0,00-1,02 apuf y 0,02-0,91 apuf, respectivamente para las micas de Jambaló; y para Barragán entre 0,01-0,15 apuf y 0,55-0,84 apuf respectivamente. El Mg oscila entre 0,01-1,08 apuf para las micas de Jambaló, y entre 0,26-

0,44 apuf para las micas de Barragán (Anexo 1). En la Tabla 9 se presentan las concentraciones promedio de los diferentes análisis para cada una de las muestras de esta fase mineral.

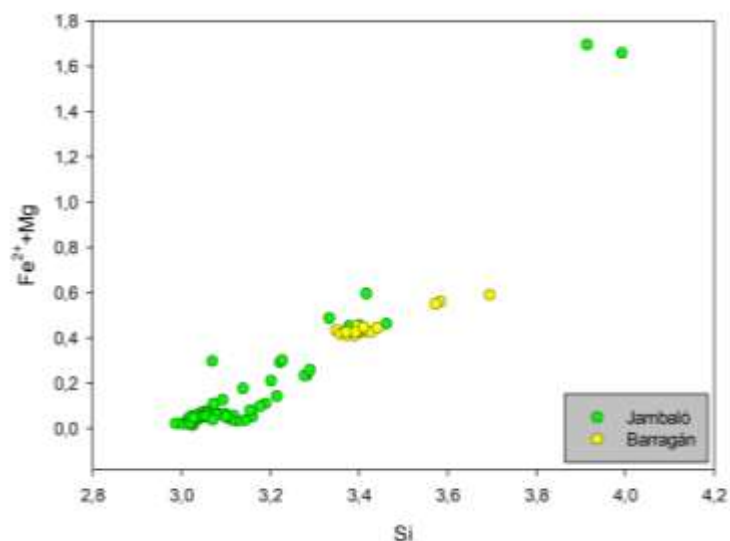


Figura 19. Diagrama de variación química Si vs Fe<sup>2+</sup>+Mg para la mica blanca de esquistos azules de Jambaló y Barragán.

Los valores en cada uno de los ejes de la gráfica corresponden a concentraciones apuf.

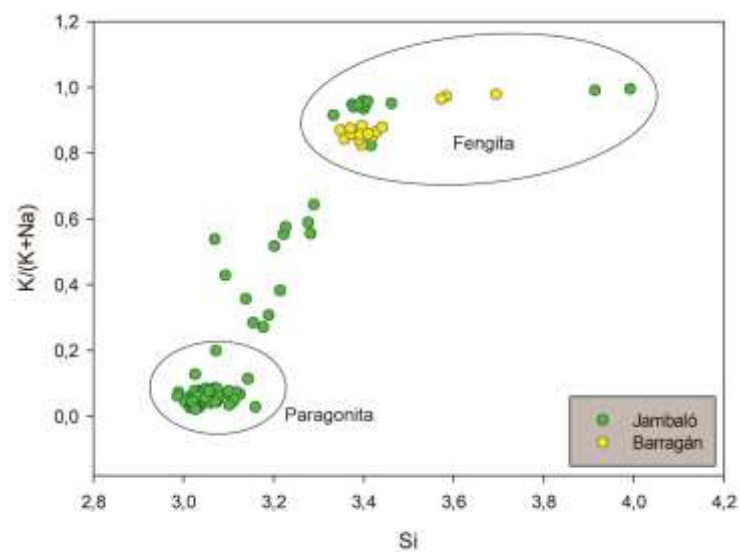


Figura 20. Diagrama de variación química Si vs K/(K+Na) para mica blanca de esquistos azules.

Los valores en cada uno de los ejes de la gráfica corresponden a concentraciones apuf.

Tabla 9. Composición química promedio para las micas blancas de los esquistos azules de Jambaló y Barragán.

QUÍMICA MINERAL PROMEDIO MICA						
Fórmula estructural: $A(M1+M2)_2T_4O_{10}(OH)_2$						
Bustamante (2008)						
Jambaló						Barragán
wt%	Muestra 123A	Muestra 124J	Muestra 129A	Muestra 118	Muestra 121B	Muestra 196D
SiO <sub>2</sub>	47,622	46,628	46,579	48,949	48,719	51,785
TiO <sub>2</sub>	0,044	0,096	0,057	0,127	0,043	0,279
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,089	34,564	38,034	32,040	40,383	29,332
FeO	1,952	1,586	0,768	1,568	0,625	2,678
MnO	0,012	0,017	0,008	0,014	0,047	0,024
MgO	1,493	1,037	0,191	1,849	0,197	3,096
CaO	0,062	0,055	0,031	0,046	0,053	0,013
Na <sub>2</sub> O	5,956	5,405	7,474	2,389	6,554	0,748
K <sub>2</sub> O	1,677	3,324	0,440	6,629	0,563	8,381
<b>Total</b>	<b>92,908</b>	<b>92,712</b>	<b>93,582</b>	<b>93,613</b>	<b>97,183</b>	<b>96,335</b>
Si	3,164	3,107	3,034	3,293	3,082	3,433
Al <sup>IV</sup>	0,836	0,893	0,966	0,707	0,918	0,567
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,825	1,816	1,953	1,829	2,093	1,727
Ti	0,002	0,005	0,003	0,006	0,002	0,014
Fe <sup>3+</sup>	0,003	0,035	0,015	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,107	0,054	0,027	0,089	0,033	0,149
Mn	0,001	0,001	0,009	0,001	0,003	0,001
Mg	0,151	0,105	0,019	0,186	0,019	0,306
Ca	0,004	0,004	0,002	0,003	0,004	0,001
Na	0,763	0,693	0,944	0,309	0,802	0,096
K	0,144	0,287	0,037	0,572	0,045	0,706
<b>Cationes totales</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,008</b>	<b>6,995</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>

Fórmula estructural basada en 7 cationes.

#### 4.2.2.3. Granate

El granate solo ha sido reportado en los esquistos azules de Jambaló (Bustamante, 2008). Este mineral posee una composición química variable en sus cationes principales (Fe<sup>2+</sup>, Mg, Ca, Mn) (Figura 21). La mayoría de los análisis en las muestras 124J, 118 y 121B presentan tendencias de enriquecimiento en Fe<sup>2+</sup>. Los análisis de la muestra 124J, en particular, exhiben un comportamiento entre Fe<sup>2+</sup> y Mn contrastante, donde las concentraciones de estos dos cationes muestran una correlación inversa. En general, el granate de estos esquistos presenta concentraciones de Mg y Mn bajas y enriquecimientos de Fe<sup>2+</sup> y Ca, este último muy similar en todos los análisis (Figura 21). Estos granates constituyen principalmente soluciones sólidas ricas en almandino y grosularia (Bustamante, 2008) (Figura 22).

En esta fase mineral las concentraciones de Fe<sup>2+</sup>, Mn, Ca y Mg varían entre 0,91-2,18 apuf, 0,16-1,95 apuf, 0,64-1,72 apuf, 0,05-0,13 apuf, respectivamente. La tabla 10 presenta la composición química promedio de los análisis por cada una de las muestras de granate.

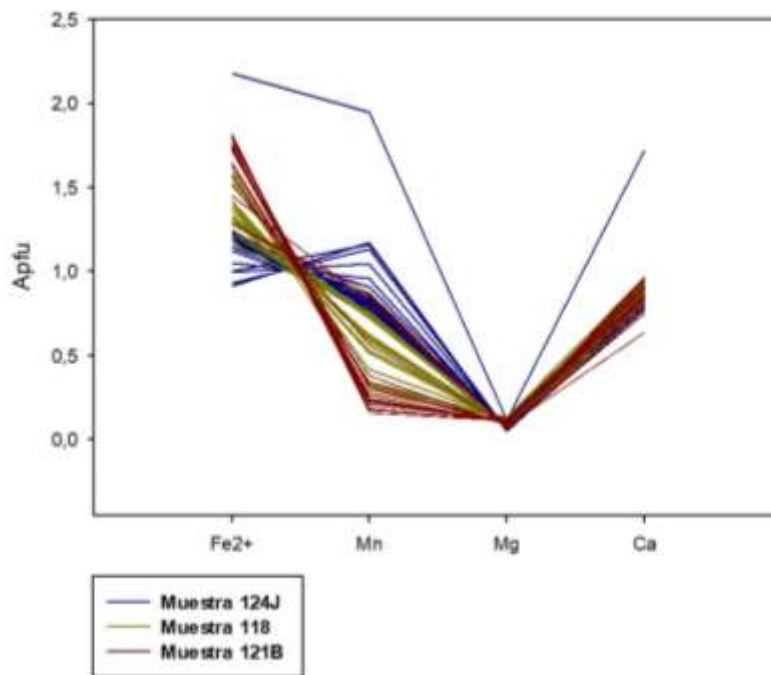


Figura 21. Diagrama de variación composicional para el granate en los esquistos azules de Jambaló.

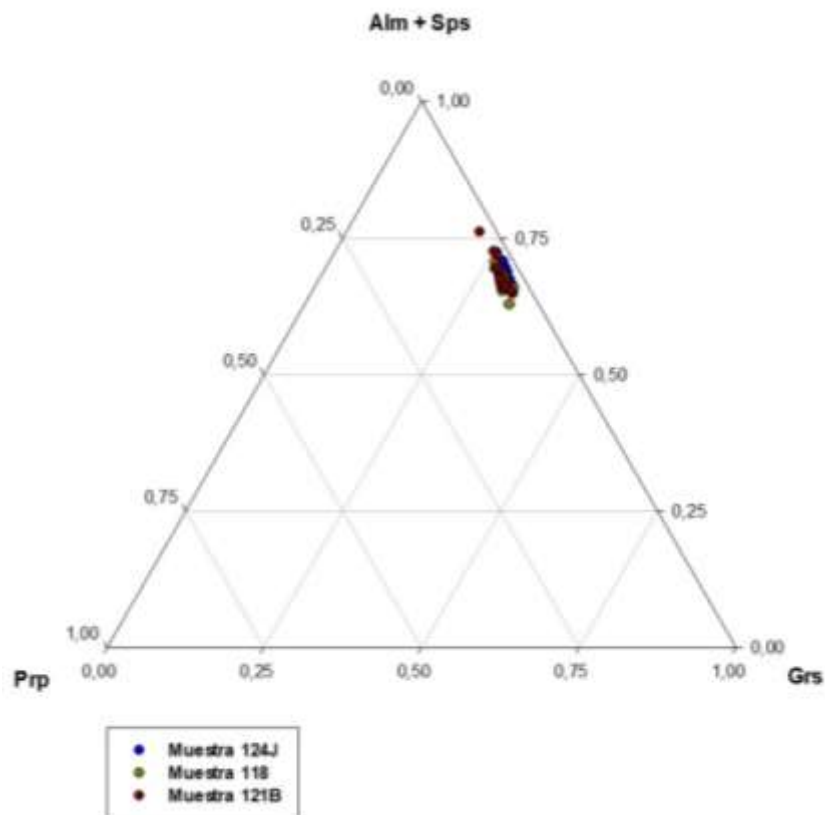


Figura 22. Diagrama ternario en términos de Prp-(Alm+Sps)-Grs para el granate en los esquistos azules de Jambaló.

Los valores graficados en cada uno de los ejes del diagrama corresponden a concentraciones apuf.

Tabla 10. Composición química promedio para los granates de los esquistos azules de Jambaló.

<b>QUÍMICA MINERAL PROMEDIO GRANATE</b>			
Fórmula estructural: $X_3Y_2Z_3O_{12}$			
<i>Bustamante (2008)</i>			
wt%	Muestra 124J	Muestra 118	Muestra 121B
SiO <sub>2</sub>	37,767	37,748	37,857
TiO <sub>2</sub>	0,132	0,092	0,127
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,586	21,623	21,333
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,014	0,019	0,000
FeO	16,903	20,834	25,007
MnO	13,333	8,478	5,413
MgO	0,556	0,839	0,837
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,102	0,099	0,000
CaO	10,034	10,357	10,096
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,016
<b>Total</b>	<b>100,427</b>	<b>100,088</b>	<b>100,684</b>
Si	3,010	3,010	3,008
Al <sup>IV</sup>	0,003	0,002	0,002
<b>Sum_Z</b>	<b>3,013</b>	<b>3,012</b>	<b>3,010</b>
Al <sup>VI</sup>	2,025	2,030	1,996
Ti	0,008	0,006	0,008
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,001
Cr	0,001	0,001	0,000
Y	0,005	0,004	0,000
<b>Sum_Y</b>	<b>2,039</b>	<b>2,041</b>	<b>2,004</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,187	1,389	1,660
Mn	0,954	0,573	0,365
Mg	0,069	0,100	0,099
Ca	0,905	0,885	0,859
Na	0,000	0,000	0,002
<b>Sum_X</b>	<b>3,115</b>	<b>2,947</b>	<b>2,986</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,166</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b> <sub>(max-min)</sub>	0,42-0,31	0,54-0,40	0,61-0,43
<b>Sps</b> <sub>(max-min)</sub>	0,40-0,25	0,26-0,10	0,29-0,05
<b>Prp</b> <sub>(max-min)</sub>	0,03-0,02	0,05-0,02	0,04-0,02
<b>Grs</b> <sub>(max-min)</sub>	0,32-0,26	0,33-0,26	0,32-0,21

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca);  
Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

#### 4.2.2.4. Otros minerales

La lawsonita es analizada en dos muestras de los esquistos azules de Barragán. Este mineral presenta concentraciones de Ca entre 0,94-1,02 apuf y de Al entre 1,87-2,00 apuf. Una de las muestras (muestra 197A) presenta concentraciones muy bajas de Fe<sup>3+</sup> que se encuentran entre 0,01-0,02 apuf y de Ti hasta de 0,07 apuf. Esto contrasta con la inexistencia de Fe<sup>3+</sup> en la muestra 197, que representaría una fase casi pura del mineral con pequeñas impurezas de Ti hasta de 0,02 apuf (Tabla 11).



Tabla 11. Composición química promedio para lawsonita en los esquistos azules de Barragán.

<b>QUÍMICA MINERAL</b>		
<b>PROMEDIO LAWSONITA</b>		
<i>Bustamante (2008)</i>		
wt%	<b>Muestra 197</b>	<b>Muestra 197A</b>
SiO <sub>2</sub>	39,998	39,258
TiO <sub>2</sub>	0,252	0,553
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,305	31,375
FeO	0,000	0,315
MnO	0,013	0,021
MgO	0,022	0,009
CaO	17,130	17,380
Na <sub>2</sub> O	0,011	0,005
K <sub>2</sub> O	0,002	0,000
<b>Total</b>	<b>89,735</b>	<b>88,916</b>
Si	2,068	2,054
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000
<b>Sum_T</b>	<b>2,068</b>	<b>2,054</b>
Al <sup>VI</sup>	1,969	1,934
Ti	0,010	0,022
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,014
Fe <sup>2+</sup>	0,000	0,000
Mn	0,001	0,001
Mg	0,002	0,001
Ca	0,949	0,974
Na	0,001	0,000
K	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>

*Fórmula estructural basada en 5 cationes.*

La clorita en los esquistos azules de Jambaló presenta concentraciones variables de Fe<sup>2+</sup> que se encuentran entre 3,07-1,64 apuf, de Mg entre 3,08-0,99 apuf y de Al<sup>VI</sup> entre 2,28-1,16 apuf. Por otro lado, la clorita de los esquistos azules de Barragán presenta concentraciones más homogéneas de Fe<sup>2+</sup>, Mg y Al<sup>VI</sup> en un intervalo entre 2,15-1,74 apuf, 3,03-2,54 apuf, y 1,46-1,10 apuf, respectivamente. Las concentraciones apuf promedio para cada una de las muestras analizadas puede visualizarse en la Tabla 12.

**Nota:** Murcia y González (1982) realizan análisis de difracción de rayos X para los esquistos azules de Tacueyó, pero no presentan datos de química mineral que pudieran ser recalculados en este trabajo. Únicamente, se destaca la presencia de fengita y paragonita.





Tabla 12 (Continuación 2). Química mineral promedio para la clorita de los esquistos azules de Jambaló y Barragán.

wt%	Barragán		
	Muestra 196D	Muestra 197	Muestra 197A
SiO <sub>2</sub>	28,490	28,030	27,865
TiO <sub>2</sub>	0,006	0,157	0,048
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,084	20,125	19,861
FeO	21,982	23,075	21,081
MnO	0,362	0,360	0,371
MgO	19,064	17,480	19,008
CaO	0,180	0,052	0,035
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,013	0,008
K <sub>2</sub> O	0,008	0,007	0,000
<b>Total</b>	<b>89,176</b>	<b>89,298</b>	<b>88,278</b>
Si	2,898	2,871	2,854
Al <sup>IV</sup>	1,102	1,129	1,146
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,187	1,301	1,251
Ti	0,000	0,012	0,004
Fe <sup>3+</sup>	0,006	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	1,864	1,977	1,806
Mn	0,031	0,031	0,032
Mg	2,891	2,669	2,902
Ca	0,020	0,006	0,004
Na	0,000	0,003	0,002
K	0,001	0,001	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

Fórmula estructural basada en 10 cationes.

#### 4.3. Termobarometría

La geotermobarometría para las eclogitas y esquistos azules de Barragán, Jambaló, Tacueyó y San José de Albán ha sido calculada por los diferentes autores de manera cuantitativa y semicuantitativa teniendo en cuenta las asociaciones minerales que se encuentran en equilibrio. Los valores de presión (P) y temperatura (T) que se han obtenido para estas rocas pueden ser consultados en la Tabla 13.

Tabla 13. Condiciones P-T para las eclogitas y esquistos azules de Barragán, Tacueyó, Jambaló y San José de Albán.

Tipo de roca	Localidad	Autor	Clave	Método		P (kbar)	T (°C)
				Tipo	Descripción		
Eclogita	Barragán	González (1997)	4 y 7	Semicuantitativo	Intercambio Fe-Mg entre Grt y Cpx. La presión usada para el cálculo corresponde a un valor previamente obtenido por otros autores para los esquistos azules presentes en el área. Esto, debido a que se considera que tienen la misma historia metamórfica.	10	520-599
		Asociación Grt-Pg-Cpx-Dol-Qz	14,3	634			
			9,2	665			
		Asociación Grt-Tr-Ts-Pl-Qz	14	632			
13	640						
Esquisto azul	Barragán	Bustamante (2008)	196D	Cuantitativo	Asociación Pg-Gln-Pmp-Lws-Czo-Qz	9,5	399
						9,3	397
				Semicuantitativo	Estimado a partir de reacciones y relaciones petrográficas entre Lws-Chl-Ttn-Gln-Cal/Arg-Pmp-Ab	9	350
						5	250
Esquisto azul	Tacueyó	Murcia y González (1982)	No presenta	Semicuantitativo	Basado en la presencia de las fases minerales Gln, Ph y Pg, y en la ausencia de Lws, Arg y Jd.	5-7	300-500
Esquisto azul	Jambaló	Bustamante (2008)	124I	Cuantitativo	Asociación Grt-Pg-Ab-Gln-Qz	6,7-14,1	382-502
			124J			16,9	497
			125H			7,4-13,9	371-454
						13,7	535
			129A			7,4	511
						9,9	416
124	9,2	369					
	7,5	458					
	6,2	424					
Esquisto azul	San José de Albán	Ibarra-Bustos (2017)	EB-39	Semicuantitativo	Estimación a partir de la comparación con asociaciones minerales similares de esquistos azules localizados en distintas posiciones geográficas.	9,5-10	380-420

## 5. Geoquímica

En este capítulo se presenta una síntesis de los aspectos geoquímicos de roca total de las rocas estudiadas. Los datos disponibles incluyen análisis de elementos mayores y traza en las eclogitas (González, 1997; Bustamante, 2008; García-Ramírez et al., 2017) y los esquistos azules de Barragán y Jambaló (Bustamante 2008; Bustamante y Bustamante, 2019). Esta información puede ser consultada en el Anexo 2. Usando el software GCDKit 4.1, los datos geoquímicos fueron graficados en diferentes diagramas con el fin de conocer la composición del protolito y tratar de establecer el ambiente tectónico en el cual se originaron. Debido a que el Ti no fue proporcionado por ningún autor, se calculó a partir del  $\text{TiO}_2$  teniendo en cuenta el factor de conversión 0,59950. Es importante mencionar que la naturaleza metamórfica de estas rocas implica que las composiciones originales pudieron verse modificadas durante y después del metamorfismo. Esto es particularmente válido para aquellos elementos más móviles. Por lo tanto, para el presente análisis se consideraron principalmente los elementos incompatibles más inmóviles.

Las eclogitas que afloran entre Pijao-Barragán (González, 1997; Bustamante, 2008; García-Ramírez et al., 2017) presentan contenidos de  $\text{SiO}_2$  que varía entre 51,27-47,21 wt%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 15,42-13,39 wt%, MgO entre 8,72-6,01 wt%,  $\text{FeO}_{\text{total}}$  entre 14,63-9,17 wt%, y de  $\text{K}_2\text{O}$  entre 0,38-0,09 wt%. Los esquistos azules de Barragán (Bustamante, 2008) presentan contenidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MgO,  $\text{FeO}_{\text{total}}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  que varían entre 50,00-48,25 wt%, 16,31-13,93 wt%, 9,28-6,18 wt%, 11,45-9,29 wt%, y 0,58-0,04 wt% respectivamente. Los valores de estos óxidos para los esquistos azules de Jambaló (Bustamante, 2008; Bustamante y Bustamante, 2019) varían respectivamente entre 56,90-50,42 wt%, 19,80-14,41 wt%, 6,13-2,59 wt%, 9,81-6,26 wt%, y 2,90-0,13 wt%.

Al normalizar con respecto a la composición del manto primitivo, según Sun y McDonough (1989), las eclogitas exhiben un leve enriquecimiento en Y y Tb, y un empobrecimiento leve en Ti y P. Además, se puede observar un comportamiento anómalo en el Ta, con algunas de las muestras de eclogitas muy enriquecidas y otras empobrecidas en este elemento. Estas rocas presentan una anomalía negativa en Nb, sin embargo, una de las muestras (González, 1997) se encuentra enriquecida (Figura 23). Por otro lado, los esquistos azules de Barragán están más enriquecidos en Th, Nb, La y Ce al compararlos con las eclogitas en la normalización con respecto al manto primitivo. En esta normalización, los esquistos azules de Barragán exhiben un leve

enriquecimiento en Nd y empobrecimiento en P, Ti y Zr (Figura 24). Así mismo, las muestras presentan anomalías negativas en Nb, y únicamente anomalías positivas en Ta.

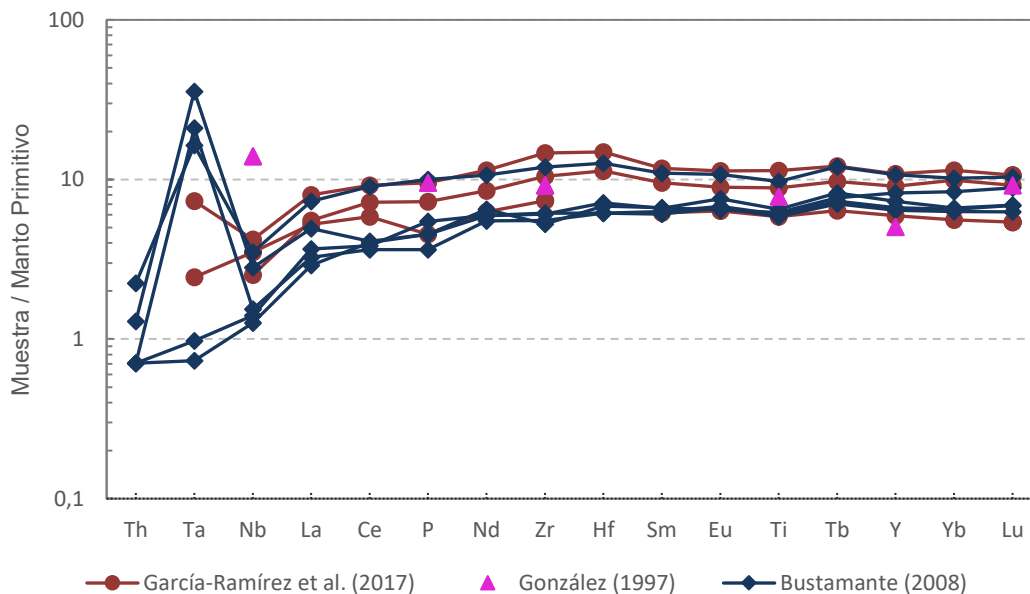


Figura 23. Diagrama multi-elemental normalizado a manto primitivo según Sun y McDonough (1989) para las eclogitas.

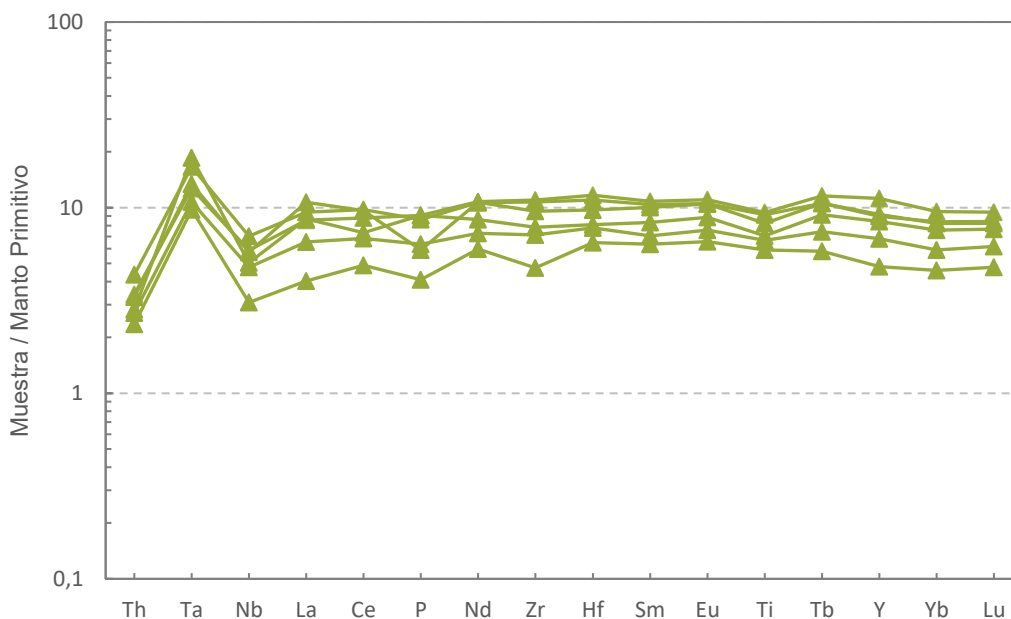


Figura 24. Diagrama multi-elemental normalizado a manto primitivo según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Barragán.

Aunque los esquistos azules de Barragán se encuentran un poco más enriquecidos que las eclogitas, estos presentan una tendencia similar con respecto al manto primitivo. Mientras que, los esquistos azules de Jambaló muestran una tendencia diferente, aún más enriquecida que los esquistos azules de Barragán, con anomalías positivas en Ta y negativas en Nb y P. Estos presentan también enriquecimientos en Zr y Hf, y empobrecimientos en Sm y Eu (Figura 25).

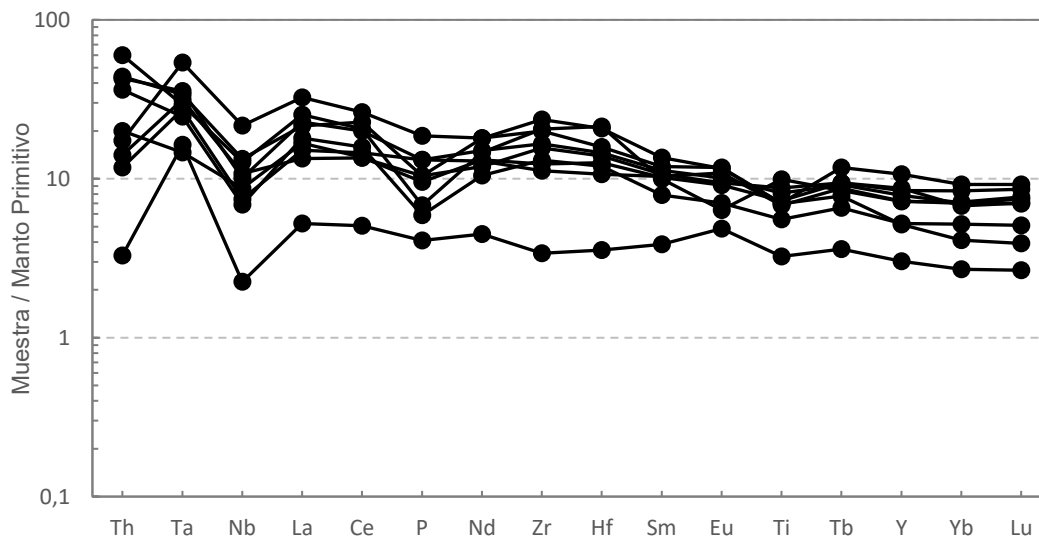


Figura 25. Diagrama multi-elemental normalizado a manto primitivo según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Jambaló.

Ahora bien, al normalizar con respecto a la composición del N-MORB (Normal-Middle Ocean Ridge Basalts) según Sun y McDonough (1989), se observa una tendencia horizontal, cercana a uno, para las muestras de eclogitas (Figura 26). Los esquistos azules de Barragán evidencian un leve enriquecimiento en elementos de tierras raras livianas (LREE: Light Rare Earth Elements) y en elementos de tierras raras intermedias (MREE: Middle REE) (Figura 27). Y, los esquistos azules de Jambaló presentan un enriquecimiento notable en LREE con respecto a las MREE y HREE (Figura 28). Una de las muestras de Jambaló, se encuentra muy empobrecida con respecto a las demás.

Debido a la movilidad de los metales alcalinos, no fueron usados diagramas basados en óxidos mayores, como el TAS. Para la clasificación y discriminación geotectónica, estas rocas fueron graficadas usando elementos incompatibles de potencial iónico alto (HFSE: High Field Strength Elements), los cuales tienden a ser estables bajo condiciones hidrotermales, de



meteorización y metamorfismo (como es el caso de las rocas de estudio) debido a que son relativamente inmóviles en fluidos acuosos (Rollinson, 1993)

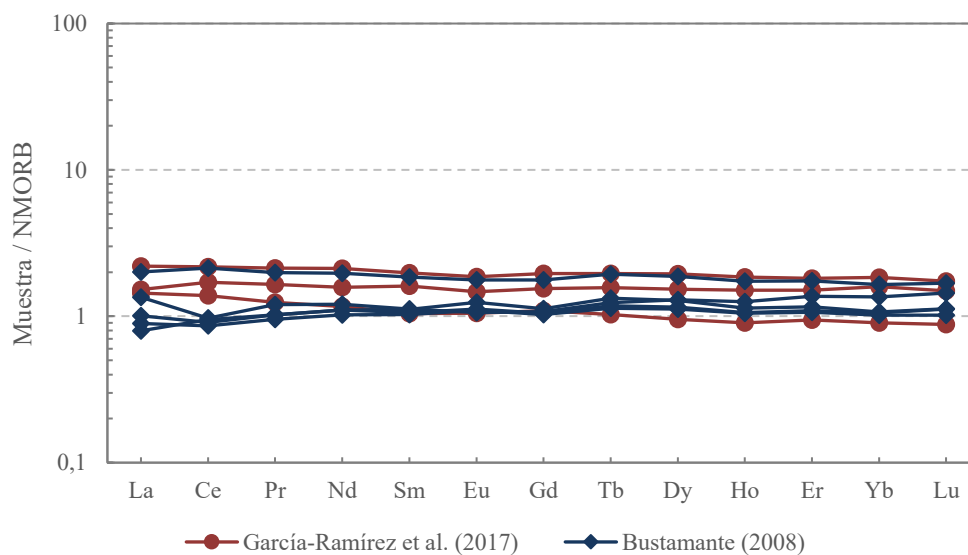


Figura 26. Diagrama de REE normalizado con respecto a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para las eclogitas.

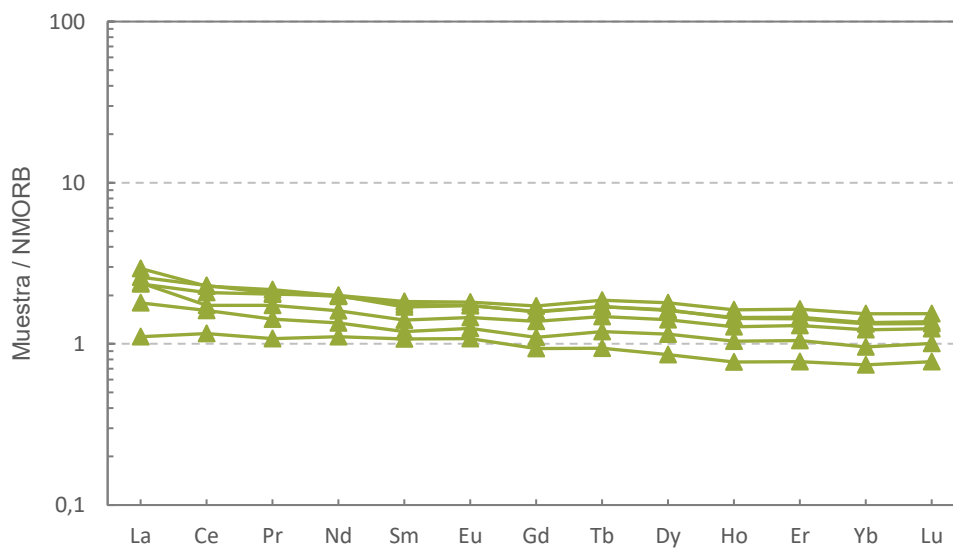


Figura 27. Diagrama de REE normalizado con respecto a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Barragán.

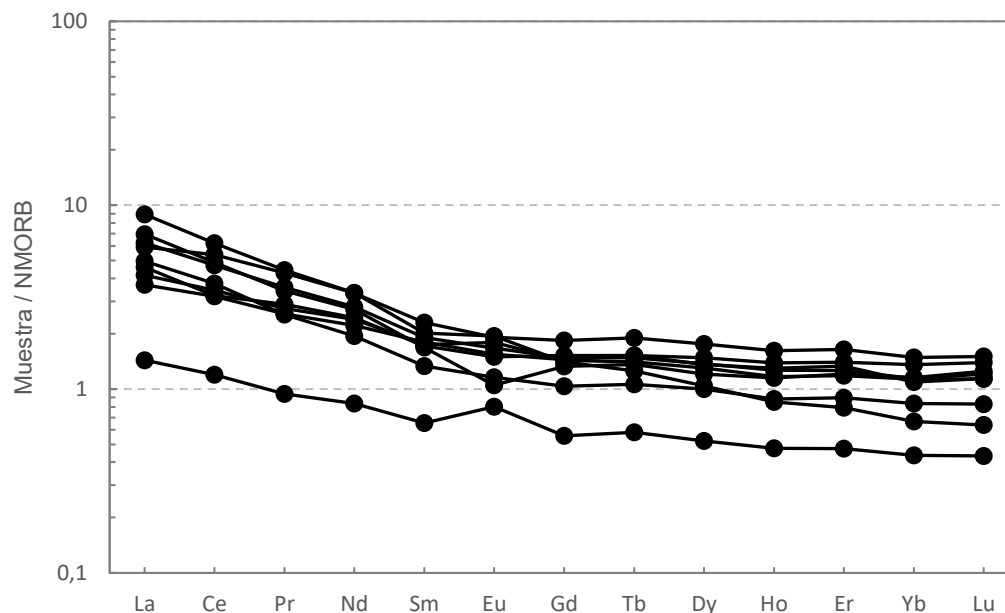


Figura 28. Diagrama de REE normalizado con respecto a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para los esquistos azules de Jambaló.

Así pues, al graficar estas rocas en el diagrama de Winchester y Floyd (1977) para su clasificación, se obtuvo que el protolito para las eclogitas y esquistos azules de Barragán corresponde principalmente a basaltos (Figura 29). Sin embargo, la eclogita presentada por González (1997) está localizada en el campo de basalto subalcalino. Por otro lado, los esquistos azules de Jambaló muestran una mayor evolución respecto a las otras muestras con una tendencia hacia el campo de las andesitas (Figura 29).

En el diagrama de discriminación tectónica de Pearce y Norry (1979), las eclogitas y esquistos azules de Barragán se encuentran en el campo de basaltos de dorsal oceánica, a excepción de dos muestras. Una de ellas (González, 1997) se encuentra en el campo de basaltos intra-placa y la otra en el campo de basaltos de arco de islas (Figura 30). En contraste, los esquistos azules de Jambaló se encuentran principalmente en el campo de basaltos intra-placa, con una muestra en el campo de basaltos de arco de islas (Figura 30).

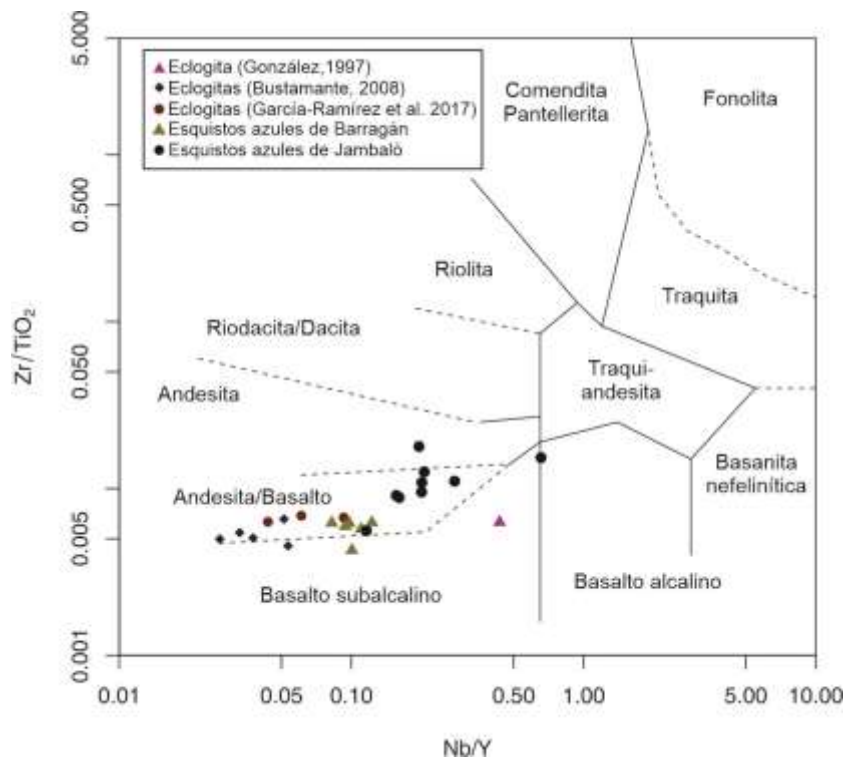


Figura 29. Diagrama Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> para clasificación composicional de Winchester y Floyd (1977).

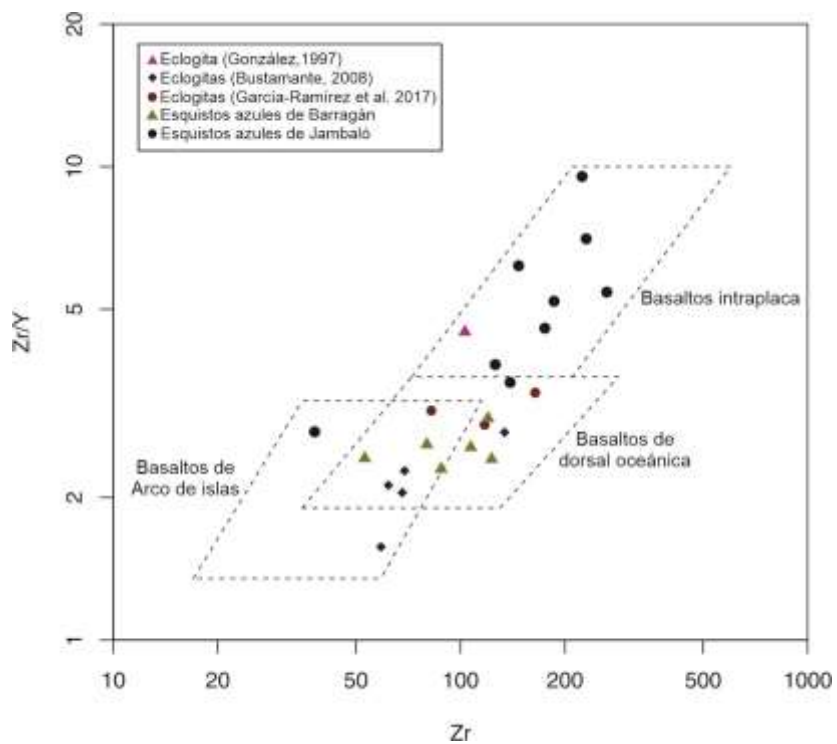


Figura 30. Diagrama Zr-Zr/Y de Pearce y Norry (1979) para discriminar ambiente tectónico.

En los diagramas Nb-Zr-Y (Meschede, 1986) y Th-Hf-Nb (Wood, 1980) se puede observar que las eclogitas y esquistos azules de Barragán son de tipo N-MORB con una muestra en el campo de basaltos de arco de islas (Figura 31a). Mientras que, los esquistos azules de Jambaló, con una amplia dispersión, se encuentran en el campo de los basaltos toleíticos intraplaca y de arco volcánico, con una muestra en el campo de basaltos alcalinos intraplaca (Figura 31a). Estos corresponden también a basaltos toleíticos de arco de islas y basaltos calcoalcalinos, y uno de ellos a basaltos toleíticos intraplaca (Figura 31b). Debido a la poca información geoquímica que se presenta para la eclogita en González (1997) se tienen algunas inconsistencias en estos diagramas para esta muestra.

Finalmente, en el diagrama Tb-Th-Ta (Cabanis y Thiéblemont, 1988) las eclogitas se encuentran de manera dispersa entre los campos N-MORB y E-MORB, con dos muestras en el límite entre los N-MORB y los basaltos de cuenca tras-arco. De manera concentrada, los esquistos azules de Barragán concurren en el campo de los E-MORB, con una única muestra en el límite entre los N-MORB y E-MORB. En tanto que, los esquistos azules de Jambaló se localizan en los campos de basaltos toleíticos continentales, basaltos alcalinos continentales o basaltos de islas oceánicas, y en el campo E-MORB o basaltos de islas oceánicas (Figura 32).

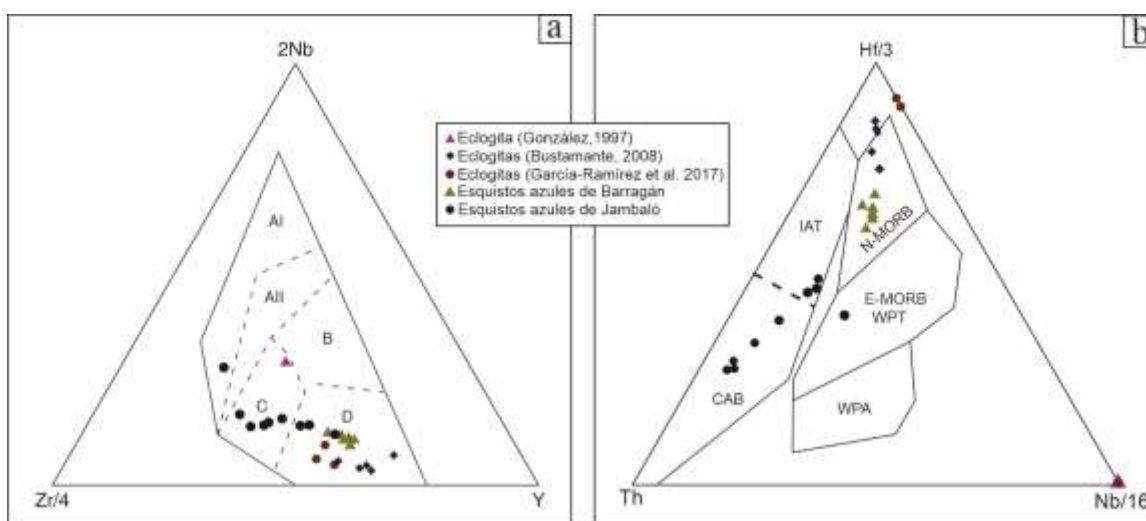


Figura 31. Diagramas Nb-Zr-Y y Hf-Th-Nb para discriminación de ambiente tectónico.

**(a)** Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986): AI, basaltos alcalinos intraplaca; AII, basaltos toleíticos intraplaca; B, E-MORB; C, basaltos toleíticos intraplaca y arco volcánico; D, N-MORB y arco volcánico.

**(b)** Diagrama Th-Hf-Nb de Wood (1980): IAT, basaltos toleíticos de arco de islas; CAB, basaltos calcoalcalinos; N-MORB, normal MORB; E-MORB, enriquecido MORB; WPT, basaltos toleíticos intraplaca; WPA, basaltos alcalinos intraplaca.

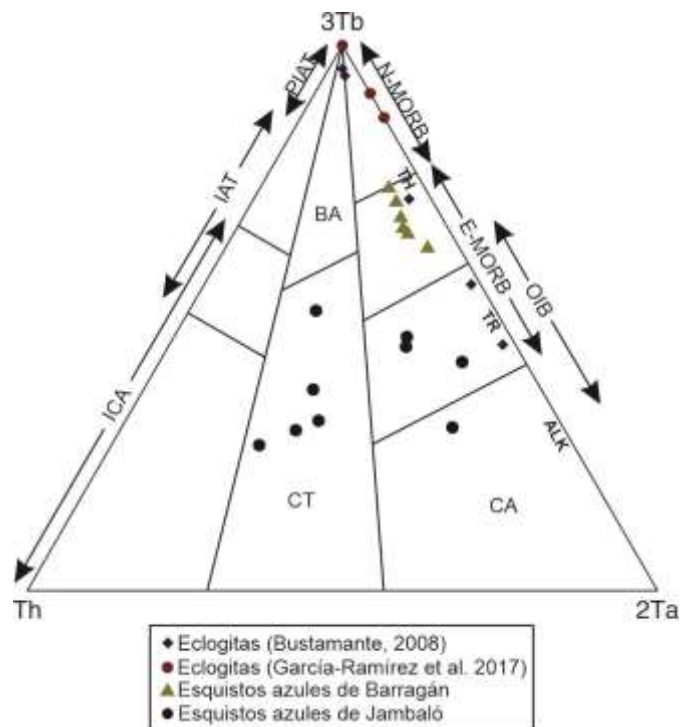


Figura 32. Diagrama Tb-Th-Ta de Cabanis y Thiéblemont (1988) para discriminar ambiente tectónico.

*N-MORB*, normal MORB; *E-MORB*, enriquecido MORB; *OIB*, basaltos de islas oceánicas; *CA*, basaltos alcalinos continentales; *CT*, basaltos toleíticos continentales; *BA*, basaltos de cuenca tras-arco; *ICA*, basaltos calcoalcalinos de arco de islas; *IAT*, basaltos toleíticos de arco de islas; *PIAT*, basaltos toleíticos de arco de islas primitivo; *TH*, serie toleítica; *TR*, serie transicional; *ALK*, serie alcalina.

## 6. Geocronología

A continuación, se presenta a manera de resumen la información geocronológica disponible para las rocas de HP/LT. Estos datos se presentan en la Tabla 14. Para las eclogitas, ha sido reportada una edad de  $128,7 \pm 3,5$  Ma obtenida por el método Lu-Hf en fracciones de granate y roca total (García-Ramírez et al., 2017). Esta datación ha sido interpretada por los autores como la edad del metamorfismo en facies eclogita. En el área de Barragán se obtuvo también una edad de ca. 120 Ma por el método Ar-Ar en moscovita para un esquistos con cuarzo-moscovita-clorita-granate (facies esquistos verde) asociado con el metamorfismo de los esquistos azules de Barragán (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2012).

Por otro lado, en el área de Jambaló se tienen diferentes dataciones. En Orrego et al. (1980) se reporta una edad de  $125 \pm 15$  Ma obtenida por el método K/Ar en roca total para un esquistos sericítico que aflora en la quebrada La Cera (Pitayó-Jambaló). Sin embargo, en estudios más recientes (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2011) se reporta un rango de edad para el metamorfismo de los esquistos azules de Jambaló entre 67-61 Ma obtenido por el método Ar-Ar en paragonita y fengita relacionadas a una foliación milonítica.

Tabla 14. Datos geocronológicos relacionados a la eclogita y los esquistos azules de Barragán y Jambaló.

Tipo de roca	Localidad	Autor	Clave	Asociación mineral	Método	Edad	Interpretación
Eclogita	Pijao-Génova	García-Ramírez et al. (2017)	ARQ-359	No es descrita	Lu-Hf en fracciones de granate y roca total	128,7 ± 3,5	Edad de metamorfismo en facies eclogita
Esquisto azul	Barragán	Bustamante (2008) Bustamante et al. (2012)	190B	Qz-Ms-Chl-Gr	Ar-Ar en moscovita	119,4 ± 3,8 120,1 ± 1,0 120,8 ± 0,3	Edad del evento de exhumación
Esquisto azul	Jambaló	Bustamante (2008) Bustamante et al. (2011)	129C	Gln-Ab-Pg-Cal-Chl-Qz	Ar-Ar en paragonita	66,9 ± 0,2	Edad del evento de exhumación
			124F	Gln-Ab-Pg-Cal-Chl-Ttn-Qz		61,8 ± 0,9 62,4 ± 0,2 62,9 ± 1,0	
			124G	Gln-Pg-Cal-Chl-Qz		54,5 ± 1,6 62,3 ± 1,1 63,0 ± 0,3	
			124J	Ph-Gln-Ab-Cal-Chl-Pg-Qz	Ar-Ar en fengita	67,5 ± 1,1	
			121B	Gln-Pg-Cal-Chl-Qz	Ar-Ar en paragonita	63,2 ± 4,4 67,8 ± 1,1 74,0 ± 28,5	
			123A	Gln-Ep/Czo-Pg-Ph-Qz		66,0 ± 0,7 66,3 ± 2,5 67,1 ± 2,7 83,1 ± 10,6	
			125M	Gln-Ab-Pg-Cal-Chl		54,7 ± 8,8 63,5 ± 1,3	
Esquisto sericítico	Jambaló	Orrego et al. (1980)	UNM 3000	Ph?-Qz-Ab-Amp-Gr	K/Ar en roca total	125 ± 15	Edad mínima de metamorfismo

## 7. Discusión

### *7.1. Petrogénesis y significado tectónico de los protolitos*

A partir de la información petrográfica y química presentada, es evidente que los protolitos de eclogita y esquisto azul tuvieron un carácter ígneo de composición principalmente básica. Por otra parte, el comportamiento de los HFSE sugiere una génesis principalmente de basaltos tipo N-MORB para las eclogitas y esquistos azules de Barragán, comparable con las rocas tipo N-MORB del Pacífico Este (e.g. Xia y Li, 2019). Sin embargo, los enriquecimientos relativos en Ta observados en los diagramas de normalización son más propios de un ambiente más enriquecido (E-MORB). De manera contrastante, los esquistos azules de Jambaló evidencian un mayor grado de diferenciación magmática que los de Barragán, debido a que las composiciones del protolito corresponden a basaltos y andesitas. De acuerdo a la geoquímica, estas rocas se habrían formado en un ambiente de arco volcánico. Sin embargo, el enriquecimiento en Th, Ta, Hf y Zr que presentan los esquistos azules de Jambaló no es propio de este ambiente. Estos enriquecimientos indicarían la influencia de una fuente enriquecida (E-MORB o intraplaca), es decir, en términos geoquímicos poseen un carácter transicional. En términos de sus elementos mayores, estos presentan cantidades de K<sub>2</sub>O hasta de 2,90 wt%, lo que sugeriría que los esquistos azules de Jambaló se enriquecieron en K posiblemente relacionado con eventos hidrotermales posteriores.

Las interpretaciones geoquímicas generales presentadas aquí son consistentes con lo interpretado hasta ahora (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2011; Bustamante et al., 2012; García-Ramírez et al., 2017). Sin embargo, en este trabajo se muestran nuevos diagramas de normalización que permiten visualizar de manera clara el enriquecimiento en Ta que presentan estas rocas, ya que no es un elemento tenido en cuenta en diagramas de normalización presentados por Bustamante (2008) y García-Ramírez et al. (2017). Además, en este trabajo, se interpretan anomalías positivas de Th, Ta, Zr y Hf para los esquistos azules de Jambaló, mientras que en Bustamante (2008) se habla de anomalías negativas en estos elementos.

Se asume que las características geoquímicas de estas rocas, al menos en términos de los elementos más incompatibles, reflejan las características del magma o la fuente magmática primarios. Así pues, los protolitos de las eclogitas y esquistos azules de Barragán podrían tener una afinidad oceánica y habrían sido originados en un ambiente distensivo asociado a la formación del Proto-Caribe durante el Jurásico-Cretácico Inferior. Coetáneamente, los protolitos de los esquistos azules de Jambaló pudieron formarse en un ambiente de arco o retroarco en el contexto



de la subducción asociada con la placa Farallón (Figura 33A). Esto último, contrastaría con el modelo presentado por Bustamante (2008), Bustamante y Bustamante (2019), y Bustamante et al. (2020), en el cual se propone que los esquistos azules de Jambaló tienen un origen que no puede ser asociado temporalmente con los de Barragán. Y, que su formación estaría asociada con un arco de islas que se generó sobre la corteza engrosada que daría origen a la placa Caribe.

## ***7.2.El metamorfismo de alta presión y sus implicaciones tectónicas***

El metamorfismo de HP/LT que ocurre en las localidades de Pijao-Génova-Barragán está registrado por la presencia de onfacita, granate y anfíboles cálcicos y sódico-cálcicos en las eclogitas, así como glaucofana, lawsonita y fengita en los esquistos azules de Barragán. En las eclogitas, algunos de los anfíboles fueron identificados petrográficamente como "anfíbol azul", sin embargo, los análisis de química mineral indican composiciones de pargasita, magnesio-hornblenda, katoforita y winchita; en ninguno de los casos de anfíbol sódico. Los anfíboles estudiados por González (1997) muestran con respecto a los de Bustamante (2008) concentraciones de Na más altas. Este enriquecimiento en Na podría sugerir un estado menor de retrogradación, que estaría relacionado al reconocimiento petrográfico de onfacita por González (1997), Ríos-Reyes et al. (2008) y García-Ramírez et al. (2017). Composicionalmente, el granate es más rico en almandino que en grosularia, lo que es característico de rocas de bajo y medio grado metamórfico y relativamente altas presiones (Spear, 1993; Frost y Frost, 2014). Estas condiciones de P-T han sido reportadas en la literatura entre 9–15 kbar y 520–640°C y serían congruentes con la presencia de epidota como inclusión y en la matriz de la roca, confirmando condiciones metamórficas en la facies eclogita de temperatura moderada (Frost y Frost, 2014).

Los esquistos azules de Barragán muestran un menor grado de retrogradación y aun son reconocibles las fases minerales glaucofana, lawsonita, fengita y clorita, características de las facies esquisto azul. Evidencia de la retrogradación en estas rocas correspondería a la presencia de actinolita y clorita hacia los bordes de la glaucofana y lawsonita respectivamente. Algunos análisis en fengita se encuentran más enriquecidos en Si que el promedio, lo que sugeriría que estas micas son relictos de la etapa de pico bórico que se alcanzó en la parte superior de las facies esquisto azul (Bucher y Grapes, 2011). Sin embargo, estas rocas pudieron reequilibrarse en las condiciones inferiores de estas facies, ya que continúan dentro del campo de estabilidad de la pumpellyita (Bucher y Grapes, 2011).

El evento metamórfico en los esquistos azules de Jambaló puede ser relacionado con los esquistos azules de Tacueyó y San José de Albán a partir de la similitud petrográfica que presentan y la cercanía geográfica. Debido a que se cuenta con mayor información sobre el metamorfismo que afectó las rocas de Jambaló, se sugiere que los esquistos azules de estas tres localidades podrían ser incluidos de manera general en lo que aquí se denomina como *metamorfismo de HP/LT en Jambaló*. Este evento metamórfico se reconoce por la presencia de las fases minerales glaucofana, granate, fengita y paragonita, y posiblemente lawsonita y jadeíta (Orrego et al., 1977). Estas rocas exhiben un estado de retrometamorfismo evidenciado en la zonación de los anfíboles cuyos bordes podrían estar representados por fases minerales sódico-cálcicas (barroisita y winchita), y la presencia de actinolita y clorita hacia los bordes del mismo como minerales retrógrados de las facies esquisto azul. La presencia de paragonita en estas rocas es evidencia del incremento en Na que experimentan las fengitas con el aumento del grado metamórfico. Además, las concentraciones de Si (cerca de 4,0 apuf) presentes en algunas de las fengitas de Jambaló, representarían condiciones de presión más altas (6–17 kbar) que las experimentadas por los esquistos azules de Barragán (5–9 kbar). Las variaciones químicas del granate sugerirían que este se formó en condiciones prógradas, ya que las concentraciones altas de Fe<sup>2+</sup> representarían un estadio más elevado en el metamorfismo, y las concentraciones altas de Mn uno más temprano (e.g. Spear, 1993). También, la presencia de epidota y el contacto poligonal del cuarzo en algunos casos podrían sugerir el incremento de temperatura durante la formación de estos esquistos. Las temperaturas reportadas para Jambaló alcanzan los 535°C que representarían el límite superior de las facies esquisto azul (Bucher y Grapes, 2011). En el diagrama P-T (Figura 34) es posible observar que el pico bórico en estos esquistos se alcanzaron las facies eclogita. Sin embargo, como producto del retrometamorfismo, estas rocas alcanzarían un reequilibrio hacia la parte inferior de las facies esquisto azul, evidenciado por la presencia de estilpnomelano (Bucher y Grapes, 2011).

Teniendo en cuenta que: 1) la edad mínima para el metamorfismo de los esquistos azules de Barragán es de 120 Ma (Bustamante, 2008); 2) la edad del metamorfismo eclogítico es de 128 Ma (García-Ramírez et al., 2017); 3) las edades para el metamorfismo de los esquistos azules de Jambaló es de 67-61 Ma (Bustamante, 2008; Bustamante et al., 2011); 4) los ciclos de metamorfismo y exhumación para las rocas de HP pueden ocurrir en intervalos de tiempo corto (5-10 Ma) (Yardley y Warren, 2021). Bustamante (2008), Bustamante y Bustamante (2019), y Bustamante et al. (2020) sugieren que las eclogitas y esquistos azules de Barragán serían el

resultado de un mismo evento metamórfico de HP/LT, mientras que los esquistos azules de Jambaló representarían un evento metamórfico distinto debido al amplio intervalo de tiempo entre estas dataciones. Sin embargo, el contexto tectónico y el mecanismo que operó desde la formación de los protolitos hasta su eventual metamorfismo de subducción asincrónico son poco claros.

Asociado a los esquistos azules de Jambaló ha sido reconocido por Bustamante (2008) un metamorfismo térmico posterior al regional evidenciado por: texturas radiales de estilpnomelano, el crecimiento de clinozoisita sin una disposición preferencial, epidiositos en venas y pequeños cuerpos graníticos al noroeste de esta localidad. Este evento térmico podría ser relacionable temporalmente con procesos magmáticos y estructurales, datados entre los 71-113 Ma, asociados con la formación del arco Sabanalarga-Barroso (Rodríguez y Arango, 2013). A partir de lo anterior y considerando que se tienen algunos reseteos en el sistema isotópico Ar-Ar (Bustamante, 2008; Bustamante y Bustamante, 2019; Bustamante et al., 2020) y que la ausencia de lawsonita podría deberse al remplazamiento por epidota y/o clinozoisita (Whitney y Davis, 2006; Whitney et al., 2020), en este trabajo se propone un nuevo modelo tectónico, donde las edades reportadas por Bustamante et al. (2011) representarían un reseteo isotópico que también ha sido evidenciado en otras unidades del Complejo Arquia (Rodríguez y Arango, 2013). Este reseteo podría estar relacionado con la formación y colisión de la corteza engrosada que dio origen a la placa Caribe, ya que este evento originó procesos deformativos, magmáticos, de reactivación de fallas e hidrotermalismo a lo largo del margen de Suramérica. Es necesario aclarar que, las rocas estudiadas en este trabajo representan las condiciones P-T típicas de zonas de subducción según el modelo de Penniston-Dorland et al. (2015), las cuales muestran temperaturas más altas que las sugeridas en modelos anteriores cuando se tienen condiciones de  $P < 2\text{GPa}$  (Figura 34). Y teniendo en cuenta que, el reseteo isotópico Ar-Ar puede ocurrir dentro del intervalo de temperaturas típicas de zonas de subducción, colisión e incluso miloníticas, no es necesario que un recalentamiento en Jambaló sea visualizado en el modelo P-T como temperaturas anómalas. El modelo propuesto aquí está construido bajo la premisa de dos zonas de subducción que ocurrieron durante el Cretácico Inferior: la primera subducción ocurre en el contexto de la subducción entre la placa Farallón y el Proto-Caribe que da origen a los protolitos de las rocas de HP/LT de Pijao-Génova-Barragán (Figura 33A). En esta subducción se genera el magmatismo de arco que da origen a los protolitos de las rocas de HP/LT de Jambaló (Figura 33A). Mientras tanto, al este del arco se genera una nueva subducción en la zona de anomalía térmica asociada al proceso distensivo (Figura 33B).

Esta subducción incorpora los protolitos de estas rocas dentro de la subducción dando origen al metamorfismo. Debido a la eclogitización de la loza subducida se sugiere un proceso de *slab-rollback* (García-Ramírez et al., 2017; Spikings et al., 2019) que facilitaría la acreción, remonte, exhumación de las rocas y la generación de una cuenca retroarco (Figura 33C). Finalmente, ocurre el cese de esta subducción dando paso a la subducción entre las placas Farallón y Suramericana (Figura 33D).

En un contexto tectono-temporal más amplio, el metamorfismo de las rocas de alta presión estudiadas está relacionado con el desarrollo del sistema de suturas del Caribe con exposiciones de complejos de subducción a todo lo largo de la región Circum-Caribe, con ejemplos bien conocidos en Guatemala, Cuba, República Dominicana y Venezuela (Pindell et al., 2012). Al mismo tiempo, hay registro de otros complejos de subducción relativamente contemporáneos asociados a la subducción en el margen paleo-pacífico, tanto en Norte como Suramérica (e.g. Flores et al., 2013), por lo tanto, una interrogante a escala continental sigue siendo ¿cuál fue el control tectónico que propició la formación y exhumación de todos estos complejos de subducción americanos? y en última instancia ¿cómo puede contribuir el Complejo Arquía a entender estos procesos? Por otro lado, la ocurrencia de rocas con lawsonita es extremadamente rara a nivel global (e.g. Tsujimori et al., 2006; Tsujimori y Ernst, 2014) y su presencia en Colombia amerita por sí misma un estudio más a detalle para entender los fenómenos de formación y preservación de este mineral a través de gradientes de inhumación y exhumación extremadamente bajos.

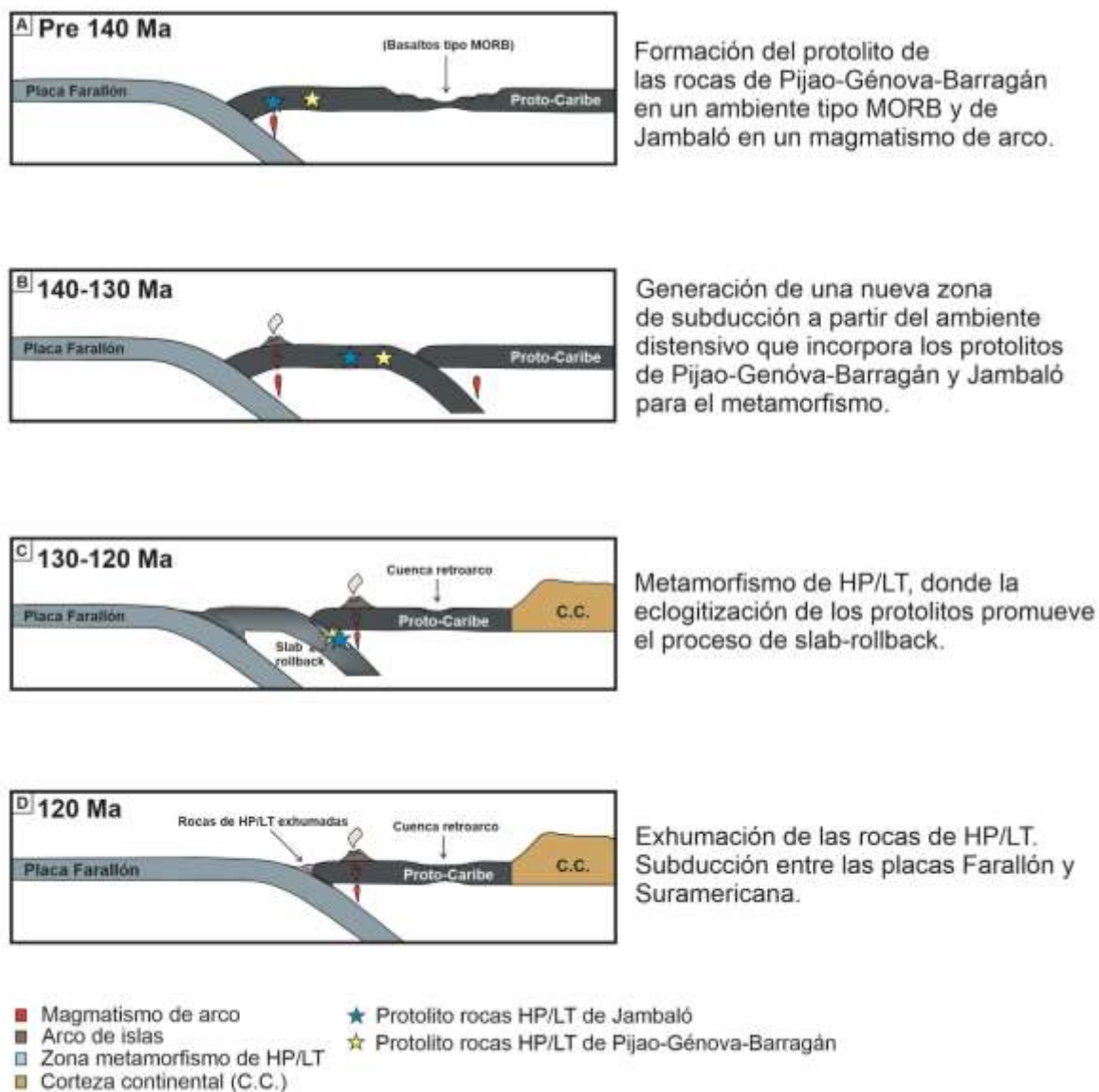


Figura 33. Ilustración no a escala de la formación de los protolitos y el metamorfismo para las eclogitas y esquistos azules en Colombia durante el Cretácico Temprano.

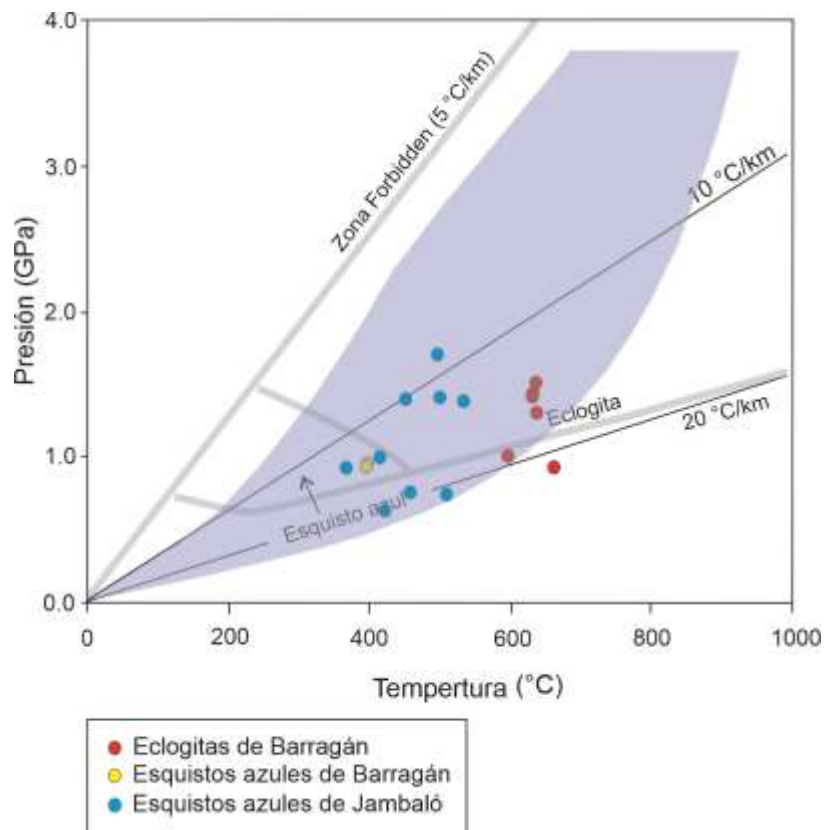


Figura 34. Estimación de condiciones P-T para las eclogitas y esquistos azules de Barragán y Jambaló.

La zona sombreada de color azul muestra la distribución media global de estimaciones P-T para las rocas de zonas de subducción presentado por Penniston-Dorland et al., 2015. La zona Forbidden delimita las condiciones que no son posibles en la Tierra.

## 8. Conclusiones

Las rocas de HP/LT que afloran en las localidades de Pijao-Génova-Barragán y Jambaló son típicas de un metamorfismo de zona de subducción. Los datos que han sido publicados para estas rocas según estudios de campo, petrográficos, geoquímicos, termobarométricos y geocronológicos pueden ser consultados en este trabajo de una manera sintetizada y ordenada según el litotipo de interés. Así mismo, de una manera comparativa se pueden conocer las diferentes interpretaciones que se han expuesto para el origen y metamorfismo de las mismas.

Con base en los diferentes estudios que se tienen para las rocas de HP/LT y que han sido planteados aquí, se sugiere que estas representan la evidencia de uno o más complejos de subducción desarrollados durante el Cretácico Temprano (130-120 Ma). Durante el retrometamorfismo los esquistos azules y eclogitas se re-equilibraron en condiciones de las facies de esquistos verde y anfíbolita, respectivamente. El modelo presentado en este trabajo estima un mismo evento metamórfico de HP para las localidades de Pijao-Génova-Barragán y Jambaló considerando las dataciones Ar-Ar en fengita para los esquistos azules de Jambaló (67-61 Ma) como posibles reseteos isotópicos asociados al evento colisional en el margen de Suramérica durante el Cretácico Tardío-Paleógeno. Sin embargo, no se descarta la idea de dos distintos complejos de subducción desarrollados durante el Cretácico, registrados en cada una de las localidades (Bustamante y Bustamante, 2019; Bustamante et al., 2020).

Considerando las premisas expuestas en este trabajo, se propone realizar un mayor análisis en las dataciones para los esquistos azules de Jambaló y nuevos métodos de datación para estas rocas y las unidades adyacentes, que permitan dar claridad sobre el evento metamórfico que las afectó. Además, estudios estructurales en la región de Jambaló podrían dar una mejor respuesta a la ubicación tectónica que tienen los esquistos azules en esta localidad. Finalmente, son necesarios estudios geoquímicos, de química mineral, geotermobarométricos y geocronológicos en los esquistos azules de San José de Albán y Tacueyó para una mejor correlación con las otras rocas de HP/LT. Esta información podría ser clave para determinar si los esquistos azules y eclogitas en Colombia representarían un único evento metamórfico de HP, o representarían uno asociado a la placa Farallón y otro asociado a la placa Caribe.

### Lista de referencias

- Blanco-Quintero, I. F., García-Casco, A., Toro, L. M., Moreno-Sánchez, M., Ruiz-Jiménez, E. C., Vinasco, C. J., Cardona, A., Lázaro, C., y Morata, D. (2014). Late Jurassic terrane collision in the northwestern margin of Gondwana (Cajamarca Complex, eastern flank of the Central Cordillera, Colombia). *International Geology Review*, 56(15), 1852-1872.
- Bucher, K., y Grapes, R. (2011). *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer Science y Business Media.
- Bustamante, A. (2008). Geotermobarometría, geoquímica, geocronología e evolução tectônica das rochas da fácies xisto azul nas áreas de Jambaló (Cauca) e Barragán (Valle del Cauca), Colômbia. 179 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bustamante, A., Bustamante, C., Cardona, A., Juliani, C., y da Silva, S. P. (2020). Jambaló blueschist and greenschist protoliths in the Central Cordillera of the Colombian Andes and their tectonic implications for Late Cretaceous Caribbean-South American interactions. *Journal of South American Earth Sciences*, 107, 102977.
- Bustamante, A., Juliani, C., Essene, E. J., Hall, C. M., y Hyppolito, T. (2012). Geochemical constraints on blueschist-and amphibolite-facies rocks of the Central Cordillera of Colombia: the Andean Barragán region. *International Geology Review*, 54(9), 1013-1030.
- Bustamante, A., Juliani, C., Hall, C. M., y Essene, E. J. (2011).  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages from blueschists of the Jambaló region, Central Cordillera of Colombia: implications on the styles of accretion in the Northern Andes. *Geologica Acta*.
- Bustamante, C., y Bustamante, A. (2019). Two Cretaceous subduction events in the Central Cordillera: Insights from the high P–low T metamorphism. In: Gómez, J., Pinilla-Pachon, A.O. (Eds.), *The Geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic*, vol. 36. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales, Bogotá, pp. 517–559.
- Caballero, V., Parra, M., y Bohorquez, A. R. M. (2010). Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío–Oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca Valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, 32(1), 45-77.
- Cabanis, B., y Thieblemont, D. (1988). La discrimination des tholeiites continentales et des basaltes arriere-arc; proposition d'un nouveau diagramme, le triangle Th- $3x\text{Tb}$ - $2x\text{Ta}$ . *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4(6), 927-935.
- Cetina, L. M., Tassinari, C. C., Rodríguez, G., y Correa-Restrepo, T. (2019). Origin of pre-mesozoic xenocrystic zircons in cretaceous sub-volcanic rocks of the northern Andes (Colombia): paleogeographic implications for the region. *Journal of South American Earth Sciences*, 96, 102363.
- Chicangana, G., y Kammer, A. (2013). Evolución tectónica de la cordillera oriental de Colombia. Desde la apertura del océano Iapeto hasta la conformación de la Pangea: una visión preliminar. Primera Parte: aspectos geológicos. *Geología Colombiana*, 38, 65-74.



- Flores, K. E., Martens, U. C., Harlow, G. E., Brueckner, H. K., y Pearson, N. J. (2013). Jadeitite formed during subduction: In situ zircon geochronology constraints from two different tectonic events within the Guatemala Suture Zone. *Earth and Planetary Science Letters*, 371, 67-81.
- Frost, B. R., y Frost, C. D. (2014). *Essentials of igneous and metamorphic petrology*. Cambridge University Press.
- García-Ramírez, C. A., Ríos-Reyes, C. A., Castellanos-Alarcón, O. M., y Mantilla-Figueroa, L. C. (2017). Petrology, geochemistry and geochronology of the Arquía Complex' s metabasites at the Pijao-Génova sector, Central Cordillera, Colombian Andes. *Boletín de Geología*, 39(1), 105-126.
- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. y Diederix, H., compiladores. (2015). *Mapa Geológico de Colombia 2015*. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá.
- González, H. (1980). Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). *Boletín Geológico INGEOMINAS*. Vol. 23, N°1, p. 1-174.
- González, I. H. (1997): *Metagabros y Eclogitas Asociadas en el Área de Barragán, Departamento del Valle, Colombia*. - *GEOLOGIA COLOMBIANA*, 22, pgs. 151-170, 7 Figs., 9 Tablas, Santafé de Bogotá.
- Grosse, E. (1926). *El Terciario Carbonífero de Antioquia, en la parte occidental de la Cordillera Central de Colombia entre el río Arma y Sacaoyal: Berlín*. Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 361p.
- Hawthorne, F. C., Oberti, R., Harlow, G. E., Maresch, W. V., Martin, R. F., Schumacher, J. C., y Welch, M. D. (2012). Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97(11-12), 2031-2048.
- Ibarra-Bustos, P. (2017). *Petrografía de los esquistos azules de San José de Albán-Nariño*. Trabajo de grado Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.
- Locock, A. J. (2014). An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations. *Computers & Geosciences*, 62, 1-11.
- Mantilla-Figueroa, L.C., García-Ramírez, C.A., y Valencia, V.A. (2016). Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. *Boletín de Geología*, 38 (1): 33-50.
- Maya, M., y González, H. (1995). Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia. *Boletín Geológico*, 35(2-3), 44-57.
- Meschede, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb□ 1bZr□ 1bY diagram. *Chemical geology*, 56(3-4), 207-218.
- Montes, C., Rodríguez-Corcho, A. F., Bayona, G., Hoyos, N., Zapata, S., y Cardona, A. (2019). Continental margin response to multiple arc-continent collisions: The northern Andes-Caribbean margin. *Earth-Science Reviews*, 198, 102903.

- Moreno-Sánchez, M., Gómez-Cruz, A. D. J., y Toro, L. M. (2008). Proveniencia del material clástico del Complejo Quebradagrande y su relación con los complejos estructurales adyacentes. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (22), 27-38.
- Moreno-Sánchez, M., y Pardo-Trujillo, A. (2002). Historia geológica del Occidente Colombiano: *GeoEcoTrop*. V, 26, 91.
- Mosquera, D., Núñez, A., y Vesga, C. (1982). Mapa geológico preliminar de la Plancha 244 - Ibagué; Escala 1:100.000. INGEOMINAS.
- Murcia, A., y González, H. (1982). Una contribución al conocimiento de los esquistos de glaucofano en Colombia. INGEOMINAS, regional Popayán.
- Nelson, H.W. (1957). Contribution to the geology of the Central in Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali. *Leidse Geol. Meded.* Vol. 22: 1-76.
- Orrego, A., Cepeda, H., y Rodríguez, G. (1977). Esquistos Glaucofánicos en el área de Jambaló, Cauca (Colombia). *Inf, INGEOMINAS, Bogotá*, 1729-8.
- Orrego, A., Restrepo, J. J., Toussaint, J. F., y Linares, E. (1980). Datación de un esquistos sericítico de Jambaló Cauca. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (5), 133-134.
- Pearce, J. A., y Norry, M. J. (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to mineralogy and petrology*, 69(1), 33-47.
- Penniston-Dorland, S. C., Kohn, M. J., y Manning, C. E. (2015). The global range of subduction zone thermal structures from exhumed blueschists and eclogites: Rocks are hotter than models. *Earth and Planetary Science Letters*, 428, 243-254.
- Pindell, J., Maresch, W. V., Martens, U., y Stanek, K. (2012). The Greater Antillean Arc: Early Cretaceous origin and proposed relationship to Central American subduction mélanges: implications for models of Caribbean evolution. *International Geology Review*, 54(2), 131-143.
- Ríos-Reyes, C., Castellanos-Alarcón, O., Ríos-Escobar, V., y Gómez-Maya, C. (2008). Una contribución al estudio de la evolución tectono-metamórfica de las rocas de alta presión del Complejo Arquía, Cordillera Central, Andes Colombianos. - *GEOLOGÍA COLOMBIANA*, 33, pp. 3-22, 7 Figs., Bogotá.
- Rodríguez, G., y Arango, M. I. (2013). Reinterpretación geoquímica y radiométrica de las metabasitas del Complejo Arquía. *Boletín de Geología*, 35(2), 65-81.
- Rollinson, H. (1993). *Using geochemical data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Singapore: Longman Scientific and Technical Limited, 186-187.
- Ruiz-Jiménez, E. C., Blanco-Quintero, I. F., Toro, L. M., Moreno-Sánchez, M., Vinasco, C. J., García-Casco, A., Morata, D., y Gómez-Cruz, A. (2012). Geoquímica y petrología de las metabasitas del Complejo Arquía (Municipio de Santafé de Antioquia y Río Arquía, Colombia): Implicaciones geodinámicas. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (32), 65-79.
- Spear, F. S. (1993). Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. *Mineralogical Society of America Monograph*, 352-356.
- Spikings, R. A., Cochrane, R., Vallejo, C., Villagomez, D., Van der Lelij, R., Paul, A., y Winkler, W. (2019). Latest Triassic to Early Cretaceous tectonics of the Northern Andes:

- Geochronology, geochemistry, isotopic tracing, and thermochronology. In *Andean tectonics* (pp. 173-208). Elsevier.
- Sun, S. S., y McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), 313-345.
- Tsujimori, T., Sisson, V. B., Liou, J. G., Harlow, G. E., y Sorensen, S. S. (2006). Very-low-temperature record of the subduction process: A review of worldwide lawsonite eclogites. *Lithos*, 92(3-4), 609-624.
- Tsujimori, T., y Ernst, W. G. (2014). Lawsonite blueschists and lawsonite eclogites as proxies for palaeo-subduction zone processes: A review. *Journal of Metamorphic Geology*, 32(5), 437-454.
- Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W., y Beltrán, A. (2011). Geochronology, geochemistry and tectonic evolution of the Western and Central cordilleras of Colombia. *Lithos*, 125(3-4), 875-896.
- Whitney, D. L., Fornash, K. F., Kang, P., Ghent, E. D., Martin, L., Okay, A. I., y Brovarone, A. V. (2020). Lawsonite composition and zoning as tracers of subduction processes: A global review. *Lithos*, 370, 105636.
- Whitney, D. L., y Davis, P. B. (2006). Why is lawsonite eclogite so rare? Metamorphism and preservation of lawsonite eclogite, Sivrihisar, Turkey. *Geology*, 34(6), 473-476.
- Whitney, D. L., y Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist*, 95(1), 185-187.
- Winchester, J. A., y Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical geology*, 20, 325-343.
- Wood, D. A. (1980). The application of a ThHfTa diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth and planetary science letters*, 50(1), 11-30.
- Xia, L., y Li, X. (2019). Basalt geochemistry as a diagnostic indicator of tectonic setting. *Gondwana Research*, 65, 43-67.
- Yardley, B., y Warren, C. (2021). *An introduction to metamorphic petrology*. Cambridge University Press.

## **Anexo 1. Química mineral**

## Eclogitas de Barragán

ANFIBOL								
González (1997)								
Barragán								
wt%	Muestra 4					Muestra 7		
	1	2	3	4	5			
SiO <sub>2</sub>	43,150	43,360	46,250	45,860	47,660	45,550	49,960	50,300
TiO <sub>2</sub>	0,280	0,800	0,380	0,270	0,000	0,220	0,200	0,310
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,370	13,990	14,440	12,880	9,770	12,930	9,360	8,720
FeO	15,630	14,390	12,140	12,530	11,260	12,130	10,470	9,160
MnO	0,280	0,310	0,000	0,190	0,140	0,130	0,170	0,210
MgO	9,630	9,730	11,510	11,680	13,940	12,770	14,140	15,070
CaO	9,570	8,880	8,490	8,860	11,230	9,990	8,640	9,920
Na <sub>2</sub> O	3,900	3,780	4,530	3,850	3,060	3,840	4,270	3,540
K <sub>2</sub> O	1,160	0,770	0,500	0,610	0,380	0,580	0,270	0,370
<b>Total</b>	<b>97,970</b>	<b>96,010</b>	<b>98,240</b>	<b>96,730</b>	<b>97,440</b>	<b>98,140</b>	<b>97,480</b>	<b>97,600</b>
Si	6,406	6,495	6,646	6,717	6,929	6,597	7,154	7,180
Al <sup>IV</sup>	1,594	1,505	1,354	1,283	1,071	1,403	0,846	0,820
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,031	0,090	0,041	0,030	0,000	0,024	0,022	0,033
Al <sup>VI</sup>	0,921	0,965	1,091	0,940	0,603	0,804	0,734	0,647
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,104	0,123	0,100	0,138	0,018	0,124	0,085	0,011
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,812	1,649	1,303	1,342	1,351	1,291	1,141	1,082
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,019
<sup>C</sup> Mg	2,131	2,173	2,466	2,550	3,021	2,757	3,019	3,207
<b>Sum_C</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,024	0,031	0,057	0,055	0,000	0,055	0,028	0,000
<sup>B</sup> Mn	0,035	0,039	0,000	0,024	0,010	0,016	0,021	0,006
<sup>B</sup> Ca	1,522	1,425	1,307	1,390	1,749	1,550	1,326	1,517
<sup>B</sup> Na	0,418	0,505	0,636	0,531	0,241	0,379	0,626	0,476
<b>Sum_B</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,704	0,593	0,626	0,562	0,622	0,699	0,560	0,503
<sup>A</sup> K	0,220	0,147	0,092	0,114	0,070	0,107	0,049	0,067
<b>Sum_A</b>	<b>0,924</b>	<b>0,740</b>	<b>0,718</b>	<b>0,676</b>	<b>0,692</b>	<b>0,806</b>	<b>0,609</b>	<b>0,570</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,922</b>	<b>15,740</b>	<b>15,719</b>	<b>15,676</b>	<b>15,692</b>	<b>15,806</b>	<b>15,611</b>	<b>15,568</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Ca	Ca	Na-Ca	Ca
Especie	Prg	Ktp	Ktp	Ktp	Prg	Prg	Ktp	Prg

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Ktp: katoforita; Prg: pargasita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL																
Bustamante (2008)																
Barragán																
Muestra 187A																
wt%	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668
SiO <sub>2</sub>	50,460	50,520	49,990	49,810	49,860	49,780	48,660	48,790	49,100	48,450	48,620	48,890	49,820	47,810	48,300	48,150
TiO <sub>2</sub>	0,340	0,330	0,310	0,410	0,370	0,450	0,570	0,490	0,440	0,530	0,420	0,410	0,340	0,500	0,460	0,390
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,920	11,820	11,960	11,950	12,090	12,360	12,980	13,430	12,690	13,220	13,190	12,450	12,070	13,610	13,650	12,940
FeO	10,870	10,800	10,700	10,880	11,130	10,930	10,980	11,470	10,960	11,360	11,620	11,150	10,990	11,510	11,640	11,960
MnO	0,090	0,090	0,140	0,080	0,090	0,100	0,060	0,100	0,130	0,090	0,130	0,080	0,090	0,020	0,120	0,110
MgO	13,360	13,310	13,040	13,000	12,940	13,040	13,060	12,360	12,520	12,420	12,220	12,760	13,040	11,850	11,980	12,290
CaO	9,030	8,960	9,170	9,020	9,040	9,150	9,110	9,100	9,110	9,120	9,750	9,230	8,830	9,010	9,210	9,750
Na <sub>2</sub> O	3,060	2,930	3,100	2,680	2,920	2,880	7,420	3,160	3,620	3,290	3,070	2,660	3,200	3,410	3,300	2,740
K <sub>2</sub> O	0,130	0,170	0,140	0,120	0,160	0,150	0,160	0,110	0,150	0,140	0,130	0,160	0,160	0,150	0,120	0,110
<b>Total</b>	<b>99,260</b>	<b>98,930</b>	<b>98,550</b>	<b>97,950</b>	<b>98,600</b>	<b>98,840</b>	<b>103,000</b>	<b>99,010</b>	<b>98,720</b>	<b>98,620</b>	<b>99,150</b>	<b>97,790</b>	<b>98,540</b>	<b>97,870</b>	<b>98,780</b>	<b>98,440</b>
Si	7,027	7,051	7,027	7,021	7,001	6,969	6,706	6,848	6,929	6,839	6,851	6,927	7,000	6,814	6,820	6,830
Al <sup>IV</sup>	0,973	0,949	0,973	0,979	0,999	1,031	1,294	1,152	1,071	1,161	1,149	1,073	1,000	1,186	1,180	1,170
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,036	0,035	0,033	0,043	0,039	0,047	0,059	0,052	0,047	0,056	0,045	0,044	0,036	0,054	0,049	0,042
Al <sup>VI</sup>	0,983	0,995	1,008	1,007	1,002	1,008	0,815	1,070	1,040	1,038	1,042	1,006	0,998	1,101	1,091	0,993
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,239	0,244	0,170	0,259	0,238	0,239	0,000	0,231	0,105	0,208	0,135	0,265	0,236	0,163	0,178	0,228
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,969	0,958	1,056	0,959	1,012	0,984	1,266	1,062	1,174	1,084	1,212	0,990	0,998	1,165	1,160	1,139
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,773	2,769	2,733	2,732	2,709	2,721	2,683	2,586	2,634	2,613	2,567	2,695	2,731	2,518	2,522	2,599
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>4,830</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,058	0,059	0,032	0,064	0,057	0,056	0,000	0,054	0,014	0,049	0,023	0,066	0,057	0,044	0,036	0,052
<sup>B</sup> Mn	0,011	0,011	0,017	0,010	0,011	0,012	0,000	0,012	0,016	0,011	0,016	0,010	0,011	0,002	0,014	0,013
<sup>B</sup> Ca	1,347	1,340	1,381	1,362	1,360	1,372	1,345	1,369	1,378	1,379	1,472	1,401	1,329	1,376	1,393	1,482
<sup>B</sup> Na	0,584	0,591	0,570	0,564	0,572	0,559	0,655	0,566	0,593	0,561	0,490	0,523	0,603	0,578	0,556	0,453
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,242	0,202	0,274	0,169	0,223	0,222	1,328	0,294	0,398	0,339	0,349	0,208	0,268	0,365	0,347	0,300
<sup>A</sup> K	0,023	0,030	0,025	0,022	0,029	0,027	0,028	0,020	0,027	0,025	0,023	0,029	0,029	0,027	0,022	0,020
<b>Sum_A</b>	<b>0,265</b>	<b>0,232</b>	<b>0,299</b>	<b>0,191</b>	<b>0,252</b>	<b>0,249</b>	<b>1,356</b>	<b>0,314</b>	<b>0,425</b>	<b>0,364</b>	<b>0,372</b>	<b>0,237</b>	<b>0,297</b>	<b>0,392</b>	<b>0,369</b>	<b>0,320</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,265</b>	<b>15,234</b>	<b>15,299</b>	<b>15,191</b>	<b>15,252</b>	<b>15,247</b>	<b>16,186</b>	<b>15,316</b>	<b>15,426</b>	<b>15,363</b>	<b>15,374</b>	<b>15,237</b>	<b>15,296</b>	<b>15,393</b>	<b>15,368</b>	<b>15,321</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Ca
Especie	Wnc	Wnc	Wnc	Wnc	Wnc	Wnc	Ktp	Wnc	Wnc	Wnc	Wnc	Mg-Hbl	Wnc	Wnc	Wnc	Mg-Hbl

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Ktp: katoforita; Mg-Hbl: magnesio-hornblenda; Wnc: winchita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL																		
Bustamante (2008)																		
Barragán																		
Muestra 187B																		
wt%	28	29	30	32	33	34	35	36	39	53	54	55	56	57	70	71	72	73
SiO <sub>2</sub>	45,720	48,050	48,800	48,560	47,500	47,120	46,590	47,340	45,420	46,930	46,490	47,360	46,740	46,610	47,930	46,920	46,280	47,690
TiO <sub>2</sub>	0,460	0,520	0,320	0,520	0,460	0,380	0,350	0,240	0,320	0,310	0,330	0,510	0,440	0,430	0,300	0,480	0,490	0,330
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,930	12,660	11,660	11,890	13,020	12,090	11,160	11,190	14,560	12,670	13,480	13,250	13,370	12,630	10,770	13,300	13,160	11,600
FeO	13,530	11,700	11,270	11,740	12,350	11,850	12,390	12,540	13,570	12,780	12,220	12,500	12,520	12,580	14,280	12,860	12,130	12,850
MnO	0,140	0,150	0,130	0,060	0,140	0,150	0,100	0,200	0,040	0,100	0,060	0,130	0,060	0,180	0,230	0,160	0,160	0,140
MgO	12,130	12,640	13,330	13,100	12,150	12,800	13,110	13,000	10,840	11,880	12,430	12,400	12,450	12,440	12,050	11,610	12,610	12,220
CaO	11,520	9,190	9,110	9,330	9,290	10,220	10,960	10,870	10,290	10,700	9,620	9,590	9,800	9,700	11,100	9,370	9,570	10,020
Na <sub>2</sub> O	1,970	3,050	2,750	3,010	2,750	2,530	1,970	2,120	2,460	2,200	3,090	2,980	2,940	2,750	1,760	2,900	2,760	2,350
K <sub>2</sub> O	0,170	0,170	0,130	0,100	0,130	0,160	0,140	0,120	0,150	0,190	0,120	0,120	0,150	0,130	0,070	0,120	0,100	0,080
<b>Total</b>	<b>98,570</b>	<b>98,130</b>	<b>97,500</b>	<b>98,310</b>	<b>97,790</b>	<b>97,300</b>	<b>96,770</b>	<b>97,620</b>	<b>97,650</b>	<b>97,760</b>	<b>97,840</b>	<b>98,840</b>	<b>98,470</b>	<b>97,450</b>	<b>98,490</b>	<b>97,720</b>	<b>97,260</b>	<b>97,280</b>
Si	6,594	6,824	6,935	6,880	6,780	6,786	6,774	6,823	6,571	6,764	6,673	6,726	6,674	6,726	6,890	6,735	6,671	6,877
Al <sup>IV</sup>	1,406	1,176	1,065	1,120	1,220	1,214	1,226	1,177	1,429	1,236	1,327	1,274	1,326	1,274	1,110	1,265	1,329	1,123
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,050	0,056	0,034	0,055	0,049	0,041	0,038	0,026	0,035	0,034	0,036	0,054	0,047	0,047	0,032	0,052	0,053	0,036
Al <sup>VI</sup>	0,792	0,943	0,888	0,865	0,970	0,838	0,686	0,723	1,053	0,916	0,954	0,943	0,925	0,874	0,715	0,985	0,907	0,849
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,173	0,289	0,352	0,297	0,334	0,256	0,297	0,274	0,254	0,191	0,215	0,215	0,217	0,239	0,259	0,296	0,265	0,276
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,377	1,036	0,902	1,016	1,062	1,116	1,137	1,184	1,320	1,308	1,136	1,162	1,161	1,164	1,411	1,183	1,065	1,212
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,608	2,676	2,824	2,767	2,585	2,748	2,842	2,793	2,338	2,552	2,660	2,625	2,650	2,676	2,582	2,484	2,710	2,627
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,082	0,065	0,085	0,078	0,079	0,055	0,073	0,054	0,068	0,042	0,116	0,108	0,117	0,115	0,046	0,065	0,133	0,062
<sup>B</sup> Mn	0,017	0,018	0,016	0,007	0,017	0,018	0,012	0,024	0,005	0,012	0,007	0,016	0,007	0,022	0,028	0,019	0,020	0,017
<sup>B</sup> Ca	1,780	1,398	1,387	1,416	1,421	1,577	1,707	1,679	1,595	1,652	1,480	1,459	1,499	1,500	1,710	1,441	1,478	1,548
<sup>B</sup> Na	0,121	0,519	0,512	0,499	0,484	0,350	0,208	0,243	0,333	0,293	0,397	0,418	0,376	0,363	0,216	0,474	0,370	0,373
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,430	0,321	0,246	0,328	0,277	0,357	0,348	0,349	0,357	0,321	0,463	0,403	0,438	0,406	0,274	0,333	0,402	0,284
<sup>A</sup> K	0,031	0,031	0,024	0,018	0,024	0,029	0,026	0,022	0,028	0,035	0,022	0,022	0,027	0,024	0,013	0,022	0,018	0,015
<b>Sum_A</b>	<b>0,461</b>	<b>0,352</b>	<b>0,270</b>	<b>0,346</b>	<b>0,301</b>	<b>0,386</b>	<b>0,374</b>	<b>0,371</b>	<b>0,385</b>	<b>0,356</b>	<b>0,485</b>	<b>0,425</b>	<b>0,465</b>	<b>0,430</b>	<b>0,287</b>	<b>0,355</b>	<b>0,420</b>	<b>0,299</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,461</b>	<b>15,352</b>	<b>15,270</b>	<b>15,346</b>	<b>15,302</b>	<b>15,385</b>	<b>15,374</b>	<b>15,371</b>	<b>15,386</b>	<b>15,356</b>	<b>15,486</b>	<b>15,425</b>	<b>15,464</b>	<b>15,430</b>	<b>15,286</b>	<b>15,354</b>	<b>15,421</b>	<b>15,299</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Ca	Na-Ca	Na-Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
Especie	Mg-Hbl	Wnc	Wnc	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Mg-Hbl: magnesio-hornblenda; Wnc: winchita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.



ANFIBOL																		
Bustamante (2008)																		
Barragán																		
Muestra 188																		
wt%	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	89	90	91	92	93	94	95	96
SiO <sub>2</sub>	46,050	45,760	45,120	45,370	46,260	45,860	45,040	44,910	45,790	45,620	49,810	50,780	49,680	52,190	48,130	46,270	50,040	46,050
TiO <sub>2</sub>	0,310	0,450	0,360	0,500	0,340	0,400	0,360	0,410	0,400	0,410	0,180	0,190	0,250	0,100	0,130	0,460	0,190	0,350
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,900	12,750	11,940	12,010	11,330	11,820	11,700	11,890	11,490	11,370	6,640	5,270	6,720	2,990	8,140	12,020	7,550	12,170
FeO	15,840	16,080	15,680	15,070	15,730	15,940	16,190	16,680	16,100	15,850	15,910	16,600	16,880	18,190	16,070	16,160	17,010	16,310
MnO	0,170	0,140	0,070	0,120	0,230	0,180	0,110	0,190	0,100	0,090	0,130	0,200	0,130	0,290	0,040	0,160	0,210	0,090
MgO	10,920	10,260	11,360	11,040	10,810	10,900	10,580	10,400	10,860	10,710	12,380	11,910	11,670	11,460	11,960	10,860	11,220	10,220
CaO	10,530	9,630	11,500	10,780	11,120	11,690	12,040	12,080	11,870	10,630	12,260	11,900	11,830	12,050	11,910	10,120	10,780	11,260
Na <sub>2</sub> O	2,200	2,460	1,960	2,100	1,890	1,540	1,660	1,760	1,660	2,190	1,100	1,020	1,130	0,540	1,170	2,410	1,650	1,910
K <sub>2</sub> O	0,140	0,190	0,170	0,150	0,160	0,140	0,120	0,210	0,180	0,140	0,060	0,070	0,060	0,040	0,090	0,180	0,140	0,170
<b>Total</b>	<b>98,060</b>	<b>97,720</b>	<b>98,160</b>	<b>97,140</b>	<b>97,870</b>	<b>98,470</b>	<b>97,800</b>	<b>98,530</b>	<b>98,450</b>	<b>97,010</b>	<b>98,470</b>	<b>97,940</b>	<b>98,350</b>	<b>97,850</b>	<b>97,640</b>	<b>98,640</b>	<b>98,790</b>	<b>98,530</b>
Si	6,722	6,670	6,608	6,679	6,768	6,677	6,639	6,595	6,691	6,748	7,243	7,437	7,249	7,692	7,053	6,714	7,246	6,711
Al <sup>IV</sup>	1,278	1,330	1,392	1,321	1,232	1,323	1,361	1,405	1,309	1,252	0,757	0,563	0,751	0,308	0,947	1,286	0,754	1,289
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,034	0,049	0,040	0,055	0,037	0,044	0,040	0,045	0,044	0,046	0,020	0,021	0,027	0,011	0,014	0,050	0,021	0,038
Al <sup>VI</sup>	0,769	0,860	0,669	0,763	0,722	0,705	0,672	0,652	0,670	0,730	0,381	0,346	0,405	0,212	0,459	0,769	0,534	0,801
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,233	0,402	0,207	0,195	0,244	0,269	0,218	0,228	0,210	0,190	0,124	0,088	0,166	0,068	0,249	0,260	0,219	0,206
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,589	1,459	1,603	1,564	1,639	1,616	1,746	1,798	1,710	1,673	1,791	1,945	1,863	2,174	1,665	1,572	1,804	1,734
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,376	2,229	2,480	2,423	2,358	2,366	2,325	2,277	2,366	2,362	2,684	2,600	2,539	2,518	2,613	2,349	2,422	2,220
<b>Sum_C</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,112	0,098	0,110	0,097	0,041	0,055	0,032	0,023	0,048	0,098	0,019	0,000	0,031	0,000	0,056	0,130	0,037	0,048
<sup>B</sup> Mn	0,021	0,017	0,009	0,015	0,029	0,022	0,014	0,024	0,012	0,011	0,016	0,025	0,016	0,019	0,005	0,020	0,026	0,011
<sup>B</sup> Ca	1,647	1,504	1,805	1,700	1,743	1,823	1,902	1,901	1,859	1,685	1,910	1,867	1,850	1,903	1,870	1,573	1,672	1,758
<sup>B</sup> Na	0,220	0,380	0,076	0,188	0,187	0,099	0,053	0,053	0,082	0,207	0,055	0,108	0,103	0,078	0,069	0,277	0,265	0,183
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,001</b>	<b>2,001</b>	<b>2,001</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,403	0,315	0,480	0,412	0,349	0,335	0,422	0,448	0,389	0,421	0,256	0,182	0,217	0,076	0,263	0,401	0,198	0,357
<sup>A</sup> K	0,026	0,035	0,032	0,028	0,030	0,026	0,023	0,039	0,034	0,026	0,011	0,013	0,011	0,008	0,017	0,033	0,026	0,032
<b>Sum_A</b>	<b>0,429</b>	<b>0,350</b>	<b>0,512</b>	<b>0,440</b>	<b>0,379</b>	<b>0,361</b>	<b>0,445</b>	<b>0,487</b>	<b>0,423</b>	<b>0,447</b>	<b>0,267</b>	<b>0,195</b>	<b>0,228</b>	<b>0,084</b>	<b>0,280</b>	<b>0,434</b>	<b>0,224</b>	<b>0,389</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,430</b>	<b>15,348</b>	<b>15,511</b>	<b>15,440</b>	<b>15,379</b>	<b>15,360</b>	<b>15,447</b>	<b>15,488</b>	<b>15,424</b>	<b>15,449</b>	<b>15,267</b>	<b>15,195</b>	<b>15,228</b>	<b>15,084</b>	<b>15,280</b>	<b>15,434</b>	<b>15,224</b>	<b>15,388</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
Especie	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Prg	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Act	Mg-Hbl	Act	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Act: actinolita; Mg-Hbl: magnesio-hornblenda; Prg: pargasita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL																		
Bustamante (2008)																		
Barragán																		
Muestra 189										Muestra 189A								
wt%	689	691	692	693	698	699	700	701	702	703	753	754	755	756	757	758	759	760
SiO <sub>2</sub>	48,140	49,750	48,140	48,380	48,190	48,800	46,900	46,610	47,590	47,490	47,900	47,860	48,050	48,440	48,200	48,080	47,360	46,390
TiO <sub>2</sub>	0,480	0,290	0,450	0,470	0,440	0,360	0,270	0,310	0,470	0,500	0,430	0,410	0,390	0,360	0,340	0,330	0,490	0,300
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,770	9,920	13,660	13,420	13,580	13,220	13,740	12,310	13,590	13,540	13,070	13,840	13,360	12,670	12,840	12,540	14,120	13,020
FeO	11,720	14,000	11,750	11,750	11,820	11,500	14,520	16,500	14,020	12,820	13,320	12,730	13,020	12,630	12,980	12,940	12,100	14,920
MnO	0,120	0,200	0,040	0,070	0,080	0,050	0,190	0,410	0,300	0,160	0,150	0,100	0,100	0,160	0,160	0,170	0,150	0,270
MgO	12,440	12,980	12,280	12,530	12,700	12,550	10,360	9,950	10,400	11,880	11,780	12,130	12,150	11,920	12,250	11,950	11,950	10,640
CaO	8,890	9,650	8,980	8,850	8,940	9,050	9,250	10,960	9,060	9,060	9,780	9,860	9,660	9,970	10,330	10,490	9,360	10,780
Na <sub>2</sub> O	3,190	2,060	2,710	4,410	3,250	3,420	2,730	6,170	2,520	2,950	3,020	2,510	3,010	2,520	4,920	2,090	3,530	1,720
K <sub>2</sub> O	0,160	0,110	0,190	0,170	0,160	0,170	0,180	0,190	0,210	0,200	0,150	0,150	0,170	0,160	0,140	0,150	0,180	0,190
<b>Total</b>	<b>98,910</b>	<b>98,960</b>	<b>98,200</b>	<b>100,050</b>	<b>99,160</b>	<b>99,120</b>	<b>98,140</b>	<b>103,410</b>	<b>98,160</b>	<b>98,600</b>	<b>99,600</b>	<b>99,590</b>	<b>99,910</b>	<b>98,830</b>	<b>102,160</b>	<b>98,740</b>	<b>99,240</b>	<b>98,230</b>
Si	6,765	7,033	6,800	6,785	6,758	6,853	6,742	6,606	6,810	6,735	6,770	6,717	6,747	6,867	6,727	6,836	6,702	6,704
Al <sup>IV</sup>	1,235	0,967	1,200	1,215	1,242	1,147	1,258	1,394	1,190	1,265	1,230	1,283	1,253	1,133	1,273	1,164	1,298	1,296
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,051	0,031	0,050	0,050	0,046	0,038	0,029	0,033	0,051	0,053	0,046	0,043	0,041	0,038	0,036	0,035	0,052	0,033
Al <sup>VI</sup>	1,045	0,685	1,070	1,003	1,003	1,041	1,070	0,663	1,102	0,998	0,948	1,006	0,958	0,984	0,839	0,937	1,057	0,922
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,327	0,452	0,340	0,104	0,348	0,220	0,309	0,000	0,299	0,356	0,238	0,327	0,290	0,205	0,000	0,227	0,139	0,289
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,972	1,096	0,950	1,223	0,948	1,074	1,372	1,956	1,329	1,081	1,287	1,085	1,167	1,254	1,515	1,267	1,231	1,465
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,606	2,735	2,590	2,620	2,655	2,627	2,220	2,102	2,219	2,512	2,482	2,538	2,543	2,519	2,549	2,533	2,521	2,292
<b>Sum_C</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,803</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>4,958</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,079	0,106	0,090	0,051	0,090	0,057	0,065	0,000	0,049	0,083	0,050	0,082	0,071	0,039	0,000	0,044	0,061	0,050
<sup>B</sup> Mn	0,014	0,024	0,010	0,008	0,010	0,006	0,023	0,000	0,036	0,019	0,018	0,012	0,012	0,019	0,000	0,020	0,018	0,033
<sup>B</sup> Ca	1,339	1,462	1,360	1,330	1,343	1,362	1,425	1,664	1,389	1,377	1,481	1,483	1,453	1,514	1,545	1,598	1,419	1,669
<sup>B</sup> Na	0,568	0,408	0,540	0,611	0,557	0,576	0,487	0,336	0,525	0,521	0,451	0,424	0,464	0,427	0,455	0,337	0,501	0,248
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,301	0,157	0,200	0,588	0,327	0,356	0,274	1,360	0,174	0,290	0,377	0,259	0,356	0,265	0,876	0,239	0,467	0,234
<sup>A</sup> K	0,029	0,020	0,030	0,030	0,029	0,030	0,033	0,034	0,038	0,036	0,027	0,027	0,030	0,029	0,025	0,027	0,032	0,035
<b>Sum_A</b>	<b>0,330</b>	<b>0,177</b>	<b>0,230</b>	<b>0,618</b>	<b>0,356</b>	<b>0,386</b>	<b>0,307</b>	<b>1,394</b>	<b>0,212</b>	<b>0,326</b>	<b>0,404</b>	<b>0,286</b>	<b>0,386</b>	<b>0,294</b>	<b>0,901</b>	<b>0,266</b>	<b>0,499</b>	<b>0,269</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,331</b>	<b>15,176</b>	<b>15,230</b>	<b>15,618</b>	<b>15,356</b>	<b>15,387</b>	<b>15,307</b>	<b>16,197</b>	<b>15,211</b>	<b>15,326</b>	<b>15,405</b>	<b>15,286</b>	<b>15,385</b>	<b>15,293</b>	<b>15,859</b>	<b>15,264</b>	<b>15,498</b>	<b>15,270</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na-Ca	Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Na-Ca	Ca	Na-Ca	Na-Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Na-Ca	Ca
Especie	Wnc	Mg-Hbl	Brs	Ktp	Wnc	Wnc	Mg-Hbl	Prg	Brs	Wnc	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Mg-Hbl	Prg	Mg-Hbl	Wnc	Mg-Hbl

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Brs: barroisita; Ktp: katoforita; Mg-Hbl: magnesio-hornblenda; Prg: pargasita; Wnc: winchita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

CLORITA									
Bustamante (2008)									
Barragán									
	Muestra 187B	Muestra 189				Muestra 189A			
wt%	52	704	705	706	707	763	764	765	766
SiO <sub>2</sub>	26,620	26,600	25,730	26,190	26,430	25,860	26,640	25,850	25,760
TiO <sub>2</sub>	0,030	0,010	0,020	0,050	0,040	0,050	0,040	0,050	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,400	20,900	20,940	20,900	20,700	21,700	21,690	21,410	20,540
FeO	20,310	26,190	25,440	25,210	25,860	25,980	26,760	25,800	26,550
MnO	0,190	0,560	0,540	0,490	0,510	0,390	0,480	0,420	0,440
MgO	18,900	14,380	14,850	14,690	14,580	14,930	13,570	14,490	13,060
CaO	0,140	0,060	0,090	0,150	0,080	0,060	0,060	0,080	0,140
Na <sub>2</sub> O	0,010	0,080	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,240	0,000
K <sub>2</sub> O	0,020	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,020
<b>Total</b>	<b>87,620</b>	<b>88,780</b>	<b>87,670</b>	<b>87,690</b>	<b>88,200</b>	<b>88,970</b>	<b>89,250</b>	<b>88,350</b>	<b>86,570</b>
Si	2,734	2,792	2,723	2,773	2,790	2,698	2,795	2,715	2,793
Al <sup>IV</sup>	1,266	1,208	1,277	1,227	1,210	1,302	1,205	1,285	1,207
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,324	1,377	1,334	1,382	1,365	1,366	1,476	1,365	1,417
Ti	0,002	0,001	0,002	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	1,744	2,299	2,251	2,233	2,283	2,267	2,348	2,266	2,407
Mn	0,017	0,050	0,048	0,044	0,046	0,034	0,043	0,037	0,040
Mg	2,893	2,250	2,343	2,319	2,294	2,322	2,122	2,269	2,111
Ca	0,015	0,007	0,010	0,017	0,009	0,007	0,007	0,009	0,016
Na	0,002	0,016	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,000
K	0,003	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

*Fórmula estructural basada en 10 cationes.*

**CLINOPIROXENO**

González (1997)

Barragán

wt%	Muestra 4		Muestra 7	
	Núcleo	Corona	Núcleo	Corona
SiO <sub>2</sub>	55,430	55,570	55,760	55,390
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,000	0,130	0,160
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,570	11,900	10,180	11,240
FeO	3,950	3,660	4,200	5,010
MnO	0,000	0,000	0,070	0,080
MgO	8,130	7,890	9,100	7,750
CaO	13,030	12,650	14,500	12,460
Na <sub>2</sub> O	7,140	7,580	6,880	7,490
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>99,250</b>	<b>99,250</b>	<b>100,820</b>	<b>99,580</b>
Si	1,974	1,973	1,959	1,970
Al <sup>IV</sup>	0,026	0,027	0,041	0,030
<b>Sum_T</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
Al <sup>VI</sup>	0,460	0,471	0,380	0,442
Ti	0,000	0,000	0,003	0,004
Fe <sup>3+</sup>	0,058	0,078	0,123	0,096
Fe <sup>2+</sup>	0,059	0,031	0,001	0,053
Mn	0,000	0,000	0,002	0,002
Mg	0,432	0,418	0,477	0,411
Ca	0,497	0,481	0,546	0,475
Na	0,493	0,522	0,469	0,517
<b>Cationes totales</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>

Fórmula estructural basada en 4 cationes.

**EPIDOTA**

González (1997)

Barragán

wt%	Muestra 7
	Corona
SiO <sub>2</sub>	38,830
TiO <sub>2</sub>	0,000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,400
FeO	3,150
MnO	0,240
MgO	0,110
CaO	24,330
Na <sub>2</sub> O	0,000
K <sub>2</sub> O	0,000
<b>Total</b>	<b>98,060</b>
Si	2,961
Al <sup>IV</sup>	0,039
<b>Sum_T</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	2,783
Ti	0,000
Fe <sup>3+</sup>	0,201
Fe <sup>2+</sup>	0,000
Mn	0,016
Mg	0,013
Ca	1,988
Na	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

<b>GRANATE</b>					
<i>González (1997)</i>					
Barragán					
	<b>Muestra 4</b>			<b>Muestra 7</b>	
wt%	<b>Nucleo</b>	<b>N/C</b>	<b>Corona</b>	<b>Nucleo</b>	<b>Corona</b>
SiO <sub>2</sub>	37,900	38,150	37,100	36,700	37,770
TiO <sub>2</sub>	0,080	0,040	0,000	0,000	0,000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,870	21,660	21,600	21,100	21,610
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	23,120	26,600	28,450	30,000	27,650
MnO	4,500	1,160	0,970	6,960	1,680
MgO	1,070	2,660	2,940	1,250	3,350
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	12,540	11,190	9,370	4,910	8,890
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>101,080</b>	<b>101,460</b>	<b>100,430</b>	<b>100,920</b>	<b>100,950</b>
Si	2,975	2,966	2,921	2,946	2,954
Al <sup>IV</sup>	0,025	0,034	0,079	0,054	0,046
<b>Sum_Z</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,998	1,951	1,926	1,941	1,945
Ti	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>3+</sup>	0,017	0,078	0,153	0,113	0,101
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	<b>2,020</b>	<b>2,031</b>	<b>2,079</b>	<b>2,054</b>	<b>2,046</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,501	1,652	1,721	1,901	1,707
Mn	0,299	0,076	0,065	0,473	0,111
Mg	0,125	0,308	0,345	0,150	0,391
Ca	1,055	0,932	0,791	0,422	0,745
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_X</b>	<b>2,980</b>	<b>2,969</b>	<b>2,921</b>	<b>2,946</b>	<b>2,954</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b>	<b>0,504</b>	<b>0,556</b>	<b>0,589</b>	<b>0,645</b>	<b>0,578</b>
<b>Sps</b>	<b>0,100</b>	<b>0,026</b>	<b>0,022</b>	<b>0,161</b>	<b>0,038</b>
<b>Prp</b>	<b>0,042</b>	<b>0,104</b>	<b>0,118</b>	<b>0,051</b>	<b>0,132</b>
<b>Grs</b>	<b>0,354</b>	<b>0,314</b>	<b>0,271</b>	<b>0,143</b>	<b>0,252</b>

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca);

Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

*Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia.*  
*Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.*

<b>GRANATE</b>															
<i>Bustamante (2008)</i>															
Barragán															
<b>Muestra 187A</b>															
wt%	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647
SiO <sub>2</sub>	38,170	37,850	37,440	37,530	37,630	37,710	37,860	37,680	37,380	37,880	37,330	37,730	37,780	37,750	38,220
TiO <sub>2</sub>	0,080	0,070	0,090	0,140	0,190	0,210	0,200	0,110	0,150	0,170	0,160	0,080	0,090	0,110	0,040
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,480	22,240	22,000	22,170	22,120	22,060	22,130	21,990	22,120	22,050	22,030	27,970	22,240	22,350	22,440
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	25,470	25,720	24,330	24,130	23,340	22,730	23,160	23,390	23,380	23,680	24,370	25,300	25,530	24,510	24,900
MnO	0,810	2,970	4,060	4,730	5,240	5,250	5,440	5,630	5,470	4,900	4,280	3,900	2,560	1,400	0,730
MgO	4,220	2,770	2,120	2,570	1,970	2,130	2,030	2,050	1,820	2,000	2,020	2,170	2,450	3,220	3,500
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	11,030	10,550	10,430	10,590	10,880	11,110	10,410	10,270	10,310	10,630	10,730	10,220	10,670	11,580	11,360
Na <sub>2</sub> O	0,140	0,140	0,140	0,000	0,060	0,000	0,000	0,140	0,170	0,060	0,000	0,000	0,060	0,000	0,000
<b>Total</b>	102,400	102,310	100,610	101,860	101,430	101,200	101,230	101,260	100,800	101,370	100,920	107,370	101,380	100,920	101,190
Si	2,906	2,916	2,941	2,911	2,937	2,946	2,962	2,945	2,936	2,958	2,930	2,759	2,941	2,930	2,953
Al <sup>IV</sup>	0,094	0,084	0,059	0,089	0,063	0,054	0,038	0,055	0,064	0,042	0,070	0,241	0,059	0,070	0,047
<b>Sum_Z</b>	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al <sup>VI</sup>	1,922	1,935	1,978	1,938	1,971	1,977	2,003	1,971	1,984	1,988	1,968	2,170	1,981	1,975	1,997
Ti	0,005	0,004	0,005	0,008	0,011	0,012	0,012	0,006	0,009	0,010	0,009	0,004	0,005	0,006	0,002
Fe <sup>3+</sup>	0,183	0,162	0,091	0,134	0,079	0,052	0,011	0,091	0,087	0,043	0,083	0,063	0,077	0,082	0,045
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	2,110	2,101	2,075	2,081	2,061	2,042	2,026	2,069	2,081	2,041	2,061	2,237	2,063	2,063	2,044
Fe <sup>2+</sup>	1,438	1,495	1,508	1,431	1,444	1,433	1,504	1,438	1,449	1,504	1,516	1,485	1,585	1,509	1,564
Mn	0,052	0,194	0,270	0,311	0,346	0,347	0,361	0,373	0,364	0,324	0,285	0,242	0,169	0,092	0,048
Mg	0,479	0,318	0,248	0,297	0,229	0,248	0,237	0,239	0,213	0,233	0,236	0,237	0,284	0,373	0,403
Ca	0,900	0,871	0,878	0,880	0,910	0,930	0,873	0,860	0,868	0,889	0,902	0,801	0,890	0,963	0,941
Na	0,021	0,021	0,021	0,000	0,009	0,000	0,000	0,021	0,026	0,009	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000
<b>Sum_X</b>	2,890	2,899	2,925	2,919	2,939	2,958	2,974	2,931	2,919	2,959	2,939	2,763	2,937	2,937	2,956
<b>Cationes totales</b>	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
<b>Alm</b>	0,501	0,520	0,519	0,490	0,493	0,484	0,506	0,494	0,501	0,510	0,516	0,537	0,541	0,514	0,529
<b>Sps</b>	0,018	0,067	0,093	0,106	0,118	0,117	0,121	0,128	0,126	0,110	0,097	0,087	0,058	0,031	0,016
<b>Prp</b>	0,167	0,111	0,085	0,102	0,078	0,084	0,080	0,082	0,074	0,079	0,080	0,086	0,097	0,127	0,136
<b>Grs</b>	0,314	0,303	0,302	0,301	0,311	0,314	0,293	0,296	0,300	0,302	0,307	0,290	0,304	0,328	0,318

Alm=Fe<sup>2+</sup>/((Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

GRANATE																	
Bustamante (2008)																	
Barragán																	
Muestra 187B																	
wt%	10	11	12	13	14	15	16	17	58	59	60	61	62	63	64	65	66
SiO <sub>2</sub>	37,720	37,890	37,500	37,650	30,100	38,630	38,110	37,770	38,270	36,910	38,020	37,850	37,940	38,060	38,360	38,040	37,580
TiO <sub>2</sub>	0,110	0,100	0,010	0,080	0,130	0,170	0,170	0,280	0,150	0,000	0,190	0,190	0,170	0,130	0,090	0,100	0,220
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,570	21,560	21,040	21,250	21,380	21,040	21,710	21,540	21,640	21,290	21,370	21,210	21,570	21,390	21,440	21,580	21,570
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	23,660	25,000	25,280	25,430	24,610	25,760	25,000	25,700	25,680	25,140	25,100	25,550	26,260	26,350	25,130	25,410	25,630
MnO	2,500	2,650	2,520	2,460	2,210	1,850	1,580	1,510	1,730	1,870	2,120	2,310	2,510	2,290	2,130	2,000	1,100
MgO	2,320	2,140	2,140	2,330	2,400	2,540	2,730	2,800	2,380	2,380	2,300	2,250	2,090	2,070	2,090	2,140	2,910
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	11,310	10,810	11,360	11,610	11,430	11,460	11,310	11,150	11,430	11,540	11,510	10,890	11,150	10,710	11,300	11,110	11,570
Na <sub>2</sub> O	0,030	0,030	0,040	0,050	0,030	0,050	0,010	0,040	0,010	0,000	0,030	0,040	0,080	0,010	0,060	0,020	0,040
<b>Total</b>	<b>99,220</b>	<b>100,180</b>	<b>99,890</b>	<b>100,860</b>	<b>92,290</b>	<b>101,500</b>	<b>100,620</b>	<b>100,790</b>	<b>101,290</b>	<b>99,130</b>	<b>100,640</b>	<b>100,290</b>	<b>101,770</b>	<b>101,010</b>	<b>100,600</b>	<b>100,400</b>	<b>100,620</b>
Si	2,995	2,991	2,970	2,950	2,569	3,005	2,981	2,953	2,983	2,937	2,983	2,986	2,953	2,987	3,013	2,994	2,937
Al <sup>IV</sup>	0,005	0,009	0,030	0,050	0,431	0,000	0,019	0,047	0,017	0,063	0,017	0,014	0,047	0,013	0,000	0,006	0,063
<b>Sum_Z</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,005</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,013</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	2,013	1,996	1,933	1,912	1,720	1,929	1,982	1,937	1,971	1,934	1,960	1,958	1,931	1,966	1,985	1,997	1,925
Ti	0,007	0,006	0,001	0,005	0,008	0,010	0,010	0,016	0,009	0,000	0,011	0,011	0,010	0,008	0,005	0,006	0,013
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,006	0,102	0,137	0,700	0,048	0,018	0,083	0,031	0,128	0,039	0,040	0,108	0,033	0,000	0,000	0,118
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	<b>2,020</b>	<b>2,008</b>	<b>2,036</b>	<b>2,053</b>	<b>2,428</b>	<b>1,987</b>	<b>2,011</b>	<b>2,037</b>	<b>2,010</b>	<b>2,063</b>	<b>2,010</b>	<b>2,009</b>	<b>2,049</b>	<b>2,007</b>	<b>1,990</b>	<b>2,003</b>	<b>2,056</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,571	1,644	1,572	1,529	1,057	1,628	1,617	1,597	1,643	1,545	1,608	1,645	1,601	1,697	1,651	1,673	1,557
Mn	0,168	0,177	0,169	0,163	0,160	0,122	0,105	0,100	0,114	0,126	0,141	0,154	0,165	0,152	0,142	0,133	0,073
Mg	0,275	0,252	0,253	0,272	0,305	0,295	0,318	0,326	0,277	0,282	0,269	0,265	0,242	0,242	0,245	0,251	0,339
Ca	0,962	0,914	0,964	0,975	1,045	0,955	0,948	0,934	0,955	0,984	0,968	0,920	0,930	0,901	0,951	0,937	0,969
Na	0,005	0,005	0,006	0,008	0,005	0,008	0,002	0,006	0,002	0,000	0,005	0,006	0,012	0,002	0,009	0,003	0,006
<b>Sum_X</b>	<b>2,980</b>	<b>2,992</b>	<b>2,964</b>	<b>2,947</b>	<b>2,572</b>	<b>3,008</b>	<b>2,989</b>	<b>2,963</b>	<b>2,990</b>	<b>2,937</b>	<b>2,990</b>	<b>2,991</b>	<b>2,951</b>	<b>2,993</b>	<b>2,997</b>	<b>2,997</b>	<b>2,944</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b>	<b>0,528</b>	<b>0,550</b>	<b>0,532</b>	<b>0,520</b>	<b>0,412</b>	<b>0,543</b>	<b>0,541</b>	<b>0,540</b>	<b>0,550</b>	<b>0,526</b>	<b>0,539</b>	<b>0,551</b>	<b>0,545</b>	<b>0,567</b>	<b>0,552</b>	<b>0,559</b>	<b>0,530</b>
<b>Sps</b>	<b>0,056</b>	<b>0,059</b>	<b>0,057</b>	<b>0,056</b>	<b>0,062</b>	<b>0,041</b>	<b>0,035</b>	<b>0,034</b>	<b>0,038</b>	<b>0,043</b>	<b>0,047</b>	<b>0,052</b>	<b>0,056</b>	<b>0,051</b>	<b>0,047</b>	<b>0,045</b>	<b>0,025</b>
<b>Prp</b>	<b>0,092</b>	<b>0,084</b>	<b>0,085</b>	<b>0,093</b>	<b>0,119</b>	<b>0,098</b>	<b>0,107</b>	<b>0,110</b>	<b>0,093</b>	<b>0,096</b>	<b>0,090</b>	<b>0,089</b>	<b>0,083</b>	<b>0,081</b>	<b>0,082</b>	<b>0,084</b>	<b>0,115</b>
<b>Grs</b>	<b>0,323</b>	<b>0,306</b>	<b>0,326</b>	<b>0,332</b>	<b>0,407</b>	<b>0,318</b>	<b>0,317</b>	<b>0,316</b>	<b>0,319</b>	<b>0,335</b>	<b>0,324</b>	<b>0,308</b>	<b>0,316</b>	<b>0,301</b>	<b>0,318</b>	<b>0,313</b>	<b>0,330</b>

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

GRANATE																	
Bustamante (2008)																	
Barragán																	
Muestra 188																	
wt%	100	101	102	103	119	120	121	122	123	124	82	84	85	86	87	88	98
SiO <sub>2</sub>	37,810	37,110	37,660	38,580	38,850	38,360	37,740	37,330	37,440	37,650	37,630	37,230	37,730	37,750	37,770	38,000	37,920
TiO <sub>2</sub>	0,220	0,120	0,090	0,120	0,020	0,070	0,060	0,090	0,070	0,100	0,120	0,120	0,210	0,000	0,090	0,150	0,130
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,280	21,400	21,590	21,050	21,600	21,370	21,250	21,790	21,040	21,960	21,630	21,050	21,340	21,450	21,500	21,340	21,410
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	26,820	26,100	25,730	27,780	28,110	26,930	25,350	25,370	25,310	25,450	29,090	25,830	25,600	28,230	27,360	26,940	27,310
MnO	1,550	1,610	1,750	0,610	0,150	1,120	2,390	4,040	3,790	3,120	0,300	1,850	2,640	0,250	0,170	0,110	0,190
MgO	1,760	1,570	1,520	2,050	2,750	1,890	1,660	1,240	1,320	1,280	2,770	1,570	1,590	2,780	2,770	2,980	2,920
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	11,000	11,820	12,390	10,780	10,540	11,250	12,130	10,740	11,570	12,080	10,350	12,120	11,860	10,540	10,820	10,830	10,900
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,020	0,010	0,040	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,040	0,050	0,010	0,020	0,010	0,060	0,080	0,020
<b>Total</b>	<b>100,440</b>	<b>99,750</b>	<b>100,740</b>	<b>101,010</b>	<b>102,040</b>	<b>101,010</b>	<b>100,600</b>	<b>100,630</b>	<b>100,570</b>	<b>101,680</b>	<b>101,940</b>	<b>99,780</b>	<b>100,990</b>	<b>101,010</b>	<b>100,540</b>	<b>100,430</b>	<b>100,800</b>
Si	2,989	2,949	2,961	3,028	3,006	3,009	2,973	2,953	2,963	2,940	2,920	2,959	2,965	2,952	2,961	2,978	2,965
Al <sup>IV</sup>	0,011	0,051	0,039	0,000	0,000	0,000	0,027	0,047	0,037	0,060	0,080	0,041	0,035	0,048	0,039	0,022	0,035
<b>Sum_Z</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,028</b>	<b>3,006</b>	<b>3,009</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,971	1,954	1,962	1,947	1,970	1,976	1,945	1,984	1,925	1,960	1,897	1,931	1,941	1,929	1,948	1,949	1,938
Ti	0,013	0,007	0,005	0,007	0,001	0,004	0,004	0,005	0,004	0,006	0,007	0,007	0,012	0,000	0,005	0,009	0,008
Fe <sup>3+</sup>	0,014	0,085	0,067	0,000	0,019	0,001	0,078	0,056	0,108	0,094	0,177	0,096	0,072	0,121	0,090	0,068	0,085
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	<b>1,998</b>	<b>2,046</b>	<b>2,035</b>	<b>1,955</b>	<b>1,990</b>	<b>1,980</b>	<b>2,027</b>	<b>2,046</b>	<b>2,038</b>	<b>2,061</b>	<b>2,081</b>	<b>2,035</b>	<b>2,026</b>	<b>2,050</b>	<b>2,043</b>	<b>2,025</b>	<b>2,031</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,759	1,649	1,625	1,824	1,800	1,766	1,592	1,622	1,567	1,567	1,711	1,621	1,611	1,725	1,704	1,698	1,700
Mn	0,104	0,108	0,117	0,041	0,010	0,074	0,159	0,271	0,254	0,206	0,020	0,125	0,176	0,017	0,011	0,007	0,013
Mg	0,207	0,186	0,178	0,240	0,317	0,221	0,195	0,146	0,156	0,149	0,320	0,186	0,186	0,324	0,324	0,348	0,340
Ca	0,932	1,007	1,044	0,907	0,874	0,946	1,024	0,910	0,981	1,011	0,860	1,032	0,999	0,883	0,909	0,909	0,913
Na	0,000	0,003	0,002	0,006	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,006	0,008	0,002	0,003	0,002	0,009	0,012	0,003
<b>Sum_X</b>	<b>3,002</b>	<b>2,954</b>	<b>2,965</b>	<b>3,017</b>	<b>3,004</b>	<b>3,010</b>	<b>2,973</b>	<b>2,954</b>	<b>2,962</b>	<b>2,939</b>	<b>2,919</b>	<b>2,965</b>	<b>2,974</b>	<b>2,950</b>	<b>2,957</b>	<b>2,975</b>	<b>2,969</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b>	<b>0,586</b>	<b>0,559</b>	<b>0,548</b>	<b>0,606</b>	<b>0,600</b>	<b>0,587</b>	<b>0,536</b>	<b>0,550</b>	<b>0,530</b>	<b>0,534</b>	<b>0,588</b>	<b>0,547</b>	<b>0,542</b>	<b>0,585</b>	<b>0,578</b>	<b>0,573</b>	<b>0,573</b>
<b>Sps</b>	<b>0,035</b>	<b>0,037</b>	<b>0,039</b>	<b>0,013</b>	<b>0,003</b>	<b>0,025</b>	<b>0,054</b>	<b>0,092</b>	<b>0,086</b>	<b>0,070</b>	<b>0,007</b>	<b>0,042</b>	<b>0,059</b>	<b>0,006</b>	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>
<b>Prp</b>	<b>0,069</b>	<b>0,063</b>	<b>0,060</b>	<b>0,080</b>	<b>0,106</b>	<b>0,073</b>	<b>0,066</b>	<b>0,050</b>	<b>0,053</b>	<b>0,051</b>	<b>0,110</b>	<b>0,063</b>	<b>0,063</b>	<b>0,110</b>	<b>0,110</b>	<b>0,118</b>	<b>0,115</b>
<b>Grs</b>	<b>0,310</b>	<b>0,341</b>	<b>0,352</b>	<b>0,301</b>	<b>0,291</b>	<b>0,314</b>	<b>0,345</b>	<b>0,309</b>	<b>0,332</b>	<b>0,345</b>	<b>0,296</b>	<b>0,348</b>	<b>0,336</b>	<b>0,299</b>	<b>0,308</b>	<b>0,307</b>	<b>0,308</b>

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.



GRANATE												
Bustamante (2008)												
Barragán												
Muestra 189												
wt%	676	677	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688
SiO <sub>2</sub>	37,710	37,970	38,220	37,810	38,090	37,020	38,170	37,820	37,830	37,450	37,870	38,140
TiO <sub>2</sub>	0,200	0,180	0,210	0,230	0,200	0,220	0,200	0,210	0,220	0,190	0,200	0,230
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,060	22,280	22,210	21,930	22,040	22,020	21,990	22,190	21,910	21,990	22,380	22,180
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	22,010	21,780	24,710	20,730	21,050	22,350	21,140	22,680	20,990	20,670	23,050	21,060
MnO	5,550	5,660	2,490	7,170	7,040	5,010	6,230	4,370	7,810	8,030	4,260	6,660
MgO	2,180	2,400	3,190	2,220	1,570	3,100	2,660	2,500	1,820	1,800	3,380	2,800
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	11,510	11,300	11,380	11,610	11,450	11,440	11,450	11,330	11,280	11,340	10,840	11,070
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,130	0,000	0,000	0,020	0,020	0,050	0,060	0,150	0,000
<b>Total</b>	<b>101,220</b>	<b>101,570</b>	<b>102,410</b>	<b>101,830</b>	<b>101,440</b>	<b>101,160</b>	<b>101,860</b>	<b>101,120</b>	<b>101,910</b>	<b>101,530</b>	<b>102,130</b>	<b>102,140</b>
Si	2,942	2,947	2,932	2,930	2,976	2,877	2,951	2,946	2,942	2,922	2,907	2,941
Al <sup>IV</sup>	0,058	0,053	0,068	0,070	0,024	0,123	0,049	0,054	0,058	0,078	0,093	0,059
<b>Sum_Z</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,970	1,986	1,940	1,933	2,006	1,893	1,955	1,983	1,949	1,943	1,931	1,957
Ti	0,012	0,011	0,012	0,013	0,012	0,013	0,012	0,012	0,013	0,011	0,012	0,013
Fe <sup>3+</sup>	0,065	0,046	0,103	0,130	0,000	0,204	0,073	0,049	0,091	0,122	0,161	0,075
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	<b>2,046</b>	<b>2,042</b>	<b>2,056</b>	<b>2,076</b>	<b>2,017</b>	<b>2,110</b>	<b>2,040</b>	<b>2,045</b>	<b>2,053</b>	<b>2,076</b>	<b>2,104</b>	<b>2,046</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,371	1,368	1,482	1,213	1,375	1,248	1,294	1,428	1,274	1,227	1,318	1,283
Mn	0,367	0,372	0,162	0,471	0,466	0,330	0,408	0,288	0,514	0,531	0,277	0,435
Mg	0,254	0,278	0,365	0,256	0,183	0,359	0,307	0,290	0,211	0,209	0,387	0,322
Ca	0,962	0,940	0,935	0,964	0,959	0,952	0,949	0,946	0,940	0,948	0,891	0,915
Na	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,003	0,003	0,008	0,009	0,022	0,000
<b>Sum_X</b>	<b>2,954</b>	<b>2,958</b>	<b>2,944</b>	<b>2,924</b>	<b>2,983</b>	<b>2,890</b>	<b>2,960</b>	<b>2,955</b>	<b>2,947</b>	<b>2,924</b>	<b>2,896</b>	<b>2,954</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b>	<b>0,464</b>	<b>0,463</b>	<b>0,503</b>	<b>0,418</b>	<b>0,461</b>	<b>0,432</b>	<b>0,438</b>	<b>0,484</b>	<b>0,434</b>	<b>0,421</b>	<b>0,459</b>	<b>0,434</b>
<b>Sps</b>	<b>0,124</b>	<b>0,126</b>	<b>0,055</b>	<b>0,162</b>	<b>0,156</b>	<b>0,114</b>	<b>0,138</b>	<b>0,098</b>	<b>0,175</b>	<b>0,182</b>	<b>0,096</b>	<b>0,147</b>
<b>Prp</b>	<b>0,086</b>	<b>0,094</b>	<b>0,124</b>	<b>0,088</b>	<b>0,061</b>	<b>0,124</b>	<b>0,104</b>	<b>0,098</b>	<b>0,072</b>	<b>0,072</b>	<b>0,135</b>	<b>0,109</b>
<b>Grs</b>	<b>0,326</b>	<b>0,318</b>	<b>0,318</b>	<b>0,332</b>	<b>0,321</b>	<b>0,330</b>	<b>0,321</b>	<b>0,320</b>	<b>0,320</b>	<b>0,325</b>	<b>0,310</b>	<b>0,310</b>

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

GRANATE																	
Bustamante (2008)																	
Barragán																	
Muestra 189A																	
wt%	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736
SiO <sub>2</sub>	38,610	38,730	38,000	38,330	38,500	38,160	37,910	37,640	37,830	37,750	37,630	37,420	37,960	37,490	37,930	37,890	37,020
TiO <sub>2</sub>	0,160	0,120	0,110	0,080	0,200	0,180	0,140	0,130	0,140	0,110	0,120	0,140	0,130	0,110	0,180	0,130	0,120
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,600	22,620	22,500	22,490	22,530	22,280	22,510	22,170	22,160	22,160	22,010	22,040	22,030	22,110	22,190	21,890	21,830
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	25,440	25,550	25,980	26,470	26,460	25,940	26,590	26,090	25,820	25,940	25,880	24,930	24,650	24,660	24,410	24,550	25,020
MnO	0,520	0,470	0,750	1,140	1,440	1,590	1,820	2,750	2,830	3,210	3,620	4,170	4,610	5,130	4,990	4,920	4,740
MgO	3,630	3,410	3,310	3,010	2,880	2,940	3,170	2,060	2,600	1,990	1,920	1,730	1,870	1,710	1,720	1,700	1,770
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	11,040	11,190	10,850	10,410	10,400	11,040	10,640	10,610	10,890	10,410	10,210	10,740	10,140	10,070	10,420	10,240	10,110
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,100	0,060	0,100	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	102,000	102,190	101,560	102,030	102,410	102,130	102,810	101,450	102,270	101,570	101,390	101,170	101,390	101,280	101,840	101,320	100,610
Si	2,961	2,965	2,933	2,953	2,962	2,941	2,902	2,939	2,922	2,947	2,946	2,936	2,972	2,942	2,958	2,972	2,925
Al <sup>IV</sup>	0,039	0,035	0,067	0,047	0,038	0,059	0,098	0,061	0,078	0,053	0,054	0,064	0,028	0,058	0,042	0,028	0,075
<b>Sum_Z</b>	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al <sup>VI</sup>	2,003	2,005	1,980	1,995	2,005	1,965	1,933	1,979	1,939	1,986	1,977	1,974	2,004	1,987	1,997	1,996	1,958
Ti	0,009	0,007	0,006	0,005	0,012	0,010	0,008	0,008	0,008	0,006	0,007	0,008	0,008	0,006	0,011	0,008	0,007
Fe <sup>3+</sup>	0,017	0,031	0,083	0,057	0,010	0,074	0,154	0,066	0,124	0,055	0,062	0,074	0,009	0,058	0,024	0,017	0,103
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	2,030	2,043	2,069	2,057	2,027	2,049	2,094	2,053	2,070	2,047	2,047	2,056	2,021	2,051	2,032	2,020	2,068
Fe <sup>2+</sup>	1,614	1,605	1,594	1,648	1,692	1,598	1,549	1,637	1,544	1,639	1,633	1,562	1,605	1,561	1,568	1,593	1,551
Mn	0,034	0,030	0,049	0,074	0,094	0,104	0,118	0,182	0,185	0,212	0,240	0,277	0,306	0,341	0,330	0,327	0,317
Mg	0,415	0,389	0,381	0,346	0,330	0,338	0,362	0,240	0,299	0,232	0,224	0,202	0,218	0,200	0,200	0,199	0,208
Ca	0,907	0,918	0,897	0,859	0,857	0,912	0,873	0,888	0,901	0,871	0,857	0,903	0,851	0,847	0,871	0,861	0,856
Na	0,000	0,015	0,009	0,015	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_X</b>	2,970	2,957	2,931	2,943	2,973	2,951	2,906	2,947	2,930	2,953	2,953	2,944	2,979	2,949	2,968	2,980	2,932
<b>Cationes totales</b>	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
<b>Alm</b>	0,543	0,545	0,546	0,563	0,569	0,541	0,534	0,556	0,527	0,555	0,553	0,530	0,539	0,529	0,528	0,535	0,529
<b>Sps</b>	0,011	0,010	0,017	0,025	0,032	0,035	0,041	0,062	0,063	0,072	0,081	0,094	0,103	0,116	0,111	0,110	0,108
<b>Prp</b>	0,140	0,132	0,130	0,118	0,111	0,114	0,125	0,081	0,102	0,078	0,076	0,069	0,073	0,068	0,067	0,067	0,071
<b>Grs</b>	0,305	0,312	0,307	0,294	0,288	0,309	0,301	0,301	0,308	0,295	0,290	0,307	0,285	0,287	0,293	0,289	0,292

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

## Esquistos azules de Barragán

ANFIBOL							
Bustamante (2008)							
Barragán							
Muestra 196							
wt%	145	188	189	190	191	192	193
SiO <sub>2</sub>	58,790	58,920	58,180	58,860	58,010	58,960	59,140
TiO <sub>2</sub>	0,030	0,010	0,060	0,000	0,060	0,050	0,010
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,110	11,530	11,130	11,720	11,510	11,360	11,280
FeO	9,970	10,010	10,490	10,260	10,330	9,850	10,390
MnO	0,130	0,140	0,100	0,120	0,140	0,100	0,140
MgO	10,910	10,900	11,020	10,510	10,680	10,990	10,350
CaO	1,640	1,260	1,950	0,980	1,750	1,590	0,820
Na <sub>2</sub> O	6,880	6,930	6,700	7,100	6,810	6,680	7,180
K <sub>2</sub> O	0,030	0,000	0,040	0,010	0,020	0,000	0,020
<b>Total</b>	<b>99,490</b>	<b>99,700</b>	<b>99,670</b>	<b>99,560</b>	<b>99,310</b>	<b>99,580</b>	<b>99,330</b>
Si	7,922	7,905	7,849	7,912	7,848	7,923	7,972
Al <sup>IV</sup>	0,078	0,095	0,151	0,088	0,152	0,077	0,028
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,003	0,001	0,006	0,000	0,006	0,005	0,001
Al <sup>VI</sup>	1,687	1,729	1,618	1,769	1,684	1,722	1,764
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,070	0,101	0,126	0,102	0,101	0,051	0,082
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,049	0,989	1,033	1,024	1,055	1,020	1,074
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,192	2,180	2,216	2,106	2,154	2,202	2,080
<b>Sum_C</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,005	0,033	0,024	0,028	0,013	0,036	0,016
<sup>B</sup> Mn	0,015	0,016	0,011	0,014	0,016	0,011	0,016
<sup>B</sup> Ca	0,237	0,181	0,282	0,141	0,254	0,229	0,118
<sup>B</sup> Na	1,744	1,770	1,682	1,817	1,718	1,724	1,850
<b>Sum_B</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,054	0,033	0,070	0,033	0,069	0,017	0,027
<sup>A</sup> K	0,005	0,000	0,007	0,002	0,003	0,000	0,003
<b>Sum_A</b>	<b>0,059</b>	<b>0,033</b>	<b>0,077</b>	<b>0,035</b>	<b>0,072</b>	<b>0,017</b>	<b>0,030</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,061</b>	<b>15,033</b>	<b>15,075</b>	<b>15,036</b>	<b>15,073</b>	<b>15,017</b>	<b>15,031</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL																				
Bustamante (2008)																				
Barragán																				
Muestra 196D																				
wt%	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	131	132	133	134	65	81	82	83	84	85
SiO <sub>2</sub>	58,890	58,460	58,200	59,150	58,380	58,420	58,110	58,780	58,460	58,820	58,990	57,510	57,610	58,530	57,690	58,220	58,480	57,420	57,910	58,530
TiO <sub>2</sub>	0,030	0,000	0,030	0,030	0,010	0,020	0,010	0,000	0,040	0,000	0,020	0,070	0,050	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,840	7,800	10,470	10,760	10,200	9,850	9,850	10,360	10,550	10,540	10,580	10,930	11,590	11,590	10,620	10,620	10,770	10,320	10,430	10,570
FeO	11,980	12,180	12,220	11,210	12,260	12,570	11,600	12,860	11,970	11,410	11,520	11,630	11,480	11,890	11,360	12,060	12,030	12,560	11,950	12,110
MnO	0,170	0,130	0,170	0,070	0,120	0,120	0,090	0,120	0,130	0,120	0,120	0,140	0,150	0,130	0,130	0,100	0,140	0,130	0,130	0,110
MgO	10,450	10,380	10,410	10,190	9,920	10,190	10,790	9,290	10,380	10,250	10,010	10,290	10,040	9,980	9,550	9,970	9,680	9,670	9,950	9,720
CaO	1,900	1,870	1,770	1,100	1,390	1,990	1,910	0,510	1,770	1,440	1,140	2,060	1,270	1,080	1,110	1,230	0,990	1,450	1,490	1,030
Na <sub>2</sub> O	6,370	6,650	6,570	6,920	6,580	6,590	6,530	7,220	6,770	6,900	6,890	6,230	6,970	6,530	6,400	7,210	6,580	6,580	6,710	7,000
K <sub>2</sub> O	0,010	0,010	0,030	0,010	0,010	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,010	0,020	0,000	0,010	0,810	0,000	0,000	0,430	0,020	0,000
<b>Total</b>	<b>99,640</b>	<b>97,480</b>	<b>99,870</b>	<b>99,440</b>	<b>98,870</b>	<b>99,770</b>	<b>98,900</b>	<b>99,160</b>	<b>100,090</b>	<b>99,500</b>	<b>99,280</b>	<b>98,880</b>	<b>99,160</b>	<b>99,790</b>	<b>97,690</b>	<b>99,410</b>	<b>98,670</b>	<b>98,560</b>	<b>98,590</b>	<b>99,080</b>
Si	7,984	8,095	7,887	7,988	7,988	7,946	7,922	7,998	7,899	7,968	7,992	7,863	7,830	7,914	7,996	7,924	8,004	7,924	7,930	7,975
Al <sup>IV</sup>	0,016	0,000	0,113	0,012	0,012	0,054	0,078	0,002	0,101	0,032	0,008	0,137	0,170	0,086	0,004	0,076	0,000	0,076	0,070	0,025
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,095</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,004</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,003	0,000	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,000	0,004	0,000	0,002	0,007	0,005	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Al <sup>VI</sup>	1,556	1,273	1,559	1,700	1,633	1,525	1,505	1,659	1,579	1,651	1,682	1,625	1,687	1,761	1,731	1,627	1,737	1,602	1,613	1,672
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,126	0,320	0,162	0,116	0,073	0,130	0,222	0,244	0,144	0,094	0,130	0,088	0,170	0,015	0,000	0,120	0,001	0,096	0,180	0,121
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,202	1,091	1,172	1,129	1,270	1,277	1,079	1,212	1,183	1,185	1,164	1,183	1,104	1,207	1,294	1,230	1,287	1,312	1,176	1,232
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,112	2,143	2,103	2,051	2,023	2,066	2,193	1,884	2,091	2,070	2,022	2,097	2,034	2,012	1,973	2,023	1,975	1,989	2,031	1,974
<b>Sum_C</b>	<b>4,999</b>	<b>4,827</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,030	0,000	0,050	0,021	0,061	0,023	0,021	0,007	0,026	0,013	0,011	0,059	0,031	0,122	0,023	0,023	0,089	0,041	0,012	0,027
<sup>B</sup> Mn	0,020	0,000	0,020	0,008	0,014	0,014	0,010	0,014	0,015	0,014	0,014	0,016	0,017	0,015	0,015	0,012	0,016	0,015	0,015	0,013
<sup>B</sup> Ca	0,276	0,277	0,257	0,159	0,204	0,290	0,279	0,074	0,256	0,209	0,165	0,302	0,185	0,156	0,165	0,179	0,145	0,214	0,219	0,150
<sup>B</sup> Na	1,674	1,723	1,673	1,812	1,722	1,673	1,689	1,905	1,703	1,764	1,810	1,623	1,767	1,707	1,720	1,787	1,746	1,729	1,754	1,810
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,923</b>	<b>2,001</b>	<b>1,996</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,000	0,063	0,053	0,000	0,024	0,065	0,037	0,000	0,071	0,048	0,000	0,029	0,070	0,005	0,000	0,116	0,000	0,031	0,028	0,040
<sup>A</sup> K	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,000	0,002	0,143	0,000	0,000	0,076	0,003	0,000
<b>Sum_A</b>	<b>0,002</b>	<b>0,065</b>	<b>0,058</b>	<b>0,002</b>	<b>0,026</b>	<b>0,068</b>	<b>0,039</b>	<b>0,003</b>	<b>0,074</b>	<b>0,051</b>	<b>0,002</b>	<b>0,032</b>	<b>0,070</b>	<b>0,007</b>	<b>0,143</b>	<b>0,116</b>	<b>0,000</b>	<b>0,107</b>	<b>0,031</b>	<b>0,040</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,001</b>	<b>14,987</b>	<b>15,057</b>	<b>15,001</b>	<b>15,027</b>	<b>15,068</b>	<b>15,038</b>	<b>15,002</b>	<b>15,075</b>	<b>15,051</b>	<b>15,002</b>	<b>15,032</b>	<b>15,070</b>	<b>15,007</b>	<b>15,066</b>	<b>15,117</b>	<b>15,000</b>	<b>15,105</b>	<b>15,031</b>	<b>15,040</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucófana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL													
Bustamante (2008)													
Barragán													
Muestra 197													
wt%	14	15	17	18	19	20	21	23	42	43	44	45	47
SiO <sub>2</sub>	58,350	58,000	57,570	57,760	58,700	58,400	58,230	58,770	58,680	58,040	57,740	57,880	58,820
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,020	0,000	0,020	0,020	0,000	0,010	0,000	0,040	0,020	0,000	0,030	0,030
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,170	10,690	9,460	9,770	11,270	10,960	10,300	10,770	10,610	10,930	8,050	11,010	10,810
FeO	12,250	12,620	14,690	15,050	13,370	13,920	14,610	14,530	12,650	12,820	12,150	12,670	13,760
MnO	0,120	0,200	0,080	0,100	0,100	0,050	0,050	0,080	0,130	0,130	0,150	0,090	0,100
MgO	8,930	9,160	8,970	8,570	8,150	8,150	8,040	8,000	8,500	8,830	11,030	9,340	8,050
CaO	0,840	1,580	2,340	1,600	0,250	0,490	0,850	0,640	0,960	1,200	4,090	1,450	0,220
Na <sub>2</sub> O	6,990	6,710	6,200	6,640	7,460	7,200	7,040	7,400	6,850	6,950	5,250	6,820	7,400
K <sub>2</sub> O	0,020	0,020	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,020
<b>Total</b>	98,670	99,000	99,310	99,520	99,330	99,180	99,130	100,200	98,430	98,940	98,480	99,300	99,210
Si	7,991	7,950	7,940	7,944	7,998	7,990	8,000	7,991	8,066	7,960	7,996	7,902	8,036
Al <sup>IV</sup>	0,009	0,050	0,060	0,056	0,002	0,010	0,000	0,009	0,000	0,040	0,004	0,098	0,000
<b>Sum_T</b>	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,066	8,000	8,000	8,000	8,036
<sup>C</sup> Ti	0,000	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000	0,004	0,002	0,000	0,003	0,003
Al <sup>VI</sup>	1,794	1,677	1,478	1,528	1,808	1,757	1,668	1,717	1,719	1,726	1,310	1,673	1,741
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,041	0,075	0,181	0,219	0,145	0,161	0,205	0,153	0,031	0,067	0,043	0,120	0,145
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,342	1,372	1,497	1,494	1,378	1,420	1,473	1,499	1,423	1,399	1,365	1,303	1,427
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,006	0,009	0,015	0,000	0,006	0,000	0,012
<sup>C</sup> Mg	1,823	1,872	1,844	1,757	1,655	1,662	1,647	1,622	1,742	1,805	2,277	1,901	1,640
<b>Sum_C</b>	5,000	4,998	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	4,934	4,999	5,001	5,000	4,968
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,020	0,000	0,016	0,019	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,024	0,000
<sup>B</sup> Mn	0,014	0,021	0,009	0,012	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,015	0,012	0,010	0,000
<sup>B</sup> Ca	0,123	0,232	0,346	0,236	0,036	0,072	0,125	0,093	0,141	0,176	0,607	0,212	0,032
<sup>B</sup> Na	1,843	1,747	1,628	1,734	1,964	1,910	1,875	1,907	1,826	1,805	1,381	1,754	1,960
<b>Sum_B</b>	2,000	2,000	1,999	2,001	2,000	2,000	2,000	2,000	1,967	2,000	2,000	2,000	1,992
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,013	0,037	0,030	0,037	0,007	0,000	0,000	0,044	0,000	0,043	0,029	0,051	0,000
<sup>A</sup> K	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,002	0,002	0,003	0,004	0,002	0,003
<b>Sum_A</b>	0,016	0,040	0,032	0,039	0,009	0,002	0,000	0,046	0,002	0,046	0,033	0,053	0,003
<b>Cationes totales</b>	15,016	15,038	15,031	15,040	15,009	15,002	15,000	15,046	14,969	15,045	15,034	15,053	14,999
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na-Ca	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Wnc	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana; Wnc: winchita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL															
Bustamante (2008)															
Barragán															
Muestra 199															
wt%	216	217	218	219	220	221	222	224	225	226	230	231	247	248	249
SiO <sub>2</sub>	56,710	58,040	56,290	56,420	57,070	56,820	57,360	57,680	56,960	57,440	56,690	57,840	57,730	56,510	57,130
TiO <sub>2</sub>	0,060	0,010	0,080	0,000	0,060	0,020	0,040	0,030	0,000	0,030	0,000	0,050	0,000	0,030	0,040
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,340	11,950	11,700	11,030	8,890	8,060	10,010	10,490	10,980	10,250	10,720	10,730	9,470	10,850	10,910
FeO	12,180	11,080	12,800	12,100	13,550	12,580	12,610	12,400	12,040	12,250	13,120	12,560	13,380	11,360	11,910
MnO	0,180	0,070	0,170	0,140	0,160	0,110	0,150	0,140	0,060	0,180	0,170	0,030	0,120	0,120	0,120
MgO	9,650	9,510	9,340	10,200	9,690	11,160	9,500	9,260	9,860	9,800	9,260	9,280	9,230	10,180	9,840
CaO	1,710	0,890	2,000	2,100	2,030	4,340	1,470	1,050	1,460	1,960	1,560	1,100	1,310	2,090	1,580
Na <sub>2</sub> O	6,680	7,050	6,660	6,610	6,230	5,410	6,640	6,690	6,790	6,200	6,790	6,880	6,650	6,290	6,650
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>98,510</b>	<b>98,600</b>	<b>99,040</b>	<b>98,600</b>	<b>97,680</b>	<b>98,500</b>	<b>97,780</b>	<b>97,740</b>	<b>98,150</b>	<b>98,110</b>	<b>98,310</b>	<b>98,470</b>	<b>97,890</b>	<b>97,430</b>	<b>98,180</b>
Si	7,801	7,909	7,737	7,764	7,972	7,905	7,948	7,988	7,848	7,940	7,849	7,950	8,000	7,835	7,856
Al <sup>IV</sup>	0,199	0,091	0,263	0,236	0,028	0,095	0,052	0,012	0,152	0,060	0,151	0,050	0,000	0,165	0,144
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,006	0,001	0,008	0,000	0,006	0,002	0,004	0,003	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000	0,003	0,004
Al <sup>VI</sup>	1,640	1,828	1,632	1,553	1,436	1,227	1,582	1,700	1,631	1,609	1,598	1,688	1,547	1,608	1,625
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,166	0,075	0,160	0,191	0,161	0,071	0,187	0,061	0,176	0,064	0,170	0,112	0,239	0,146	0,213
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,209	1,164	1,286	1,163	1,379	1,386	1,265	1,323	1,168	1,304	1,320	1,294	1,307	1,139	1,141
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	1,979	1,932	1,914	2,093	2,018	2,315	1,962	1,912	2,025	2,019	1,911	1,901	1,907	2,104	2,017
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,026	0,024	0,026	0,038	0,043	0,007	0,010	0,051	0,043	0,048	0,029	0,038	0,004	0,032	0,016
<sup>B</sup> Mn	0,021	0,008	0,020	0,016	0,019	0,013	0,018	0,016	0,007	0,021	0,020	0,003	0,014	0,014	0,014
<sup>B</sup> Ca	0,252	0,130	0,295	0,310	0,304	0,647	0,218	0,156	0,216	0,290	0,231	0,162	0,195	0,310	0,233
<sup>B</sup> Na	1,701	1,838	1,660	1,636	1,634	1,333	1,754	1,776	1,734	1,641	1,720	1,797	1,787	1,643	1,737
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,081	0,024	0,115	0,128	0,053	0,126	0,030	0,020	0,080	0,021	0,103	0,037	0,000	0,048	0,036
<sup>A</sup> K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_A</b>	<b>0,081</b>	<b>0,024</b>	<b>0,115</b>	<b>0,128</b>	<b>0,053</b>	<b>0,126</b>	<b>0,030</b>	<b>0,020</b>	<b>0,080</b>	<b>0,021</b>	<b>0,103</b>	<b>0,037</b>	<b>0,000</b>	<b>0,048</b>	<b>0,036</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,081</b>	<b>15,024</b>	<b>15,116</b>	<b>15,128</b>	<b>15,053</b>	<b>15,127</b>	<b>15,030</b>	<b>15,018</b>	<b>15,080</b>	<b>15,020</b>	<b>15,102</b>	<b>15,037</b>	<b>15,000</b>	<b>15,047</b>	<b>15,036</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na-Ca	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Wnc	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucófana; Wnc: winchita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL															
Bustamante (2008)															
Barragán															
Muestra 199															
wt%	250	259	260	261	262	263	264	265	266	268	269	270	272	279	280
SiO <sub>2</sub>	57,480	57,460	58,480	57,790	58,170	57,800	56,760	56,520	57,600	57,120	56,840	57,380	58,920	57,850	57,610
TiO <sub>2</sub>	0,010	0,030	0,050	0,020	0,000	0,030	0,010	0,060	0,020	0,020	0,070	0,020	0,000	0,070	0,020
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,230	10,690	11,000	10,160	10,280	9,780	10,410	10,790	10,710	10,670	10,180	9,930	10,110	10,830	10,180
FeO	13,540	12,660	12,620	12,490	12,350	12,600	11,830	12,780	12,420	11,270	12,440	12,920	12,450	12,640	12,770
MnO	0,050	0,020	0,100	0,140	0,120	0,260	0,130	0,190	0,080	0,140	0,240	0,120	0,130	0,120	0,070
MgO	8,970	8,970	9,080	9,550	9,300	9,760	10,070	9,100	9,250	9,900	9,580	9,220	9,150	9,060	8,960
CaO	0,490	1,030	0,640	1,280	0,960	1,810	1,940	1,040	0,960	1,430	1,740	1,770	1,100	0,830	0,670
Na <sub>2</sub> O	7,120	6,650	7,100	6,710	6,720	6,390	6,280	6,780	6,940	6,650	6,560	6,540	7,230	6,830	7,060
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>97,890</b>	<b>97,510</b>	<b>99,070</b>	<b>98,140</b>	<b>97,900</b>	<b>98,430</b>	<b>97,430</b>	<b>97,260</b>	<b>97,980</b>	<b>97,200</b>	<b>97,650</b>	<b>97,900</b>	<b>99,090</b>	<b>98,230</b>	<b>97,340</b>
Si	7,970	7,984	7,981	7,975	8,032	7,973	7,884	7,882	7,951	7,922	7,904	7,972	8,063	7,974	7,992
Al <sup>IV</sup>	0,030	0,016	0,019	0,025	0,000	0,027	0,116	0,118	0,049	0,078	0,096	0,028	0,000	0,026	0,008
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,032</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,063</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,001	0,003	0,005	0,002	0,000	0,003	0,001	0,006	0,002	0,002	0,007	0,002	0,000	0,007	0,002
Al <sup>VI</sup>	1,642	1,734	1,750	1,628	1,673	1,563	1,588	1,656	1,693	1,666	1,572	1,598	1,631	1,733	1,656
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,181	0,041	0,083	0,114	0,063	0,101	0,132	0,170	0,126	0,119	0,142	0,088	0,001	0,063	0,249
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,322	1,364	1,314	1,292	1,350	1,326	1,195	1,275	1,275	1,167	1,293	1,403	1,423	1,335	1,233
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,007
<sup>C</sup> Mg	1,854	1,858	1,847	1,965	1,914	2,007	2,085	1,892	1,903	2,047	1,986	1,910	1,867	1,862	1,853
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>4,937</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,067	0,066	0,043	0,036	0,013	0,026	0,048	0,045	0,033	0,022	0,012	0,011	0,000	0,059	0,000
<sup>B</sup> Mn	0,006	0,002	0,012	0,016	0,014	0,030	0,015	0,022	0,009	0,016	0,028	0,014	0,000	0,014	0,001
<sup>B</sup> Ca	0,073	0,153	0,094	0,189	0,142	0,268	0,289	0,155	0,142	0,212	0,259	0,263	0,161	0,123	0,100
<sup>B</sup> Na	1,854	1,778	1,852	1,758	1,799	1,676	1,648	1,777	1,816	1,749	1,700	1,712	1,839	1,805	1,899
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>	<b>1,968</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,060	0,013	0,027	0,037	0,000	0,033	0,043	0,056	0,041	0,039	0,068	0,050	0,080	0,021	0,000
<sup>A</sup> K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_A</b>	<b>0,060</b>	<b>0,013</b>	<b>0,027</b>	<b>0,037</b>	<b>0,000</b>	<b>0,033</b>	<b>0,043</b>	<b>0,056</b>	<b>0,041</b>	<b>0,039</b>	<b>0,068</b>	<b>0,050</b>	<b>0,080</b>	<b>0,021</b>	<b>0,000</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,060</b>	<b>15,012</b>	<b>15,027</b>	<b>15,037</b>	<b>15,000</b>	<b>15,033</b>	<b>15,044</b>	<b>15,054</b>	<b>15,040</b>	<b>15,039</b>	<b>15,067</b>	<b>15,051</b>	<b>15,080</b>	<b>15,022</b>	<b>15,000</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
...	Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.



CLORITA											
Bustamante (2008)											
Barragán											
wt%	Muestra 196D					Muestra 197					
	112	113	114	115	116	10	50	51	52	53	54
SiO <sub>2</sub>	27,790	28,400	28,850	28,690	28,720	27,020	28,820	27,970	28,150	28,260	27,960
TiO <sub>2</sub>	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,050	0,120	0,110	0,180	0,210	0,270
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,210	19,110	19,200	19,040	18,860	20,260	20,900	19,770	20,100	19,890	19,830
FeO	21,470	21,720	23,580	21,200	21,940	24,850	22,530	22,840	22,720	22,680	22,830
MnO	0,380	0,350	0,370	0,350	0,360	0,280	0,400	0,310	0,340	0,430	0,400
MgO	19,000	19,020	17,810	19,280	20,210	16,440	16,780	17,930	17,790	18,420	17,520
CaO	0,160	0,140	0,220	0,160	0,220	0,110	0,080	0,010	0,030	0,050	0,030
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020	0,030	0,010	0,010	0,000
K <sub>2</sub> O	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,020	0,010	0,000
<b>Total</b>	<b>88,040</b>	<b>88,760</b>	<b>90,040</b>	<b>88,720</b>	<b>90,320</b>	<b>89,030</b>	<b>89,650</b>	<b>88,970</b>	<b>89,340</b>	<b>89,960</b>	<b>88,840</b>
Si	2,858	2,901	2,935	2,925	2,873	2,797	2,945	2,868	2,877	2,862	2,879
Al <sup>IV</sup>	1,142	1,099	1,065	1,075	1,127	1,203	1,055	1,132	1,123	1,138	1,121
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,186	1,201	1,236	1,214	1,096	1,268	1,462	1,258	1,297	1,236	1,286
Ti	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,004	0,009	0,008	0,014	0,016	0,021
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	1,847	1,855	2,006	1,808	1,806	2,151	1,925	1,959	1,942	1,921	1,966
Mn	0,033	0,030	0,032	0,030	0,031	0,025	0,035	0,027	0,029	0,037	0,035
Mg	2,913	2,896	2,701	2,931	3,014	2,537	2,556	2,741	2,710	2,781	2,689
Ca	0,018	0,015	0,024	0,017	0,024	0,012	0,009	0,001	0,003	0,005	0,003
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,006	0,002	0,002	0,000
K	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

Fórmula estructural basada en 10 cationes.

<b>CLORITA</b>											
<i>Bustamante (2008)</i>											
Barragán											
<b>Muestra 197A</b>											
wt%	<b>101</b>	<b>110</b>	<b>111</b>	<b>112</b>	<b>118</b>	<b>119</b>	<b>12</b>	<b>120</b>	<b>121</b>	<b>122</b>	<b>126</b>
SiO <sub>2</sub>	27,720	27,720	28,110	28,620	27,550	27,110	27,820	27,630	28,160	28,840	27,240
TiO <sub>2</sub>	0,030	0,180	0,000	0,030	0,010	0,090	0,010	0,120	0,000	0,060	0,000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,480	20,300	19,850	19,390	19,650	20,290	19,750	20,130	18,940	20,010	19,680
FeO	21,070	20,770	20,450	20,690	21,340	21,580	21,040	21,060	21,560	21,020	21,310
MnO	0,350	0,420	0,350	0,270	0,460	0,250	0,410	0,410	0,380	0,450	0,330
MgO	18,400	18,470	19,570	20,130	18,620	18,700	18,950	18,760	19,000	19,580	18,910
CaO	0,030	0,030	0,010	0,020	0,020	0,020	0,030	0,070	0,070	0,030	0,060
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,020	0,000	0,010	0,000	0,030	0,000	0,010	0,010	0,010
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>88,080</b>	<b>87,890</b>	<b>88,360</b>	<b>89,150</b>	<b>87,660</b>	<b>88,040</b>	<b>88,040</b>	<b>88,180</b>	<b>88,120</b>	<b>90,000</b>	<b>87,540</b>
Si	2,850	2,856	2,865	2,889	2,847	2,788	2,857	2,835	2,896	2,894	2,814
Al <sup>IV</sup>	1,150	1,144	1,135	1,111	1,153	1,212	1,143	1,165	1,104	1,106	1,186
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,332	1,320	1,249	1,196	1,241	1,247	1,247	1,270	1,191	1,260	1,210
Ti	0,002	0,014	0,000	0,002	0,001	0,007	0,001	0,009	0,000	0,005	0,000
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	1,812	1,789	1,743	1,747	1,845	1,856	1,807	1,807	1,854	1,764	1,841
Mn	0,030	0,037	0,030	0,023	0,040	0,022	0,036	0,036	0,033	0,038	0,029
Mg	2,820	2,836	2,973	3,029	2,869	2,867	2,901	2,870	2,912	2,929	2,912
Ca	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,008	0,008	0,003	0,007
Na	0,000	0,000	0,004	0,000	0,002	0,000	0,006	0,000	0,002	0,002	0,002
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

*Fórmula estructural basada en 10 cationes.*

LAWSONITA													
Bustamante (2008)													
Barragán													
Muestra 197													
wt%	11	12	13	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO <sub>2</sub>	41,000	38,970	41,220	40,410	39,140	40,600	39,110	40,420	39,320	41,080	39,240	39,810	39,660
TiO <sub>2</sub>	0,190	0,490	0,110	0,020	0,290	0,150	0,200	0,260	0,400	0,110	0,350	0,580	0,130
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,830	32,520	32,570	32,050	32,420	32,400	32,820	32,520	32,130	32,110	32,460	31,900	32,240
FeO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MnO	0,030	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,010	0,030	0,020	0,010	0,010	0,030	0,000
MgO	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,020	0,030	0,180
CaO	17,310	17,140	17,370	17,020	17,010	17,380	17,290	17,300	17,040	17,080	16,830	17,090	16,830
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>90,360</b>	<b>89,140</b>	<b>91,280</b>	<b>89,550</b>	<b>88,880</b>	<b>90,550</b>	<b>89,450</b>	<b>90,550</b>	<b>88,920</b>	<b>90,390</b>	<b>88,910</b>	<b>89,440</b>	<b>89,130</b>
Si	2,108	2,028	2,096	2,094	2,042	2,081	2,026	2,072	2,053	2,111	2,047	2,069	2,061
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_T</b>	<b>2,108</b>	<b>2,028</b>	<b>2,096</b>	<b>2,094</b>	<b>2,042</b>	<b>2,081</b>	<b>2,026</b>	<b>2,072</b>	<b>2,053</b>	<b>2,111</b>	<b>2,047</b>	<b>2,069</b>	<b>2,061</b>
Al <sup>VI</sup>	1,929	1,995	1,952	1,957	1,994	1,957	2,004	1,965	1,977	1,944	1,996	1,954	1,974
Ti	0,007	0,019	0,004	0,001	0,011	0,006	0,008	0,010	0,016	0,004	0,014	0,023	0,005
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,014
Ca	0,954	0,956	0,947	0,945	0,951	0,954	0,960	0,950	0,953	0,940	0,941	0,951	0,937
Na	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009
K	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>

Fórmula estructural basada en 5 cationes.

## LAWSONITA

Bustamante (2008)

Barragán

## Muestra 197A

wt%	11	12	13	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	25	26	27	29
SiO <sub>2</sub>	38,460	37,650	39,840	39,900	38,880	39,170	39,140	39,130	39,810	39,260	39,640	39,740	39,720	38,920	39,280	39,190	39,650
TiO <sub>2</sub>	0,080	0,000	0,520	0,670	1,820	0,440	0,850	0,530	0,450	0,440	0,700	0,340	0,500	0,490	0,850	0,550	0,170
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,640	31,720	31,480	31,710	30,030	31,590	31,150	31,110	31,790	31,520	30,870	31,530	31,170	31,370	31,380	31,470	31,850
FeO	0,270	0,306	0,477	0,297	0,279	0,270	0,342	0,396	0,270	0,216	0,333	0,324	0,396	0,387	0,324	0,261	0,207
MnO	0,000	0,000	0,080	0,000	0,040	0,010	0,040	0,010	0,020	0,000	0,000	0,010	0,010	0,030	0,030	0,020	0,060
MgO	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,020	0,000	0,020	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,030	0,010
CaO	18,270	17,470	17,450	17,350	17,610	17,610	17,080	16,930	17,510	17,480	17,360	17,500	17,020	17,300	17,330	17,080	17,110
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>88,730</b>	<b>87,156</b>	<b>89,857</b>	<b>89,927</b>	<b>88,669</b>	<b>89,110</b>	<b>88,622</b>	<b>88,126</b>	<b>89,870</b>	<b>88,956</b>	<b>88,903</b>	<b>89,444</b>	<b>88,826</b>	<b>88,517</b>	<b>89,194</b>	<b>88,611</b>	<b>89,057</b>
Si	2,011	2,002	2,064	2,065	2,051	2,043	2,057	2,066	2,060	2,051	2,077	2,066	2,081	2,045	2,051	2,056	2,068
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_T</b>	<b>2,011</b>	<b>2,002</b>	<b>2,064</b>	<b>2,065</b>	<b>2,051</b>	<b>2,043</b>	<b>2,057</b>	<b>2,066</b>	<b>2,060</b>	<b>2,051</b>	<b>2,077</b>	<b>2,066</b>	<b>2,081</b>	<b>2,045</b>	<b>2,051</b>	<b>2,056</b>	<b>2,068</b>
Al <sup>VI</sup>	1,950	1,988	1,922	1,934	1,867	1,942	1,929	1,936	1,938	1,941	1,906	1,932	1,925	1,942	1,931	1,946	1,957
Ti	0,003	0,000	0,020	0,026	0,072	0,017	0,034	0,021	0,018	0,017	0,028	0,013	0,020	0,019	0,033	0,022	0,007
Fe <sup>3+</sup>	0,012	0,014	0,021	0,013	0,012	0,012	0,015	0,017	0,012	0,009	0,015	0,014	0,017	0,017	0,014	0,011	0,009
Fe <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,000	0,000	0,004	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,003
Mg	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001
Ca	1,024	0,995	0,969	0,962	0,995	0,984	0,962	0,958	0,971	0,978	0,975	0,975	0,956	0,974	0,969	0,960	0,956
Na	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>

Fórmula estructural basada en 5 cationes.

<b>MICA</b>																
<i>Bustamante (2008)</i>																
Barragán																
<b>Muestra 196D</b>																
wt%	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
SiO <sub>2</sub>	53,570	55,640	50,700	52,460	50,960	51,830	50,370	51,550	50,720	51,570	49,690	52,300	50,270	51,710	50,410	54,810
TiO <sub>2</sub>	0,010	0,050	0,370	0,340	0,330	0,340	0,260	0,400	0,360	0,300	0,330	0,370	0,320	0,290	0,260	0,140
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,580	26,110	30,620	29,000	30,730	29,270	30,070	29,540	31,660	29,590	30,450	29,840	31,050	29,220	30,540	26,040
FeO	2,680	2,660	2,700	2,640	2,660	2,550	2,710	2,650	2,740	2,620	2,690	2,620	2,720	2,660	2,700	2,840
MnO	0,060	0,050	0,020	0,020	0,030	0,020	0,040	0,010	0,000	0,020	0,010	0,000	0,010	0,030	0,010	0,060
MgO	4,240	4,350	2,750	3,200	2,760	2,970	2,840	2,990	2,650	2,840	2,530	2,810	2,700	2,900	2,930	4,070
CaO	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,040	0,060
Na <sub>2</sub> O	0,100	0,190	0,800	0,860	0,720	1,010	0,620	0,970	0,900	1,170	0,890	1,060	0,770	0,930	0,740	0,240
K <sub>2</sub> O	7,040	10,250	6,910	9,860	6,970	9,910	6,830	9,830	6,460	9,510	7,080	9,730	6,920	9,910	6,870	10,010
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	93,280	99,340	94,870	98,380	95,160	97,900	93,750	97,940	95,530	97,620	93,670	98,730	94,770	97,650	94,500	98,270
Si	3,694	3,583	3,419	3,396	3,427	3,367	3,441	3,348	3,395	3,358	3,390	3,371	3,392	3,371	3,410	3,572
Al <sup>IV</sup>	0,306	0,417	0,581	0,604	0,573	0,633	0,559	0,652	0,605	0,642	0,610	0,629	0,608	0,629	0,590	0,428
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	1,773	1,565	1,852	1,608	1,863	1,608	1,862	1,610	1,893	1,628	1,838	1,638	1,861	1,616	1,845	1,573
Ti	0,001	0,002	0,019	0,017	0,017	0,017	0,013	0,020	0,018	0,015	0,017	0,018	0,016	0,014	0,013	0,007
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,155	0,143	0,152	0,143	0,150	0,139	0,155	0,144	0,153	0,143	0,153	0,141	0,153	0,145	0,153	0,155
Mn	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,003
Mg	0,436	0,418	0,276	0,309	0,277	0,288	0,289	0,290	0,264	0,276	0,257	0,270	0,272	0,282	0,295	0,395
Ca	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,004
Na	0,013	0,024	0,105	0,108	0,094	0,127	0,082	0,122	0,117	0,148	0,118	0,132	0,101	0,118	0,097	0,030
K	0,619	0,842	0,594	0,814	0,598	0,821	0,595	0,815	0,552	0,790	0,616	0,800	0,596	0,824	0,593	0,832
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000

*Fórmula estructural basada en 7 cationes.*

PUMPELLYITA																
Bustamante (2008)																
Barragán																
wt%	Muestra 196D								Muestra 199							
	232	124	125	126	127	128	129	130	232	246	251	252	253	254	255	256
SiO <sub>2</sub>	37,900	38,520	38,460	38,230	38,400	38,490	38,510	38,190	37,900	37,550	37,820	39,860	39,970	39,910	37,790	38,080
TiO <sub>2</sub>	0,070	0,080	0,050	0,070	0,050	0,040	0,040	0,070	0,070	0,070	0,040	0,070	0,030	0,030	0,100	0,050
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,320	25,750	25,790	25,580	25,900	25,650	25,810	25,880	25,320	25,210	25,720	26,460	27,130	22,530	25,080	25,150
FeO	7,142	6,299	6,687	6,725	5,863	5,882	6,062	5,958	7,142	6,640	5,115	5,816	7,237	8,885	6,280	6,583
MnO	0,360	0,540	0,680	0,550	0,620	0,520	0,750	0,630	0,360	0,550	0,300	0,410	0,200	0,210	0,590	0,320
MgO	3,210	3,560	3,590	3,380	3,490	3,670	3,480	3,550	3,210	3,400	3,470	2,750	2,850	4,380	3,430	3,540
CaO	23,190	22,290	22,280	22,010	22,300	22,430	22,380	22,290	23,190	22,610	22,920	22,120	21,680	20,920	22,500	22,970
Na <sub>2</sub> O	0,140	0,230	0,210	0,180	0,170	0,110	0,150	0,170	0,140	0,180	0,220	0,160	0,210	1,380	0,250	0,160
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>97,332</b>	<b>97,269</b>	<b>97,747</b>	<b>96,725</b>	<b>96,813</b>	<b>96,812</b>	<b>97,182</b>	<b>96,758</b>	<b>97,332</b>	<b>96,210</b>	<b>95,605</b>	<b>97,646</b>	<b>99,307</b>	<b>98,245</b>	<b>96,020</b>	<b>96,853</b>
Si	5,832	5,910	5,878	5,910	5,917	5,930	5,918	5,887	5,832	5,834	5,883	6,108	6,029	6,040	5,877	5,873
Al <sup>IV</sup>	0,168	0,090	0,122	0,090	0,083	0,070	0,082	0,113	0,168	0,166	0,117	0,000	0,000	0,000	0,123	0,127
<b>Sum_T</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,108</b>	<b>6,029</b>	<b>6,040</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>
Al <sup>VI</sup>	4,424	4,566	4,523	4,571	4,620	4,587	4,592	4,589	4,424	4,451	4,599	4,778	4,823	4,019	4,474	4,445
Ti	0,008	0,009	0,006	0,008	0,006	0,005	0,005	0,008	0,008	0,008	0,005	0,008	0,003	0,003	0,012	0,006
Fe <sup>3+</sup>	0,769	0,575	0,650	0,556	0,507	0,510	0,526	0,562	0,769	0,753	0,575	0,038	0,174	1,125	0,701	0,717
Fe <sup>2+</sup>	0,150	0,234	0,205	0,314	0,249	0,248	0,253	0,206	0,150	0,110	0,091	0,708	0,739	0,000	0,116	0,132
Mn	0,047	0,070	0,088	0,072	0,081	0,068	0,098	0,082	0,047	0,072	0,040	0,053	0,026	0,027	0,078	0,042
Mg	0,736	0,814	0,818	0,779	0,802	0,843	0,797	0,816	0,736	0,788	0,805	0,628	0,641	0,988	0,795	0,814
Ca	3,824	3,664	3,648	3,646	3,681	3,703	3,685	3,682	3,824	3,764	3,820	3,632	3,504	3,393	3,749	3,796
Na	0,042	0,068	0,062	0,054	0,051	0,033	0,045	0,051	0,042	0,054	0,066	0,048	0,061	0,405	0,075	0,048
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>	<b>16,000</b>

Fórmula estructural basada en 16 cationes.

## Esquistos azules de Jambaló

ANFIBOL																		
Bustamante (2008)																		
Jambaló																		
Muestra 123A																		
wt%	1	5	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO <sub>2</sub>	56,290	55,950	55,640	56,030	55,700	54,630	53,830	55,380	55,870	57,050	53,190	55,180	53,900	57,160	57,190	55,790	56,910	55,900
TiO <sub>2</sub>	0,060	0,000	0,100	0,000	0,160	0,080	0,210	0,140	0,100	0,020	5,710	0,000	0,080	0,020	0,200	0,020	0,000	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,440	9,390	11,080	11,430	8,950	8,270	8,880	9,240	10,620	11,200	10,480	10,090	8,280	11,320	11,570	11,110	10,960	10,150
FeO	11,180	13,620	11,900	11,060	14,290	15,430	15,030	13,510	11,890	10,350	10,750	12,080	15,360	10,650	10,560	11,850	11,450	11,790
MnO	0,100	0,110	0,090	0,060	0,080	0,130	0,130	0,170	0,070	0,100	0,040	0,100	0,160	0,090	0,120	0,070	0,070	0,110
MgO	10,440	10,110	10,100	10,190	10,500	10,050	9,750	10,520	10,660	10,370	9,380	10,600	9,970	10,390	10,230	10,450	10,530	10,650
CaO	0,780	0,760	0,850	0,520	0,860	0,950	1,230	1,200	1,060	0,490	0,570	1,430	1,130	0,610	0,620	1,130	0,700	1,410
Na <sub>2</sub> O	7,110	6,810	7,010	6,980	6,810	6,720	6,470	6,720	6,840	7,150	6,470	6,730	6,780	7,040	6,940	6,720	6,940	6,600
K <sub>2</sub> O	0,000	0,020	0,030	0,000	0,010	0,010	0,010	0,050	0,030	0,010	0,010	0,030	0,040	0,020	0,020	0,010	0,030	0,010
<b>Total</b>	<b>97,400</b>	<b>96,770</b>	<b>96,800</b>	<b>96,270</b>	<b>97,360</b>	<b>96,270</b>	<b>95,540</b>	<b>96,930</b>	<b>97,140</b>	<b>96,740</b>	<b>96,600</b>	<b>96,240</b>	<b>95,700</b>	<b>97,300</b>	<b>97,450</b>	<b>97,150</b>	<b>97,590</b>	<b>96,680</b>
Si	7,750	7,860	7,759	7,815	7,800	7,786	7,732	7,777	7,762	7,893	7,487	7,765	7,744	7,875	7,870	7,749	7,845	7,810
Al <sup>IV</sup>	0,250	0,140	0,241	0,185	0,200	0,214	0,268	0,223	0,238	0,107	0,513	0,235	0,256	0,125	0,130	0,251	0,155	0,190
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,006	0,000	0,010	0,000	0,017	0,009	0,023	0,015	0,010	0,002	0,605	0,000	0,009	0,002	0,021	0,002	0,000	0,006
Al <sup>VI</sup>	1,606	1,415	1,580	1,694	1,277	1,175	1,235	1,307	1,501	1,719	1,226	1,438	1,146	1,713	1,746	1,568	1,625	1,482
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,394	0,347	0,309	0,228	0,442	0,526	0,473	0,425	0,332	0,181	0,000	0,333	0,537	0,172	0,115	0,293	0,229	0,290
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,850	1,121	1,001	0,959	1,072	1,155	1,182	1,051	0,948	0,959	1,201	1,005	1,172	0,979	1,019	0,973	0,982	1,004
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,143	2,117	2,100	2,119	2,192	2,135	2,088	2,202	2,208	2,139	1,968	2,224	2,135	2,134	2,099	2,164	2,164	2,218
<b>Sum_C</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,043	0,132	0,078	0,103	0,160	0,158	0,151	0,111	0,101	0,057	0,064	0,084	0,136	0,076	0,081	0,111	0,109	0,084
<sup>B</sup> Mn	0,012	0,013	0,011	0,007	0,009	0,016	0,016	0,020	0,008	0,012	0,005	0,012	0,019	0,011	0,014	0,008	0,008	0,013
<sup>B</sup> Ca	0,115	0,114	0,127	0,078	0,129	0,145	0,189	0,181	0,158	0,073	0,086	0,216	0,174	0,090	0,091	0,168	0,103	0,211
<sup>B</sup> Na	1,831	1,740	1,785	1,812	1,702	1,681	1,644	1,689	1,733	1,858	1,766	1,689	1,671	1,824	1,814	1,713	1,779	1,692
<b>Sum_B</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,921</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,067	0,115	0,111	0,075	0,147	0,176	0,157	0,141	0,110	0,060	0,000	0,147	0,218	0,057	0,038	0,097	0,075	0,096
<sup>A</sup> K	0,000	0,004	0,005	0,000	0,002	0,002	0,002	0,009	0,005	0,002	0,002	0,005	0,007	0,004	0,004	0,002	0,005	0,002
<b>Sum_A</b>	<b>0,067</b>	<b>0,119</b>	<b>0,116</b>	<b>0,075</b>	<b>0,149</b>	<b>0,178</b>	<b>0,159</b>	<b>0,150</b>	<b>0,115</b>	<b>0,062</b>	<b>0,002</b>	<b>0,152</b>	<b>0,225</b>	<b>0,061</b>	<b>0,042</b>	<b>0,099</b>	<b>0,080</b>	<b>0,098</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,067</b>	<b>15,118</b>	<b>15,117</b>	<b>15,075</b>	<b>15,149</b>	<b>15,178</b>	<b>15,160</b>	<b>15,151</b>	<b>15,114</b>	<b>15,062</b>	<b>14,923</b>	<b>15,153</b>	<b>15,224</b>	<b>15,062</b>	<b>15,042</b>	<b>15,099</b>	<b>15,079</b>	<b>15,098</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.



ANFIBOL																			
Bustamante (2008)																			
Jambaló																			
Muestra 123A																			
wt%	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
SiO <sub>2</sub>	54,910	55,980	56,960	54,880	56,780	54,940	55,090	55,610	56,270	55,820	56,520	55,310	54,690	56,420	55,250	55,750	57,870	57,240	55,010
TiO <sub>2</sub>	0,060	0,000	0,060	0,040	0,080	0,230	0,170	0,060	0,020	0,080	0,040	0,000	0,250	0,000	0,210	0,020	0,200	0,040	0,120
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,040	10,680	11,170	9,570	10,400	7,740	8,050	7,370	10,360	11,130	11,530	10,600	10,360	10,460	8,020	10,670	11,610	11,110	7,980
FeO	12,960	12,060	10,710	12,170	12,240	15,510	14,330	15,420	12,240	11,640	10,320	11,850	11,540	12,660	14,810	12,440	10,240	11,220	15,510
MnO	0,160	0,080	0,050	0,150	0,060	0,100	0,120	0,110	0,080	0,100	0,080	0,080	0,140	0,100	0,080	0,110	0,030	0,060	0,100
MgO	10,300	10,140	10,230	11,350	10,400	9,960	10,190	10,600	10,320	10,090	10,180	10,510	10,610	10,070	10,220	10,050	10,400	10,230	10,240
CaO	1,320	0,740	0,450	2,510	0,620	1,050	0,790	0,920	1,100	0,970	0,320	1,410	2,400	0,880	0,860	1,000	0,410	0,500	1,110
Na <sub>2</sub> O	6,480	6,830	7,080	5,900	7,050	6,750	6,890	6,820	6,750	6,830	7,260	6,610	5,960	6,570	6,720	6,880	7,120	7,080	6,650
K <sub>2</sub> O	0,010	0,010	0,010	0,030	0,010	0,010	0,030	0,020	0,030	0,000	0,000	0,020	0,040	0,010	0,020	0,040	0,020	0,010	0,030
<b>Total</b>	<b>96,240</b>	<b>96,520</b>	<b>96,720</b>	<b>96,600</b>	<b>97,640</b>	<b>96,290</b>	<b>95,660</b>	<b>96,930</b>	<b>97,170</b>	<b>96,660</b>	<b>96,250</b>	<b>96,390</b>	<b>95,990</b>	<b>97,170</b>	<b>96,190</b>	<b>96,960</b>	<b>97,900</b>	<b>97,490</b>	<b>96,750</b>
Si	7,751	7,829	7,894	7,714	7,848	7,808	7,865	7,864	7,830	7,787	7,855	7,753	7,722	7,862	7,859	7,762	7,905	7,886	7,806
Al <sup>IV</sup>	0,249	0,171	0,106	0,286	0,152	0,192	0,135	0,136	0,170	0,213	0,145	0,247	0,278	0,138	0,141	0,238	0,095	0,114	0,194
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,006	0,000	0,006	0,004	0,008	0,025	0,018	0,006	0,002	0,008	0,004	0,000	0,027	0,000	0,022	0,002	0,021	0,004	0,013
Al <sup>VI</sup>	1,421	1,589	1,718	1,299	1,542	1,104	1,220	1,092	1,529	1,616	1,743	1,504	1,446	1,580	1,203	1,513	1,774	1,690	1,141
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,353	0,260	0,166	0,350	0,290	0,669	0,459	0,538	0,273	0,258	0,211	0,323	0,243	0,200	0,446	0,431	0,098	0,184	0,511
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,052	1,036	0,995	0,969	1,017	1,092	1,134	1,129	1,056	1,019	0,933	0,977	1,051	1,128	1,161	0,968	0,990	1,021	1,169
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	2,167	2,114	2,114	2,378	2,143	2,110	2,169	2,235	2,141	2,098	2,109	2,196	2,233	2,092	2,167	2,086	2,118	2,101	2,166
<b>Sum_C</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,125	0,114	0,080	0,112	0,108	0,082	0,118	0,157	0,096	0,081	0,056	0,089	0,069	0,147	0,154	0,050	0,083	0,088	0,160
<sup>B</sup> Mn	0,019	0,009	0,006	0,018	0,007	0,012	0,015	0,013	0,009	0,012	0,009	0,009	0,017	0,012	0,010	0,013	0,003	0,007	0,012
<sup>B</sup> Ca	0,200	0,111	0,067	0,378	0,092	0,160	0,121	0,139	0,164	0,145	0,048	0,212	0,363	0,131	0,131	0,149	0,060	0,074	0,169
<sup>B</sup> Na	1,656	1,766	1,848	1,492	1,793	1,746	1,747	1,690	1,731	1,762	1,887	1,690	1,552	1,709	1,705	1,788	1,854	1,831	1,659
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,117	0,086	0,055	0,116	0,096	0,114	0,161	0,180	0,090	0,085	0,069	0,107	0,080	0,066	0,148	0,070	0,032	0,060	0,170
<sup>A</sup> K	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,005	0,004	0,005	0,000	0,000	0,004	0,007	0,002	0,004	0,007	0,003	0,002	0,005
<b>Sum_A</b>	<b>0,119</b>	<b>0,088</b>	<b>0,057</b>	<b>0,121</b>	<b>0,098</b>	<b>0,116</b>	<b>0,166</b>	<b>0,184</b>	<b>0,095</b>	<b>0,085</b>	<b>0,069</b>	<b>0,111</b>	<b>0,087</b>	<b>0,068</b>	<b>0,152</b>	<b>0,077</b>	<b>0,035</b>	<b>0,062</b>	<b>0,175</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,118</b>	<b>15,087</b>	<b>15,057</b>	<b>15,121</b>	<b>15,098</b>	<b>15,116</b>	<b>15,167</b>	<b>15,183</b>	<b>15,096</b>	<b>15,084</b>	<b>15,069</b>	<b>15,111</b>	<b>15,088</b>	<b>15,067</b>	<b>15,151</b>	<b>15,077</b>	<b>15,036</b>	<b>15,062</b>	<b>15,175</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na-Ca	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
... Especie	Gln	Gln	Gln	Brs	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Brs: barroisita; Gln: glaucofana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

<b>ANFIBOL</b>										
<i>Bustamante (2008)</i>										
Jambaló										
<b>Muestra 124</b>										
wt%	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275
SiO <sub>2</sub>	59,380	58,840	57,950	58,330	56,010	57,420	58,430	58,650	58,630	57,910
TiO <sub>2</sub>	0,010	0,010	0,120	0,040	0,040	0,110	0,000	0,020	0,030	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,180	10,890	10,580	10,800	10,240	10,190	10,170	9,880	10,720	10,660
FeO	13,240	13,470	14,160	14,190	15,310	14,580	13,510	14,010	12,880	13,890
MnO	0,090	0,210	0,220	0,180	0,270	0,210	0,110	0,180	0,180	0,240
MgO	8,720	8,700	8,590	8,300	7,620	8,280	7,610	8,690	8,430	8,230
CaO	0,550	0,540	0,910	0,910	1,700	1,050	0,220	0,430	0,300	0,880
Na <sub>2</sub> O	7,200	7,030	7,130	6,880	6,630	6,580	7,170	7,070	6,910	6,620
K <sub>2</sub> O	0,010	0,010	0,020	0,020	0,030	0,030	0,010	0,000	0,000	0,030
<b>Total</b>	<b>100,38</b>	<b>99,70</b>	<b>99,68</b>	<b>99,65</b>	<b>97,85</b>	<b>98,45</b>	<b>97,23</b>	<b>98,93</b>	<b>98,08</b>	<b>98,52</b>
Si	8,005	8,002	7,929	7,981	7,891	7,979	8,156	8,049	8,086	8,013
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_T</b>	<b>8,005</b>	<b>8,002</b>	<b>7,929</b>	<b>7,981</b>	<b>7,891</b>	<b>7,979</b>	<b>8,156</b>	<b>8,049</b>	<b>8,086</b>	<b>8,013</b>
<sup>C</sup> Ti	0,001	0,001	0,012	0,004	0,004	0,011	0,000	0,002	0,003	0,006
Al <sup>VI</sup>	1,776	1,745	1,635	1,722	1,592	1,648	1,673	1,598	1,742	1,738
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,091	0,101	0,159	0,067	0,114	0,071	0,004	0,181	0,000	0,000
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,379	1,389	1,441	1,514	1,690	1,554	1,573	1,427	1,486	1,558
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,014	0,021	0,000
<sup>C</sup> Mg	1,753	1,764	1,752	1,693	1,600	1,715	1,583	1,778	1,733	1,698
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>4,846</b>	<b>5,000</b>	<b>4,985</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,023	0,042	0,020	0,043	0,000	0,069	0,000	0,000	0,000	0,050
<sup>B</sup> Mn	0,010	0,024	0,025	0,021	0,032	0,025	0,000	0,007	0,000	0,028
<sup>B</sup> Ca	0,079	0,079	0,133	0,133	0,257	0,156	0,033	0,063	0,044	0,130
<sup>B</sup> Na	1,882	1,854	1,821	1,803	1,711	1,750	1,940	1,881	1,848	1,776
<b>Sum_B</b>	<b>1,994</b>	<b>1,999</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,973</b>	<b>1,951</b>	<b>1,892</b>	<b>1,984</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,000	0,000	0,070	0,022	0,100	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> K	0,002	0,002	0,003	0,003	0,005	0,005	0,002	0,000	0,000	0,005
<b>Sum_A</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,073</b>	<b>0,025</b>	<b>0,105</b>	<b>0,028</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,005</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,001</b>	<b>15,003</b>	<b>15,000</b>	<b>15,006</b>	<b>14,996</b>	<b>15,006</b>	<b>14,977</b>	<b>15,000</b>	<b>14,963</b>	<b>15,002</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Fe-Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana; Fe-Gln: ferro-glaucofana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

## ANFIBOL

Bustamante (2008)

Jambaló

## Muestra 124J

wt%	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
SiO <sub>2</sub>	56,900	56,590	55,110	55,000	56,510	56,160	56,400	56,300	56,710	56,770	56,390	56,990	56,840	57,560	56,330	58,030	55,400	56,770
TiO <sub>2</sub>	0,060	0,100	0,190	0,330	0,000	0,040	0,140	0,040	0,020	0,040	0,000	0,000	0,100	0,040	0,020	0,040	0,000	0,080
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,530	11,080	10,050	9,750	11,680	12,710	11,590	11,920	12,120	10,620	12,470	11,590	11,960	12,330	11,700	12,640	12,120	11,140
FeO	12,170	14,290	16,020	16,000	12,910	12,410	12,880	13,420	13,730	15,430	13,290	15,030	14,150	11,960	14,000	12,420	12,180	13,510
MnO	0,220	0,210	0,250	0,270	0,280	0,200	0,230	0,360	0,250	0,220	0,260	0,210	0,330	0,220	0,230	0,210	0,310	0,200
MgO	8,480	8,240	8,350	8,350	8,640	8,190	8,730	8,450	8,070	7,770	8,150	7,670	8,300	8,500	8,100	8,570	8,290	8,530
CaO	0,550	0,540	0,840	0,920	0,790	0,650	0,570	0,950	0,470	0,430	0,550	0,390	0,790	0,440	0,510	0,230	0,550	0,880
Na <sub>2</sub> O	7,090	6,940	6,790	6,670	6,860	7,100	7,010	6,910	7,060	7,100	7,160	6,970	7,090	6,950	7,050	7,270	7,020	6,820
K <sub>2</sub> O	0,000	0,030	0,030	0,020	0,020	0,000	0,030	0,010	0,030	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>98,000</b>	<b>98,020</b>	<b>97,630</b>	<b>97,310</b>	<b>97,690</b>	<b>97,460</b>	<b>97,580</b>	<b>98,360</b>	<b>98,460</b>	<b>98,390</b>	<b>98,270</b>	<b>98,860</b>	<b>99,560</b>	<b>98,000</b>	<b>97,950</b>	<b>99,410</b>	<b>95,880</b>	<b>97,940</b>
Si	7,843	7,876	7,771	7,788	7,848	7,788	7,837	7,787	7,834	7,906	7,789	7,882	7,782	7,925	7,832	7,880	7,807	7,885
Al <sup>IV</sup>	0,157	0,124	0,229	0,212	0,152	0,212	0,163	0,213	0,166	0,094	0,211	0,118	0,218	0,075	0,168	0,120	0,193	0,115
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,006	0,010	0,020	0,035	0,000	0,004	0,015	0,004	0,002	0,004	0,000	0,000	0,010	0,004	0,002	0,004	0,000	0,008
Al <sup>VI</sup>	1,879	1,693	1,441	1,415	1,760	1,865	1,735	1,730	1,807	1,649	1,819	1,771	1,712	1,926	1,749	1,903	1,819	1,709
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,097	0,167	0,360	0,334	0,142	0,185	0,170	0,197	0,145	0,213	0,187	0,129	0,221	0,000	0,189	0,074	0,221	0,135
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,276	1,419	1,423	1,454	1,309	1,252	1,272	1,327	1,384	1,522	1,316	1,518	1,362	1,325	1,381	1,284	1,214	1,381
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	1,743	1,710	1,755	1,763	1,789	1,693	1,808	1,742	1,662	1,613	1,678	1,581	1,694	1,745	1,679	1,735	1,741	1,766
<b>Sum_C</b>	<b>5,001</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,995</b>	<b>4,999</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,030	0,077	0,106	0,107	0,049	0,002	0,055	0,029	0,058	0,063	0,032	0,091	0,037	0,052	0,058	0,053	0,000	0,053
<sup>B</sup> Mn	0,026	0,025	0,030	0,032	0,033	0,023	0,027	0,042	0,029	0,026	0,030	0,025	0,038	0,026	0,027	0,024	0,033	0,024
<sup>B</sup> Ca	0,081	0,081	0,127	0,140	0,118	0,097	0,085	0,141	0,070	0,064	0,081	0,058	0,116	0,065	0,076	0,033	0,083	0,131
<sup>B</sup> Na	1,863	1,818	1,737	1,721	1,801	1,878	1,833	1,788	1,843	1,847	1,856	1,827	1,809	1,855	1,838	1,890	1,884	1,792
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>1,998</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,032	0,055	0,119	0,110	0,047	0,031	0,056	0,065	0,048	0,070	0,061	0,042	0,073	0,000	0,062	0,024	0,034	0,044
<sup>A</sup> K	0,000	0,005	0,005	0,004	0,004	0,000	0,005	0,002	0,005	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,002
<b>Sum_A</b>	<b>0,032</b>	<b>0,060</b>	<b>0,124</b>	<b>0,114</b>	<b>0,051</b>	<b>0,031</b>	<b>0,061</b>	<b>0,067</b>	<b>0,053</b>	<b>0,072</b>	<b>0,061</b>	<b>0,044</b>	<b>0,073</b>	<b>0,000</b>	<b>0,064</b>	<b>0,024</b>	<b>0,036</b>	<b>0,046</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,033</b>	<b>15,060</b>	<b>15,123</b>	<b>15,115</b>	<b>15,052</b>	<b>15,030</b>	<b>15,061</b>	<b>15,067</b>	<b>15,053</b>	<b>15,073</b>	<b>15,060</b>	<b>15,044</b>	<b>15,072</b>	<b>14,998</b>	<b>15,063</b>	<b>15,024</b>	<b>15,031</b>	<b>15,045</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucófana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

ANFIBOL																			
Bustamante (2008)																			
Jambaló																			
Muestra 125M																			
wt%	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	
SiO <sub>2</sub>	55,770	56,600	57,140	58,440	58,040	57,810	55,470	54,760	55,990	54,970	55,460	56,500	56,820	56,320	55,490	55,840	54,760	58,720	
TiO <sub>2</sub>	0,140	0,100	0,060	0,160	0,000	0,000	0,060	0,150	0,000	2,580	0,190	0,170	0,020	0,100	0,000	0,000	3,350	0,060	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,170	9,500	9,710	11,150	11,020	11,170	5,760	9,350	9,340	6,400	8,540	9,470	9,530	8,460	8,730	9,160	9,440	11,560	
FeO	14,420	14,510	13,580	11,370	10,850	10,570	14,690	14,670	13,840	9,670	16,110	15,070	14,520	16,450	15,680	14,990	13,600	9,800	
MnO	0,240	0,200	0,230	0,240	0,210	0,280	0,290	0,200	0,240	0,180	0,170	0,160	0,150	0,150	0,220	0,210	0,190	0,220	
MgO	9,270	9,290	9,570	9,910	10,470	10,260	12,020	9,020	9,530	11,580	9,000	8,990	9,530	8,890	8,960	9,030	9,430	10,580	
CaO	1,020	0,660	0,650	0,390	0,190	0,410	4,960	0,920	0,970	7,330	0,660	0,580	0,530	0,590	0,750	0,860	0,700	0,240	
Na <sub>2</sub> O	6,890	6,860	6,970	6,960	7,350	7,210	4,640	6,710	6,470	3,890	6,990	6,830	6,890	6,910	6,750	6,680	6,620	7,050	
K <sub>2</sub> O	0,010	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,050	0,020	0,010	0,060	0,000	0,010	0,000	0,020	0,010	0,010	0,020	0,000	
<b>Total</b>	<b>97,930</b>	<b>97,740</b>	<b>97,930</b>	<b>98,620</b>	<b>98,130</b>	<b>97,710</b>	<b>97,940</b>	<b>95,800</b>	<b>96,390</b>	<b>96,660</b>	<b>97,120</b>	<b>97,780</b>	<b>97,990</b>	<b>97,890</b>	<b>96,590</b>	<b>96,780</b>	<b>98,110</b>	<b>98,230</b>	
Si	7,759	7,906	7,931	7,970	7,924	7,927	7,815	7,827	7,920	7,790	7,829	7,908	7,907	7,921	7,892	7,903	7,657	7,977	
Al <sup>IV</sup>	0,241	0,094	0,069	0,030	0,076	0,073	0,185	0,173	0,080	0,210	0,171	0,092	0,093	0,079	0,108	0,097	0,343	0,023	
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	
<sup>C</sup> Ti	0,015	0,011	0,006	0,016	0,000	0,000	0,006	0,016	0,000	0,275	0,020	0,018	0,002	0,011	0,000	0,000	0,352	0,006	
Al <sup>VI</sup>	1,426	1,470	1,519	1,762	1,697	1,732	0,772	1,402	1,477	0,859	1,250	1,470	1,470	1,323	1,355	1,431	1,213	1,828	
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,483	0,275	0,247	0,046	0,196	0,156	0,491	0,358	0,226	0,000	0,596	0,264	0,288	0,371	0,368	0,299	0,131	0,024	
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,154	1,310	1,248	1,161	0,976	1,015	1,207	1,302	1,287	1,146	1,240	1,372	1,263	1,432	1,377	1,364	1,338	0,999	
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<sup>C</sup> Mg	1,923	1,935	1,980	2,015	2,131	2,097	2,525	1,922	2,010	2,446	1,894	1,876	1,977	1,864	1,900	1,905	1,966	2,143	
<b>Sum_C</b>	<b>5,001</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,748</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,001</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,041	0,110	0,082	0,090	0,067	0,041	0,033	0,094	0,124	0,000	0,066	0,128	0,139	0,132	0,120	0,110	0,121	0,091	
<sup>B</sup> Mn	0,028	0,024	0,027	0,028	0,024	0,033	0,035	0,024	0,029	0,000	0,020	0,019	0,018	0,018	0,027	0,025	0,023	0,025	
<sup>B</sup> Ca	0,152	0,099	0,097	0,057	0,028	0,060	0,749	0,141	0,147	1,113	0,100	0,087	0,079	0,089	0,114	0,130	0,105	0,035	
<sup>B</sup> Na	1,779	1,767	1,794	1,825	1,881	1,866	1,183	1,741	1,700	0,887	1,814	1,766	1,764	1,761	1,739	1,734	1,752	1,849	
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<sup>A</sup> Na	0,080	0,091	0,081	0,015	0,064	0,051	0,084	0,118	0,075	0,182	0,099	0,087	0,095	0,123	0,122	0,099	0,043	0,008	
<sup>A</sup> K	0,002	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,004	0,002	0,011	0,000	0,002	0,000	0,004	0,002	0,002	0,004	0,000	
<b>Sum_A</b>	<b>0,082</b>	<b>0,095</b>	<b>0,085</b>	<b>0,015</b>	<b>0,064</b>	<b>0,051</b>	<b>0,093</b>	<b>0,122</b>	<b>0,077</b>	<b>0,193</b>	<b>0,099</b>	<b>0,089</b>	<b>0,095</b>	<b>0,127</b>	<b>0,124</b>	<b>0,101</b>	<b>0,047</b>	<b>0,008</b>	
<b>Cationes totales</b>	<b>15,083</b>	<b>15,096</b>	<b>15,085</b>	<b>15,015</b>	<b>15,064</b>	<b>15,051</b>	<b>15,094</b>	<b>15,122</b>	<b>15,077</b>	<b>14,941</b>	<b>15,099</b>	<b>15,089</b>	<b>15,095</b>	<b>15,128</b>	<b>15,124</b>	<b>15,099</b>	<b>15,048</b>	<b>15,008</b>	
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na-Ca	Na	Na	Na-Ca	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Wnc	Gln	Gln	Wnc	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Ti-Gln	Gln	

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana; Ti-Gln: titano-glaucofana; Wnc: winchita. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

## ANFIBOL

Bustamante (2008)

Jambaló

## Muestra 129A

wt%	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
SiO <sub>2</sub>	55,790	55,650	54,460	56,160	55,270	55,400	55,000	56,660	56,250	56,180	55,530	56,610	55,260	57,290	56,780	55,930	54,600	55,960
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,040	0,040	0,130	0,150	0,000	0,170	0,060	0,190	0,120	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,060	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,480	12,170	12,680	12,270	10,420	12,430	10,310	12,370	12,500	12,660	12,280	10,910	8,930	10,950	12,500	12,810	8,750	12,730
FeO	17,300	13,940	14,650	13,710	14,980	14,260	15,950	13,950	14,050	13,890	14,200	14,580	18,540	12,940	13,600	13,380	18,510	14,100
MnO	0,060	0,040	0,070	0,050	0,100	0,020	0,040	0,000	0,020	0,030	0,040	0,040	0,000	0,000	0,050	0,030	0,060	0,040
MgO	7,920	7,610	7,690	7,840	8,750	7,600	8,290	7,880	7,720	7,630	7,580	8,150	6,770	9,000	7,900	8,190	7,100	7,600
CaO	0,160	0,660	1,070	0,270	0,510	0,620	0,650	0,230	0,460	0,670	0,570	0,120	0,170	0,080	0,240	0,320	0,400	0,570
Na <sub>2</sub> O	7,110	6,970	6,890	7,310	7,030	7,100	6,940	7,040	7,190	7,080	7,050	7,170	7,110	7,380	7,410	4,470	7,230	7,030
K <sub>2</sub> O	0,000	0,020	0,040	0,010	0,040	0,030	0,010	0,110	0,050	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,780	0,020	0,020
<b>Total</b>	<b>96,820</b>	<b>97,100</b>	<b>97,590</b>	<b>97,750</b>	<b>97,250</b>	<b>97,460</b>	<b>97,360</b>	<b>98,300</b>	<b>98,430</b>	<b>98,270</b>	<b>97,320</b>	<b>97,590</b>	<b>96,780</b>	<b>97,650</b>	<b>98,490</b>	<b>95,970</b>	<b>96,730</b>	<b>98,110</b>
Si	7,890	7,807	7,640	7,795	7,774	7,753	7,762	7,842	7,781	7,781	7,778	7,906	7,931	7,931	7,824	7,883	7,863	7,769
Al <sup>IV</sup>	0,110	0,193	0,360	0,205	0,226	0,247	0,238	0,158	0,219	0,219	0,222	0,094	0,069	0,069	0,176	0,117	0,137	0,231
<b>Sum_T</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<sup>C</sup> Ti	0,000	0,004	0,004	0,014	0,016	0,000	0,018	0,006	0,020	0,013	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,007	0,006
Al <sup>VI</sup>	1,303	1,820	1,736	1,802	1,501	1,803	1,477	1,860	1,819	1,848	1,805	1,702	1,442	1,717	1,853	2,010	1,348	1,852
<sup>C</sup> Fe <sup>3+</sup>	0,756	0,155	0,263	0,255	0,363	0,208	0,374	0,093	0,169	0,148	0,191	0,200	0,364	0,199	0,173	0,000	0,400	0,154
<sup>C</sup> Fe <sup>2+</sup>	1,271	1,429	1,389	1,307	1,285	1,404	1,387	1,414	1,400	1,416	1,414	1,401	1,745	1,226	1,351	1,263	1,721	1,415
<sup>C</sup> Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>C</sup> Mg	1,670	1,592	1,608	1,622	1,835	1,585	1,744	1,626	1,592	1,575	1,583	1,697	1,449	1,857	1,623	1,721	1,524	1,573
<b>Sum_C</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>	<b>5,000</b>
<sup>B</sup> Fe <sup>2+</sup>	0,019	0,051	0,067	0,030	0,114	0,057	0,122	0,107	0,056	0,044	0,058	0,102	0,116	0,073	0,043	0,314	0,108	0,069
<sup>B</sup> Mn	0,007	0,005	0,008	0,006	0,012	0,002	0,005	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,000	0,000	0,006	0,004	0,007	0,005
<sup>B</sup> Ca	0,024	0,099	0,161	0,040	0,077	0,093	0,098	0,034	0,068	0,099	0,086	0,018	0,026	0,012	0,035	0,048	0,062	0,085
<sup>B</sup> Na	1,950	1,845	1,764	1,924	1,797	1,848	1,775	1,859	1,873	1,853	1,852	1,876	1,858	1,915	1,915	1,221	1,823	1,842
<b>Sum_B</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>	<b>2,001</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>	<b>1,587</b>	<b>2,000</b>	<b>2,001</b>
<sup>A</sup> Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<sup>A</sup> Na	0,000	0,051	0,110	0,043	0,120	0,079	0,124	0,031	0,055	0,049	0,063	0,066	0,121	0,066	0,064	0,000	0,196	0,050
<sup>A</sup> K	0,000	0,004	0,007	0,002	0,007	0,005	0,002	0,019	0,009	0,002	0,002	0,002	0,000	0,002	0,002	0,140	0,004	0,004
<b>Sum_A</b>	<b>0,000</b>	<b>0,055</b>	<b>0,117</b>	<b>0,045</b>	<b>0,127</b>	<b>0,084</b>	<b>0,126</b>	<b>0,050</b>	<b>0,064</b>	<b>0,051</b>	<b>0,065</b>	<b>0,068</b>	<b>0,121</b>	<b>0,068</b>	<b>0,066</b>	<b>0,140</b>	<b>0,200</b>	<b>0,054</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>15,000</b>	<b>15,055</b>	<b>15,117</b>	<b>15,045</b>	<b>15,127</b>	<b>15,084</b>	<b>15,126</b>	<b>15,049</b>	<b>15,063</b>	<b>15,051</b>	<b>15,065</b>	<b>15,069</b>	<b>15,121</b>	<b>15,067</b>	<b>15,065</b>	<b>14,727</b>	<b>15,200</b>	<b>15,055</b>
Grupo	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl	OH,F,Cl
Subgrupo	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
Especie	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Fe-Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln

Fórmula estructural basada en 24 oxígenos.

Gln: glaucofana; Fe-Gln: ferro-glaucofana. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

<b>CLORITA</b>																
<i>Bustamante (2008)</i>																
Jambaló																
<b>Muestra 118</b>																
wt%	456	457	458	459	460	461	462	463	479	480	481	482	483	484	485	486
SiO <sub>2</sub>	26,100	26,850	26,350	26,560	26,710	26,640	26,590	26,090	26,220	25,810	26,400	26,600	26,090	26,670	26,190	26,500
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,060	0,000	0,000	0,240	0,080	0,020	0,000	0,080	0,000	0,020	0,020	0,090	0,020	0,060	0,000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,130	20,470	20,100	20,540	20,570	20,420	20,520	20,640	20,530	20,040	20,720	20,400	20,370	20,590	20,210	20,540
FeO	22,790	23,280	23,770	23,610	22,980	23,790	24,300	23,950	23,500	25,430	23,310	23,150	23,000	22,940	26,400	24,220
MnO	0,090	0,250	0,240	0,180	0,190	0,250	0,290	0,240	0,200	0,340	0,230	0,200	0,160	0,210	0,430	0,290
MgO	17,310	16,770	16,380	16,720	16,690	15,900	16,190	15,740	16,580	15,590	15,620	16,780	16,720	16,620	15,350	16,040
CaO	0,010	0,000	0,010	0,000	0,050	0,010	0,040	0,050	0,040	0,030	0,030	0,030	0,050	0,050	0,020	0,020
Na <sub>2</sub> O	0,020	0,020	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030	0,010	0,000
K <sub>2</sub> O	0,020	0,000	0,010	0,020	0,000	0,030	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	86,470	87,700	86,880	87,630	87,440	87,120	87,980	86,730	87,170	87,250	86,340	87,200	86,490	87,140	88,680	87,620
Si	2,752	2,804	2,785	2,778	2,798	2,815	2,782	2,770	2,757	2,738	2,813	2,792	2,760	2,801	2,744	2,785
Al <sup>IV</sup>	1,248	1,196	1,215	1,222	1,202	1,185	1,218	1,230	1,243	1,262	1,187	1,208	1,240	1,199	1,256	1,215
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	1,254	1,324	1,289	1,310	1,337	1,359	1,313	1,352	1,302	1,243	1,415	1,315	1,299	1,350	1,240	1,329
Ti	0,000	0,005	0,000	0,000	0,019	0,006	0,002	0,000	0,006	0,000	0,002	0,002	0,007	0,002	0,005	0,000
Fe <sup>3+</sup>	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000
Fe <sup>2+</sup>	2,008	2,034	2,101	2,065	2,013	2,103	2,126	2,126	2,067	2,236	2,077	2,032	2,035	2,015	2,304	2,129
Mn	0,008	0,022	0,021	0,016	0,017	0,022	0,026	0,022	0,018	0,031	0,021	0,018	0,014	0,019	0,038	0,026
Mg	2,721	2,611	2,581	2,607	2,606	2,505	2,525	2,491	2,599	2,465	2,481	2,626	2,637	2,602	2,398	2,513
Ca	0,001	0,000	0,001	0,000	0,006	0,001	0,004	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,006	0,006	0,002	0,002
Na	0,004	0,004	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,004	0,002	0,006	0,002	0,000
K	0,003	0,000	0,001	0,003	0,000	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
<b>Cationes totales</b>	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

*Fórmula estructural basada en 10 cationes.*

CLORITA													
Bustamante (2008)													
Jambaló													
wt%	Muestra 123A						Muestra 124D						
	235	236	237	238	239	240	551	552	553	554	555	556	557
SiO <sub>2</sub>	26,030	27,080	26,790	26,780	26,120	26,290	28,080	27,600	27,680	27,520	27,460	27,650	27,550
TiO <sub>2</sub>	0,080	0,040	0,000	0,040	0,040	0,040	0,020	0,080	0,050	0,050	0,040	0,010	0,030
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,580	19,480	19,710	20,040	20,410	20,410	19,640	19,390	19,700	20,100	20,090	19,830	19,150
FeO	19,300	18,770	19,560	19,340	19,530	19,550	22,000	21,840	21,860	21,340	21,220	21,160	21,450
MnO	0,230	0,200	0,140	0,140	0,160	0,190	0,300	0,350	0,310	0,300	0,350	0,360	0,350
MgO	19,490	19,680	19,150	19,650	19,680	19,170	18,780	18,000	18,570	18,000	17,910	18,650	18,090
CaO	0,010	0,010	0,030	0,020	0,020	0,000	0,040	0,030	0,020	0,010	0,030	0,040	0,040
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,020	0,010	0,030	0,020	0,020	0,720	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,220
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000
<b>Total</b>	84,720	85,280	85,400	86,060	85,990	85,720	89,580	87,290	88,190	87,330	87,110	87,710	86,880
Si	2,753	2,841	2,817	2,786	2,718	2,751	2,827	2,877	2,848	2,861	2,862	2,854	2,875
Al <sup>IV</sup>	1,247	1,159	1,183	1,214	1,282	1,249	1,173	1,123	1,152	1,139	1,138	1,146	1,125
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	1,193	1,249	1,259	1,243	1,222	1,268	1,157	1,259	1,237	1,323	1,329	1,266	1,231
Ti	0,006	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,002	0,006	0,004	0,004	0,003	0,001	0,002
Fe <sup>3+</sup>	0,042	0,000	0,000	0,000	0,059	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	1,665	1,647	1,720	1,683	1,641	1,711	1,699	1,904	1,881	1,855	1,849	1,826	1,872
Mn	0,021	0,018	0,012	0,012	0,014	0,017	0,026	0,031	0,027	0,026	0,031	0,031	0,031
Mg	3,072	3,078	3,002	3,048	3,053	2,990	2,819	2,797	2,849	2,789	2,782	2,870	2,815
Ca	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,000	0,004	0,003	0,002	0,001	0,003	0,004	0,004
Na	0,000	0,004	0,002	0,006	0,004	0,004	0,141	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,045
K	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,007	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
<b>Cationes totales</b>	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

*Fórmula estructural basada en 10 cationes.*

CLORITA											
Bustamante (2008)											
Jambaló											
wt%	Muestra 124F						Muestra 124G				
	269	270	271	272	273	274	359	360	361	362	363
SiO <sub>2</sub>	25,560	26,530	26,860	26,380	26,740	26,150	26,370	25,970	26,320	26,480	26,500
TiO <sub>2</sub>	0,040	0,040	0,050	0,050	0,020	0,040	0,060	0,060	0,030	0,070	0,050
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,290	20,830	20,420	20,450	20,800	21,400	20,100	20,690	20,850	20,680	20,910
FeO	24,210	24,400	24,310	24,860	24,890	25,200	25,570	25,720	26,000	25,690	25,560
MnO	0,270	0,220	0,250	0,220	0,270	0,300	0,270	0,270	0,290	0,350	0,320
MgO	16,420	16,250	16,670	16,340	16,090	15,920	15,930	15,990	5,400	15,950	16,300
CaO	0,000	0,000	0,030	0,040	0,010	0,040	0,010	0,000	0,020	0,020	0,000
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,030	0,000	0,000	0,020	0,040
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000
<b>Total</b>	<b>86,790</b>	<b>88,280</b>	<b>88,590</b>	<b>88,350</b>	<b>88,830</b>	<b>89,050</b>	<b>88,340</b>	<b>88,700</b>	<b>78,910</b>	<b>89,280</b>	<b>89,680</b>
Si	2,706	2,765	2,787	2,750	2,776	2,710	2,760	2,706	3,250	2,743	2,726
Al <sup>IV</sup>	1,294	1,235	1,213	1,250	1,224	1,290	1,240	1,294	0,750	1,257	1,274
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,238	1,324	1,283	1,263	1,321	1,323	1,240	1,247	2,285	1,267	1,261
Ti	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002	0,003	0,005	0,005	0,003	0,005	0,004
Fe <sup>3+</sup>	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,013
Fe <sup>2+</sup>	2,093	2,127	2,109	2,168	2,161	2,184	2,238	2,203	2,685	2,225	2,186
Mn	0,024	0,019	0,022	0,019	0,024	0,026	0,024	0,024	0,030	0,031	0,028
Mg	2,591	2,525	2,578	2,540	2,490	2,459	2,486	2,484	0,994	2,463	2,500
Ca	0,000	0,000	0,003	0,004	0,001	0,004	0,001	0,000	0,003	0,002	0,000
Na	0,000	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,006	0,000	0,000	0,004	0,008
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

*Fórmula estructural basada en 10 cationes.*



CLORITA								
Bustamante (2008)								
Jambaló								
Muestra 124H								
wt%	2	7	8	91	92	94	95	96
SiO <sub>2</sub>	26,110	26,950	29,490	27,080	27,310	29,270	29,840	27,390
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,020	0,010	0,020	0,020	0,040	0,040	0,040
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,270	20,530	21,050	20,300	21,010	19,500	19,170	19,800
FeO	26,180	27,430	23,700	24,950	24,950	23,890	23,680	25,250
MnO	0,420	0,370	0,310	0,400	0,370	0,380	0,290	0,370
MgO	14,790	14,430	12,170	15,640	16,110	14,070	13,620	14,680
CaO	0,030	0,060	0,160	0,050	0,030	0,520	0,540	0,120
Na <sub>2</sub> O	0,010	0,020	0,040	0,000	0,010	0,090	0,080	0,020
K <sub>2</sub> O	0,020	0,040	0,360	0,020	0,000	0,140	0,160	0,070
<b>Total</b>	<b>87,830</b>	<b>89,850</b>	<b>87,290</b>	<b>88,460</b>	<b>89,810</b>	<b>87,900</b>	<b>87,420</b>	<b>87,740</b>
Si	2,767	2,805	3,163	2,832	2,806	3,098	3,183	2,904
Al <sup>IV</sup>	1,233	1,195	0,837	1,168	1,194	0,902	0,817	1,096
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,298	1,323	1,824	1,334	1,350	1,531	1,593	1,378
Ti	0,000	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	2,320	2,388	2,126	2,182	2,144	2,115	2,112	2,239
Mn	0,038	0,033	0,028	0,035	0,032	0,034	0,026	0,033
Mg	2,336	2,239	1,946	2,438	2,467	2,220	2,166	2,320
Ca	0,003	0,007	0,018	0,006	0,003	0,059	0,062	0,014
Na	0,002	0,004	0,008	0,000	0,002	0,018	0,017	0,004
K	0,003	0,005	0,049	0,003	0,000	0,019	0,022	0,009
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

*Fórmula estrutural basada en 10 cationes.*

CLORITA																		
Bustamante (2008)																		
Jambaló																		
Muestra 124I																		
wt%	101	102	103	116	125	126	128	143	145	149	19	21	22	23	24	25	26	5
SiO <sub>2</sub>	28,100	25,810	25,350	25,280	25,430	25,610	25,610	26,060	26,680	26,530	26,070	26,050	25,920	25,910	26,140	26,170	25,690	25,810
TiO <sub>2</sub>	0,070	0,050	0,060	0,020	0,020	0,040	0,020	0,030	0,080	0,060	0,030	0,030	0,040	0,040	0,020	0,040	0,040	0,020
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,700	19,880	20,490	20,090	20,090	20,130	20,140	19,491	19,360	18,770	19,800	20,870	20,000	20,000	20,420	19,950	20,170	19,870
FeO	29,390	29,490	29,230	28,840	29,440	28,390	29,610	30,230	29,220	30,180	29,980	28,880	30,320	29,600	30,110	29,790	29,970	30,230
MnO	0,260	0,220	0,210	0,270	0,260	0,280	0,220	0,330	0,310	0,310	0,290	0,270	0,290	0,230	0,280	0,310	0,230	0,230
MgO	9,110	13,170	12,970	12,800	12,530	12,920	12,840	12,080	12,590	12,990	12,300	12,980	12,610	13,020	12,690	12,150	12,760	11,900
CaO	0,490	0,030	0,000	0,030	0,030	0,020	0,010	0,060	0,170	0,060	0,040	0,040	0,050	0,040	0,010	0,050	0,020	0,050
Na <sub>2</sub> O	0,100	0,000	0,000	0,030	0,000	0,020	0,000	0,010	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020	0,020	0,000	0,030	0,020	0,000
K <sub>2</sub> O	1,240	0,000	0,000	0,060	0,010	0,010	0,020	0,040	0,110	0,050	0,030	0,000	0,010	0,020	0,000	0,060	0,010	0,040
<b>Total</b>	<b>87,460</b>	<b>88,650</b>	<b>88,310</b>	<b>87,420</b>	<b>87,810</b>	<b>87,420</b>	<b>88,470</b>	<b>88,331</b>	<b>88,530</b>	<b>88,960</b>	<b>88,560</b>	<b>89,140</b>	<b>89,260</b>	<b>88,880</b>	<b>89,670</b>	<b>88,550</b>	<b>88,910</b>	<b>88,150</b>
Si	3,092	2,752	2,711	2,731	2,744	2,763	2,739	2,809	2,858	2,831	2,797	2,757	2,757	2,757	2,764	2,808	2,737	2,788
Al <sup>IV</sup>	0,908	1,248	1,289	1,269	1,256	1,237	1,261	1,191	1,142	1,169	1,203	1,243	1,243	1,243	1,236	1,192	1,263	1,212
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,518	1,250	1,294	1,289	1,298	1,323	1,278	1,286	1,301	1,192	1,301	1,360	1,263	1,265	1,309	1,331	1,271	1,318
Ti	0,006	0,004	0,005	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,006	0,005	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	2,705	2,630	2,614	2,606	2,656	2,562	2,649	2,726	2,617	2,693	2,690	2,556	2,697	2,634	2,663	2,673	2,671	2,731
Mn	0,024	0,020	0,019	0,025	0,024	0,026	0,020	0,030	0,028	0,028	0,026	0,024	0,026	0,021	0,025	0,028	0,021	0,021
Mg	1,494	2,093	2,068	2,061	2,015	2,078	2,047	1,941	2,010	2,066	1,967	2,048	1,999	2,065	2,000	1,944	2,027	1,917
Ca	0,058	0,003	0,000	0,003	0,003	0,002	0,001	0,007	0,020	0,007	0,005	0,005	0,006	0,005	0,001	0,006	0,002	0,006
Na	0,021	0,000	0,000	0,006	0,000	0,004	0,000	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000	0,006	0,004	0,000
K	0,174	0,000	0,000	0,008	0,001	0,001	0,003	0,006	0,015	0,007	0,004	0,000	0,001	0,003	0,000	0,008	0,001	0,006
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

Fórmula estructural basada en 10 cationes.

CLORITA																	
Bustamante (2008)																	
Jambaló																	
Muestra 124J																	
wt%	122	123	124	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233
SiO <sub>2</sub>	25,910	25,710	25,850	25,780	25,840	25,700	25,630	25,700	25,830	25,670	25,870	26,020	26,480	26,070	25,870	25,930	25,780
TiO <sub>2</sub>	0,020	0,000	0,000	0,110	0,080	0,080	0,070	0,190	0,060	0,000	0,040	0,090	0,000	0,080	0,060	0,060	0,150
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,080	19,770	19,570	19,830	19,720	19,830	19,710	19,760	19,540	19,870	20,240	20,020	20,040	19,860	20,210	19,640	19,990
FeO	25,300	24,340	24,680	25,110	25,000	24,880	24,620	24,600	24,760	24,650	23,870	24,560	22,990	24,100	24,260	24,570	24,830
MnO	0,320	0,290	0,350	0,370	0,340	0,360	0,370	0,350	0,330	0,340	0,350	0,250	0,300	0,300	0,320	0,300	0,300
MgO	16,160	16,250	16,460	16,000	16,320	16,570	16,460	16,420	16,200	16,400	16,400	16,340	15,840	16,240	16,530	16,350	16,440
CaO	0,010	0,030	0,010	0,020	0,020	0,010	0,020	0,010	0,020	0,010	0,010	0,040	0,050	0,000	0,000	0,050	0,020
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,020	0,030	0,000	0,020	0,040	0,000	0,020	0,000	0,010	0,010	0,030	0,500	0,000	0,010	0,030	0,010
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010
<b>Total</b>	<b>87,800</b>	<b>86,410</b>	<b>86,960</b>	<b>87,230</b>	<b>87,340</b>	<b>87,470</b>	<b>86,880</b>	<b>87,060</b>	<b>86,760</b>	<b>86,960</b>	<b>86,800</b>	<b>87,350</b>	<b>86,200</b>	<b>86,660</b>	<b>87,260</b>	<b>86,930</b>	<b>87,530</b>
Si	2,724	2,738	2,736	2,730	2,728	2,704	2,716	2,718	2,745	2,717	2,737	2,742	2,811	2,768	2,724	2,747	2,713
Al <sup>IV</sup>	1,276	1,262	1,264	1,270	1,272	1,296	1,284	1,282	1,255	1,283	1,263	1,258	1,189	1,232	1,276	1,253	1,287
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,212	1,219	1,178	1,205	1,181	1,164	1,177	1,182	1,193	1,195	1,262	1,228	1,317	1,254	1,233	1,198	1,192
Ti	0,002	0,000	0,000	0,009	0,006	0,006	0,006	0,015	0,005	0,000	0,003	0,007	0,000	0,006	0,005	0,005	0,012
Fe <sup>3+</sup>	0,061	0,047	0,093	0,049	0,082	0,128	0,096	0,075	0,055	0,091	0,000	0,021	0,000	0,000	0,035	0,052	0,075
Fe <sup>2+</sup>	2,163	2,120	2,091	2,175	2,125	2,062	2,086	2,101	2,146	2,091	2,112	2,143	2,041	2,140	2,101	2,125	2,110
Mn	0,028	0,026	0,031	0,033	0,030	0,032	0,033	0,031	0,030	0,030	0,031	0,022	0,027	0,027	0,029	0,027	0,027
Mg	2,533	2,580	2,597	2,526	2,568	2,599	2,600	2,589	2,567	2,588	2,587	2,567	2,506	2,571	2,595	2,582	2,579
Ca	0,001	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,005	0,006	0,000	0,000	0,006	0,002
Na	0,000	0,004	0,006	0,000	0,004	0,008	0,000	0,004	0,000	0,002	0,002	0,006	0,103	0,000	0,002	0,006	0,002
K	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>

Fórmula estructural basada en 10 cationes.

CLORITA																	
Bustamante (2008)																	
Jambaló																	
wt%	Muestra 125D							Muestra 125H									
	259	260	261	262	263	264	265	131	132	133	134	135	76	78	80	82	
SiO <sub>2</sub>	26,800	27,280	26,640	26,380	26,680	27,340	27,160	25,940	25,330	25,260	25,190	24,930	25,330	25,640	25,380	25,210	
TiO <sub>2</sub>	0,050	0,040	0,040	0,050	0,010	0,050	0,020	0,060	0,070	0,050	0,050	0,040	0,070	0,040	0,060	0,050	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,480	21,000	20,510	20,620	20,960	21,260	20,610	20,390	20,780	20,330	20,690	20,450	20,830	20,120	19,980	20,470	
FeO	24,790	23,440	24,000	24,990	24,580	21,180	24,410	30,870	32,050	32,150	31,350	33,200	32,230	32,090	32,390	33,310	
MnO	0,270	0,230	0,260	0,280	0,220	0,310	0,270	0,230	0,270	0,330	0,280	0,320	0,250	0,290	0,200	0,420	
MgO	16,350	16,320	16,840	15,930	16,330	18,000	17,920	10,680	10,540	10,620	10,570	9,250	10,110	9,480	10,210	8,670	
CaO	0,040	0,120	0,050	0,090	0,080	0,080	0,100	0,040	0,030	0,030	0,030	0,080	0,020	0,130	0,010	0,050	
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,920	0,000	0,140	0,000	0,150	0,000	0,000	0,580	0,000	1,520	0,000	0,020	0,000	0,000	0,010	
K <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,010	0,000	0,030	0,000	0,000	0,010	0,020	0,040	0,030	0,010	0,010	
<b>Total</b>	<b>88,780</b>	<b>89,350</b>	<b>88,340</b>	<b>88,500</b>	<b>88,870</b>	<b>88,380</b>	<b>90,490</b>	<b>88,240</b>	<b>89,650</b>	<b>88,770</b>	<b>89,690</b>	<b>88,290</b>	<b>88,900</b>	<b>87,820</b>	<b>88,240</b>	<b>88,200</b>	
Si	2,781	2,781	2,767	2,748	2,763	2,800	2,745	2,819	2,701	2,737	2,657	2,740	2,745	2,825	2,775	2,783	
Al <sup>IV</sup>	1,219	1,219	1,233	1,252	1,237	1,200	1,255	1,181	1,299	1,263	1,343	1,260	1,255	1,175	1,225	1,217	
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	
Al <sup>VI</sup>	1,287	1,304	1,277	1,280	1,320	1,367	1,201	1,430	1,313	1,333	1,228	1,388	1,405	1,437	1,349	1,446	
Ti	0,004	0,003	0,003	0,004	0,001	0,004	0,002	0,005	0,006	0,004	0,004	0,003	0,006	0,003	0,005	0,004	
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,091	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000	0,095	0,000	0,419	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe <sup>2+</sup>	2,152	1,907	2,084	2,177	2,129	1,814	2,013	2,805	2,764	2,913	2,346	3,051	2,921	2,956	2,961	3,075	
Mn	0,024	0,020	0,023	0,025	0,019	0,027	0,023	0,021	0,024	0,030	0,025	0,030	0,023	0,027	0,019	0,039	
Mg	2,530	2,480	2,607	2,474	2,521	2,748	2,700	1,730	1,676	1,715	1,662	1,515	1,633	1,557	1,664	1,427	
Ca	0,004	0,013	0,006	0,010	0,009	0,009	0,011	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,009	0,002	0,015	0,006	
Na	0,000	0,182	0,000	0,028	0,000	0,030	0,000	0,000	0,120	0,000	0,311	0,000	0,004	0,000	0,000	0,002	
K	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,003	0,006	0,004	0,001	0,001	
<b>Cationes totales</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	

Fórmula estructural basada en 10 cationes.

CLORITA												
Bustamante (2008)												
Jambaló												
wt%	Muestra 125J						Muestra 129A					
	392	393	394	395	396	397	205	206	207	208	209	210
SiO <sub>2</sub>	27,510	26,880	27,240	26,910	26,900	27,000	26,100	25,750	26,010	26,260	25,850	26,040
TiO <sub>2</sub>	0,020	0,050	0,040	0,050	0,010	0,040	0,020	0,000	0,020	0,110	0,020	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,860	20,680	20,960	20,310	20,550	20,710	19,680	19,590	19,480	19,840	19,510	19,990
FeO	22,290	22,160	22,810	22,830	22,360	22,090	22,160	22,060	23,350	22,770	23,190	24,140
MnO	0,220	0,220	0,300	0,420	0,240	0,230	0,070	0,090	0,060	0,080	0,060	0,100
MgO	17,950	18,480	17,830	17,160	17,940	18,300	18,340	17,770	17,400	17,070	17,120	16,980
CaO	0,080	0,030	0,050	0,160	0,040	0,020	0,010	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000
Na <sub>2</sub> O	0,020	0,010	0,000	0,050	0,020	0,030	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K <sub>2</sub> O	0,010	0,000	0,000	0,040	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,020	0,000	0,010
<b>Total</b>	88,960	88,510	89,230	87,930	88,070	88,420	86,430	85,300	86,340	86,150	85,750	87,320
Si	2,812	2,754	2,781	2,796	2,777	2,770	2,737	2,742	2,752	2,784	2,755	2,734
Al <sup>IV</sup>	1,188	1,246	1,219	1,204	1,223	1,230	1,263	1,258	1,248	1,216	1,245	1,266
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	1,325	1,251	1,304	1,284	1,277	1,274	1,170	1,201	1,180	1,264	1,206	1,208
Ti	0,002	0,004	0,003	0,004	0,001	0,003	0,002	0,000	0,002	0,009	0,002	0,005
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,056	0,066	0,000	0,036	0,050
Fe <sup>2+</sup>	1,905	1,899	1,948	1,984	1,930	1,895	1,845	1,908	2,000	2,019	2,031	2,069
Mn	0,019	0,019	0,026	0,037	0,021	0,020	0,006	0,008	0,005	0,007	0,005	0,009
Mg	2,735	2,822	2,714	2,658	2,761	2,799	2,868	2,821	2,744	2,698	2,720	2,658
Ca	0,009	0,003	0,005	0,018	0,004	0,002	0,001	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000
Na	0,004	0,002	0,000	0,010	0,004	0,006	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,001	0,000	0,000	0,005	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,001
<b>Cationes totales</b>	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

Fórmula estructural basada en 10 cationes.

GRANATE																		
Bustamante (2008)																		
Jambaló																		
Muestra 118																		
wt%	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546
SiO <sub>2</sub>	37,870	38,120	37,420	37,400	38,030	37,930	37,930	37,850	37,810	37,630	37,430	37,740	37,800	37,530	37,490	37,810	37,790	37,880
TiO <sub>2</sub>	0,080	0,060	0,230	0,170	0,020	0,080	0,110	0,020	0,000	0,150	0,150	0,090	0,190	0,080	0,020	0,080	0,060	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,840	21,700	21,590	21,650	21,670	21,840	21,540	21,400	21,490	21,590	21,510	21,420	21,370	21,570	21,760	21,750	21,630	21,890
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,030	0,000	0,080	0,040	0,030	0,020	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,040	0,020	0,000	0,040	0,020
FeO	23,670	23,710	21,260	20,760	19,540	18,400	17,460	19,680	19,900	18,720	19,520	19,770	20,280	20,620	21,100	22,940	23,930	23,750
MnO	4,180	5,180	7,610	8,900	9,280	11,030	11,270	11,130	10,900	10,940	10,700	10,710	9,080	8,640	7,810	6,140	4,920	4,180
MgO	1,130	1,080	0,800	0,800	0,740	0,690	0,590	0,720	0,730	0,690	0,680	0,720	0,740	0,790	0,910	1,040	1,120	1,140
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,060	0,000	0,030	0,060	0,120	0,180	0,190	0,120	0,120	0,210	0,110	0,140	0,120	0,110	0,090	0,030	0,060	0,040
CaO	11,280	10,460	11,140	10,060	10,710	10,300	10,920	10,050	9,050	10,250	10,200	9,650	10,040	10,060	10,220	10,170	10,530	11,330
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>100,110</b>	<b>100,340</b>	<b>100,080</b>	<b>99,880</b>	<b>100,150</b>	<b>100,480</b>	<b>100,030</b>	<b>100,970</b>	<b>100,000</b>	<b>100,200</b>	<b>100,300</b>	<b>100,240</b>	<b>99,620</b>	<b>99,440</b>	<b>99,420</b>	<b>99,960</b>	<b>100,080</b>	<b>100,290</b>
Si	3,005	3,025	2,981	2,992	3,028	3,015	3,027	3,002	3,029	3,003	2,986	3,015	3,033	3,014	3,006	3,014	3,007	3,000
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000	0,019	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Z</b>	<b>3,005</b>	<b>3,025</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,028</b>	<b>3,015</b>	<b>3,027</b>	<b>3,002</b>	<b>3,029</b>	<b>3,003</b>	<b>3,000</b>	<b>3,015</b>	<b>3,033</b>	<b>3,014</b>	<b>3,006</b>	<b>3,014</b>	<b>3,007</b>	<b>3,000</b>
Al <sup>VI</sup>	2,043	2,030	2,009	2,033	2,034	2,046	2,026	2,000	2,029	2,031	2,008	2,017	2,021	2,041	2,056	2,044	2,029	2,043
Ti	0,005	0,004	0,014	0,010	0,001	0,005	0,007	0,001	0,000	0,009	0,009	0,005	0,011	0,005	0,001	0,005	0,004	0,004
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,002	0,000	0,005	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,003	0,001
Y	0,003	0,000	0,001	0,003	0,005	0,008	0,008	0,005	0,005	0,009	0,005	0,006	0,005	0,005	0,004	0,001	0,003	0,002
<b>Sum_Y</b>	<b>2,050</b>	<b>2,035</b>	<b>2,024</b>	<b>2,051</b>	<b>2,043</b>	<b>2,060</b>	<b>2,042</b>	<b>2,006</b>	<b>2,034</b>	<b>2,050</b>	<b>2,022</b>	<b>2,028</b>	<b>2,037</b>	<b>2,054</b>	<b>2,062</b>	<b>2,050</b>	<b>2,037</b>	<b>2,050</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,571	1,574	1,417	1,389	1,301	1,223	1,165	1,305	1,333	1,249	1,302	1,321	1,361	1,385	1,415	1,529	1,593	1,573
Mn	0,281	0,348	0,514	0,603	0,626	0,743	0,762	0,748	0,740	0,739	0,723	0,725	0,617	0,588	0,530	0,415	0,332	0,280
Mg	0,134	0,128	0,095	0,095	0,088	0,082	0,070	0,085	0,087	0,082	0,081	0,086	0,089	0,095	0,109	0,124	0,133	0,135
Ca	0,959	0,889	0,951	0,862	0,914	0,877	0,934	0,854	0,777	0,876	0,872	0,826	0,863	0,866	0,878	0,869	0,898	0,962
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_X</b>	<b>2,945</b>	<b>2,939</b>	<b>2,976</b>	<b>2,949</b>	<b>2,929</b>	<b>2,925</b>	<b>2,931</b>	<b>2,992</b>	<b>2,937</b>	<b>2,947</b>	<b>2,978</b>	<b>2,957</b>	<b>2,930</b>	<b>2,933</b>	<b>2,932</b>	<b>2,936</b>	<b>2,955</b>	<b>2,950</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b>	<b>0,533</b>	<b>0,535</b>	<b>0,476</b>	<b>0,471</b>	<b>0,444</b>	<b>0,418</b>	<b>0,398</b>	<b>0,436</b>	<b>0,454</b>	<b>0,424</b>	<b>0,437</b>	<b>0,447</b>	<b>0,465</b>	<b>0,472</b>	<b>0,483</b>	<b>0,521</b>	<b>0,539</b>	<b>0,533</b>
<b>Sps</b>	<b>0,095</b>	<b>0,118</b>	<b>0,173</b>	<b>0,204</b>	<b>0,214</b>	<b>0,254</b>	<b>0,260</b>	<b>0,250</b>	<b>0,252</b>	<b>0,251</b>	<b>0,243</b>	<b>0,245</b>	<b>0,211</b>	<b>0,200</b>	<b>0,181</b>	<b>0,141</b>	<b>0,112</b>	<b>0,095</b>
<b>Prp</b>	<b>0,045</b>	<b>0,043</b>	<b>0,032</b>	<b>0,032</b>	<b>0,030</b>	<b>0,028</b>	<b>0,024</b>	<b>0,028</b>	<b>0,030</b>	<b>0,028</b>	<b>0,027</b>	<b>0,029</b>	<b>0,030</b>	<b>0,032</b>	<b>0,037</b>	<b>0,042</b>	<b>0,045</b>	<b>0,046</b>
<b>Grs</b>	<b>0,326</b>	<b>0,303</b>	<b>0,320</b>	<b>0,292</b>	<b>0,312</b>	<b>0,300</b>	<b>0,319</b>	<b>0,285</b>	<b>0,265</b>	<b>0,297</b>	<b>0,293</b>	<b>0,279</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>	<b>0,299</b>	<b>0,296</b>	<b>0,304</b>	<b>0,326</b>

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

## GRANATE

Bustamante (2008)

Jambaló

## Muestra 121B

wt%	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296
SiO <sub>2</sub>	38,110	38,100	37,960	37,710	37,770	38,140	37,670	38,010	37,780	37,960	37,940	37,870	37,860	37,840	37,750	37,520	37,750	37,680
TiO <sub>2</sub>	0,160	0,130	0,130	0,090	0,090	0,220	0,180	0,090	0,100	0,130	0,100	0,060	0,120	0,160	0,150	0,040	0,130	0,200
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,400	21,350	21,420	21,430	21,510	21,320	21,370	21,430	21,550	21,510	21,280	21,450	21,370	21,200	21,280	21,060	21,230	20,830
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	27,230	27,190	26,150	26,640	26,700	24,610	23,520	26,270	27,410	27,100	25,850	27,070	27,050	24,810	22,710	21,570	19,210	19,030
MnO	3,470	2,770	3,510	4,510	3,150	4,930	5,650	3,610	2,650	2,390	3,920	3,390	3,180	4,680	8,320	11,990	12,890	12,420
MgO	0,900	0,960	0,910	0,900	1,050	0,830	0,730	0,920	1,000	0,960	0,840	0,890	0,960	0,770	0,720	0,670	0,550	0,510
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	9,980	10,200	10,800	9,510	10,570	11,120	11,350	10,550	10,200	10,760	10,620	10,090	10,090	11,130	9,600	7,380	8,750	9,030
Na <sub>2</sub> O	0,010	0,020	0,010	0,010	0,030	0,010	0,020	0,000	0,040	0,020	0,020	0,000	0,000	0,010	0,020	0,000	0,030	0,030
<b>Total</b>	101,260	100,720	100,890	100,800	100,870	101,180	100,490	100,880	100,730	100,830	100,570	100,820	100,630	100,600	100,550	100,230	100,540	99,730
Si	3,012	3,022	3,004	2,996	2,988	3,010	2,992	3,010	2,995	3,004	3,014	3,004	3,008	3,005	3,009	3,018	3,017	3,035
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000	0,000	0,004	0,012	0,000	0,008	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Z</b>	3,012	3,022	3,004	3,000	3,000	3,010	3,000	3,010	3,000	3,004	3,014	3,004	3,008	3,005	3,009	3,018	3,017	3,035
Al <sup>VI</sup>	1,993	1,996	1,998	2,003	1,993	1,983	1,992	2,000	2,008	2,006	1,992	2,006	2,001	1,984	1,999	1,996	2,000	1,978
Ti	0,010	0,008	0,008	0,005	0,005	0,013	0,011	0,005	0,006	0,008	0,006	0,004	0,007	0,010	0,009	0,002	0,008	0,012
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Y</b>	2,003	2,004	2,005	2,008	2,012	1,996	2,003	2,005	2,014	2,014	1,998	2,009	2,008	1,994	2,008	1,999	2,007	1,990
Fe <sup>2+</sup>	1,800	1,804	1,731	1,770	1,753	1,624	1,562	1,740	1,817	1,793	1,717	1,796	1,797	1,648	1,514	1,451	1,284	1,282
Mn	0,232	0,186	0,235	0,304	0,211	0,330	0,380	0,242	0,178	0,160	0,264	0,228	0,214	0,315	0,562	0,817	0,873	0,847
Mg	0,106	0,114	0,107	0,107	0,124	0,098	0,086	0,109	0,118	0,113	0,099	0,105	0,114	0,091	0,086	0,080	0,066	0,061
Ca	0,845	0,867	0,916	0,810	0,896	0,940	0,966	0,895	0,866	0,912	0,904	0,858	0,859	0,947	0,820	0,636	0,749	0,779
Na	0,002	0,003	0,002	0,002	0,005	0,002	0,003	0,000	0,006	0,003	0,003	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,005	0,005
<b>Sum_X</b>	2,985	2,974	2,991	2,992	2,988	2,994	2,997	2,985	2,986	2,982	2,988	2,987	2,984	3,002	2,984	2,984	2,976	2,975
<b>Cationes totales</b>	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
<b>Alm</b>	0,603	0,607	0,579	0,592	0,588	0,543	0,522	0,583	0,610	0,602	0,575	0,601	0,602	0,549	0,508	0,486	0,432	0,432
<b>Sps</b>	0,078	0,063	0,079	0,102	0,071	0,110	0,127	0,081	0,060	0,054	0,088	0,076	0,072	0,105	0,188	0,274	0,294	0,285
<b>Prp</b>	0,036	0,038	0,036	0,036	0,041	0,033	0,029	0,036	0,040	0,038	0,033	0,035	0,038	0,030	0,029	0,027	0,022	0,021
<b>Grs</b>	0,283	0,292	0,306	0,271	0,300	0,314	0,323	0,300	0,291	0,306	0,303	0,287	0,288	0,316	0,275	0,213	0,252	0,262

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.

GRANATE

Bustamante (2008)

Jambaló

Muestra 124J

wt%	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266
SiO <sub>2</sub>	37,880	37,880	37,650	37,380	37,980	37,430	37,710	37,160	37,720	37,970	38,000	38,150	37,660	38,130	37,870	37,990	37,750	37,500
TiO <sub>2</sub>	0,110	0,020	0,110	0,280	0,150	0,260	0,210	0,020	0,170	0,150	0,080	0,090	0,110	0,110	0,220	0,150	0,060	0,080
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,390	21,670	21,490	21,170	21,930	21,540	21,700	21,680	21,570	21,760	21,630	21,780	21,570	21,660	21,440	21,550	21,580	21,430
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,000	0,030	0,010	0,060	0,000	0,020	0,000	0,020	0,020	0,030	0,020	0,000
FeO	18,530	17,870	17,120	15,030	13,970	13,670	14,980	17,390	17,980	18,570	18,760	17,840	16,380	15,870	17,460	16,820	18,270	17,740
MnO	10,880	12,740	12,350	17,170	16,800	17,320	15,510	12,540	11,850	11,690	12,170	11,820	14,480	14,290	13,480	12,230	11,290	11,380
MgO	0,620	0,600	0,560	0,470	0,440	0,400	0,470	0,550	0,640	0,640	0,660	0,620	0,480	0,470	0,610	0,540	0,610	0,630
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,100	0,010	0,100	0,150	0,140	0,120	0,160	0,090	0,100	0,100	0,100	0,020	0,130	0,120	0,110	0,140	0,030	0,110
CaO	10,940	9,810	10,440	9,030	9,290	9,510	9,880	10,280	9,960	9,910	9,800	9,940	10,110	10,110	9,200	10,850	10,770	10,790
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>100,460</b>	<b>100,600</b>	<b>99,820</b>	<b>100,700</b>	<b>100,700</b>	<b>100,270</b>	<b>100,620</b>	<b>99,740</b>	<b>100,000</b>	<b>100,850</b>	<b>101,200</b>	<b>100,280</b>	<b>100,920</b>	<b>100,780</b>	<b>100,410</b>	<b>100,300</b>	<b>100,380</b>	<b>99,660</b>
Si	3,013	3,013	3,015	2,987	3,022	2,995	3,002	2,979	3,017	3,013	3,007	3,039	2,991	3,028	3,025	3,025	3,003	3,004
Al <sup>IV</sup>	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,005	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_Z</b>	<b>3,013</b>	<b>3,013</b>	<b>3,015</b>	<b>3,000</b>	<b>3,022</b>	<b>3,000</b>	<b>3,002</b>	<b>3,000</b>	<b>3,017</b>	<b>3,013</b>	<b>3,007</b>	<b>3,039</b>	<b>3,000</b>	<b>3,028</b>	<b>3,025</b>	<b>3,025</b>	<b>3,003</b>	<b>3,004</b>
Al <sup>VI</sup>	2,005	2,031	2,028	1,980	2,057	2,026	2,036	2,027	2,033	2,035	2,017	2,045	2,009	2,027	2,018	2,023	2,024	2,024
Ti	0,007	0,001	0,007	0,017	0,009	0,016	0,013	0,001	0,010	0,009	0,005	0,005	0,007	0,007	0,013	0,009	0,004	0,005
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,004	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000
Y	0,004	0,000	0,004	0,006	0,006	0,005	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,001	0,016	0,005	0,005	0,006	0,001	0,005
<b>Sum_Y</b>	<b>2,016</b>	<b>2,033</b>	<b>2,039</b>	<b>2,005</b>	<b>2,072</b>	<b>2,048</b>	<b>2,056</b>	<b>2,034</b>	<b>2,048</b>	<b>2,052</b>	<b>2,026</b>	<b>2,052</b>	<b>2,032</b>	<b>2,040</b>	<b>2,037</b>	<b>2,039</b>	<b>2,030</b>	<b>2,033</b>
Fe <sup>2+</sup>	1,232	1,189	1,146	1,004	0,930	0,915	0,997	1,166	1,203	1,232	1,242	1,189	2,176	1,054	1,166	1,120	1,216	1,189
Mn	0,733	0,858	0,838	1,162	1,132	1,174	1,046	0,851	0,803	0,786	0,816	0,798	1,948	0,961	0,912	0,825	0,761	0,772
Mg	0,074	0,071	0,067	0,056	0,052	0,048	0,056	0,066	0,076	0,076	0,078	0,074	0,114	0,056	0,073	0,064	0,072	0,075
Ca	0,932	0,836	0,896	0,773	0,792	0,815	0,843	0,883	0,853	0,842	0,831	0,848	1,720	0,860	0,787	0,926	0,918	0,926
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum_X</b>	<b>2,971</b>	<b>2,954</b>	<b>2,947</b>	<b>2,995</b>	<b>2,906</b>	<b>2,952</b>	<b>2,942</b>	<b>2,966</b>	<b>2,935</b>	<b>2,936</b>	<b>2,966</b>	<b>2,908</b>	<b>5,957</b>	<b>2,931</b>	<b>2,938</b>	<b>2,935</b>	<b>2,967</b>	<b>2,962</b>
<b>Cationes totales</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>10,990</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>	<b>8,000</b>
<b>Alm</b>	<b>0,415</b>	<b>0,402</b>	<b>0,389</b>	<b>0,335</b>	<b>0,320</b>	<b>0,310</b>	<b>0,339</b>	<b>0,393</b>	<b>0,410</b>	<b>0,420</b>	<b>0,419</b>	<b>0,409</b>	<b>0,365</b>	<b>0,360</b>	<b>0,397</b>	<b>0,382</b>	<b>0,410</b>	<b>0,401</b>
<b>Sps</b>	<b>0,247</b>	<b>0,291</b>	<b>0,284</b>	<b>0,388</b>	<b>0,390</b>	<b>0,398</b>	<b>0,356</b>	<b>0,287</b>	<b>0,273</b>	<b>0,268</b>	<b>0,275</b>	<b>0,274</b>	<b>0,327</b>	<b>0,328</b>	<b>0,310</b>	<b>0,281</b>	<b>0,256</b>	<b>0,261</b>
<b>Prp</b>	<b>0,025</b>	<b>0,024</b>	<b>0,023</b>	<b>0,019</b>	<b>0,018</b>	<b>0,016</b>	<b>0,019</b>	<b>0,022</b>	<b>0,026</b>	<b>0,026</b>	<b>0,026</b>	<b>0,025</b>	<b>0,019</b>	<b>0,019</b>	<b>0,025</b>	<b>0,022</b>	<b>0,024</b>	<b>0,025</b>
<b>Grs</b>	<b>0,314</b>	<b>0,283</b>	<b>0,304</b>	<b>0,258</b>	<b>0,273</b>	<b>0,276</b>	<b>0,286</b>	<b>0,298</b>	<b>0,291</b>	<b>0,287</b>	<b>0,280</b>	<b>0,292</b>	<b>0,289</b>	<b>0,293</b>	<b>0,268</b>	<b>0,315</b>	<b>0,309</b>	<b>0,313</b>

Alm=Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Sps=Mn/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Prp=Mg/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca); Grs=Ca/(Fe<sup>2+</sup>+Mn+Mg+Ca)

Fórmula estructural basada en 8 cationes.

Alm: almandino; Sps: espesartina; Prp: piropo; Grs: grosularia. Abreviaciones de Whitney y Evans, 2010.



## MICA

Bustamante (2008)

Jambaló

## Muestra 118

wt%	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449
SiO <sub>2</sub>	49,230	48,070	49,020	47,730	48,930	47,800	47,870	47,080	46,960	50,910	49,860	47,850	50,160	50,340	49,770	49,980	50,160	49,370
TiO <sub>2</sub>	0,040	0,080	0,120	0,000	0,000	0,200	0,160	0,000	0,120	0,160	0,160	0,160	0,160	0,220	0,160	0,320	0,200	0,020
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,590	36,420	33,580	39,010	32,740	36,940	35,490	36,940	38,410	26,410	27,420	33,860	27,580	27,460	28,010	27,660	27,850	27,350
FeO	1,500	0,790	1,500	0,290	1,510	0,690	0,840	0,700	0,340	2,530	1,950	1,290	2,420	2,290	2,690	2,470	2,180	2,250
MnO	0,000	0,020	0,010	0,010	0,000	0,010	0,020	0,000	0,030	0,010	0,040	0,000	0,000	0,010	0,020	0,030	0,020	0,030
MgO	1,520	0,670	1,500	0,210	1,740	0,610	0,960	0,410	0,150	3,150	3,200	1,390	2,860	3,150	2,860	3,100	2,880	2,930
CaO	0,060	0,100	0,090	0,140	0,070	0,100	0,040	0,090	0,050	0,000	0,010	0,040	0,000	0,000	0,000	0,010	0,030	0,000
Na <sub>2</sub> O	2,870	4,520	2,620	5,420	2,320	4,600	3,880	4,630	5,900	0,350	0,290	3,350	0,390	0,390	0,370	0,430	0,390	0,290
K <sub>2</sub> O	5,460	3,050	5,720	1,060	6,380	2,600	3,650	2,800	0,640	10,350	10,410	5,460	10,380	10,300	10,200	10,280	10,510	10,070
BaO	0,080	0,050	0,130	0,070	0,130	0,000	0,140	0,050	0,050	0,240	0,280	0,220	0,270	0,350	0,230	0,240	0,480	0,200
<b>Total</b>	<b>94,350</b>	<b>93,770</b>	<b>94,290</b>	<b>93,940</b>	<b>93,820</b>	<b>93,550</b>	<b>93,050</b>	<b>92,700</b>	<b>92,650</b>	<b>94,110</b>	<b>93,620</b>	<b>93,620</b>	<b>94,220</b>	<b>94,510</b>	<b>94,310</b>	<b>94,520</b>	<b>94,700</b>	<b>92,510</b>
Si	3,282	3,189	3,277	3,143	3,289	3,177	3,214	3,154	3,125	3,461	3,399	3,202	3,403	3,404	3,374	3,378	3,388	3,409
Al <sup>IV</sup>	0,718	0,811	0,723	0,857	0,711	0,823	0,786	0,846	0,875	0,539	0,601	0,798	0,597	0,596	0,626	0,622	0,612	0,591
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,922	2,037	1,923	2,170	1,883	2,070	2,023	2,071	2,138	1,578	1,601	1,872	1,608	1,592	1,612	1,580	1,604	1,634
Ti	0,002	0,004	0,006	0,000	0,000	0,010	0,008	0,000	0,006	0,008	0,008	0,008	0,008	0,011	0,008	0,016	0,010	0,001
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,084	0,044	0,084	0,016	0,085	0,038	0,047	0,039	0,019	0,144	0,111	0,072	0,137	0,129	0,153	0,140	0,123	0,130
Mn	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002
Mg	0,151	0,066	0,149	0,021	0,174	0,060	0,096	0,041	0,015	0,319	0,325	0,139	0,289	0,318	0,289	0,312	0,290	0,302
Ca	0,004	0,007	0,006	0,010	0,005	0,007	0,003	0,006	0,004	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000
Na	0,371	0,581	0,340	0,692	0,302	0,593	0,505	0,601	0,761	0,046	0,038	0,435	0,051	0,051	0,049	0,056	0,051	0,039
K	0,464	0,258	0,488	0,089	0,547	0,220	0,313	0,239	0,054	0,898	0,905	0,466	0,898	0,889	0,882	0,886	0,905	0,887
Ba	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,000	0,004	0,001	0,001	0,006	0,007	0,006	0,007	0,009	0,006	0,006	0,013	0,005
<b>Cationes totales</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>

Fórmula estructural basada en 7 cationes.

<b>MICA</b>												
<i>Bustamante (2008)</i>												
Jambaló												
<b>Muestra 121B</b>												
wt%	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314
SiO <sub>2</sub>	49,670	48,110	49,130	48,190	49,170	48,490	49,210	48,160	49,300	48,200	48,800	48,200
TiO <sub>2</sub>	0,060	0,060	0,060	0,010	0,070	0,020	0,030	0,060	0,020	0,030	0,060	0,040
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40,020	40,250	40,270	40,890	40,130	40,350	40,090	40,360	40,140	40,790	40,450	40,850
FeO	0,760	0,790	0,630	0,660	0,680	0,660	0,630	0,410	0,520	0,560	0,560	0,640
MnO	0,030	0,060	0,020	0,050	0,020	0,040	0,060	0,050	0,060	0,040	0,080	0,050
MgO	0,230	0,240	0,180	0,150	0,210	0,230	0,240	0,160	0,130	0,190	0,200	0,200
CaO	0,050	0,050	0,040	0,050	0,050	0,060	0,060	0,080	0,040	0,030	0,050	0,070
Na <sub>2</sub> O	7,250	5,760	7,380	5,520	7,510	5,660	7,250	5,780	7,430	5,810	7,810	5,490
K <sub>2</sub> O	0,720	0,660	0,470	0,400	0,670	0,690	0,910	0,470	0,510	0,320	0,250	0,690
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	98,790	95,980	98,180	95,920	98,510	96,200	98,480	95,530	98,150	95,970	98,260	96,230
Si	3,079	3,097	3,060	3,110	3,049	3,117	3,057	3,113	3,070	3,101	3,027	3,100
Al <sup>IV</sup>	0,921	0,903	0,940	0,890	0,951	0,883	0,943	0,887	0,930	0,899	0,973	0,900
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	2,003	2,152	2,015	2,220	1,982	2,173	1,991	2,188	2,016	2,195	1,983	2,196
Ti	0,003	0,003	0,003	0,000	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,002
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,039	0,043	0,033	0,036	0,035	0,035	0,033	0,022	0,027	0,030	0,029	0,034
Mn	0,002	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004	0,003
Mg	0,021	0,023	0,017	0,014	0,019	0,022	0,022	0,015	0,012	0,018	0,018	0,019
Ca	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,006	0,003	0,002	0,003	0,005
Na	0,871	0,719	0,891	0,691	0,903	0,705	0,873	0,724	0,897	0,725	0,939	0,685
K	0,057	0,054	0,037	0,033	0,053	0,057	0,072	0,039	0,041	0,026	0,020	0,057
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000

*Fórmula estructural basada en 7 cationes.*

## MICA

Bustamante (2008)

Jambaló

## Muestra 123A

wt%	108	109	110	111	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166
SiO <sub>2</sub>	46,280	46,940	46,490	45,500	46,310	46,200	46,470	45,950	45,680	45,920	47,280	46,300	46,940	46,030	45,870	46,710	57,510	58,810
TiO <sub>2</sub>	0,080	0,000	0,020	0,140	0,040	0,100	0,000	0,000	0,040	0,060	0,180	0,020	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,080
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37,290	37,490	37,140	36,770	37,090	37,320	37,570	37,430	37,500	37,030	32,150	37,750	38,230	37,470	37,790	37,530	10,200	9,860
FeO	0,800	0,680	0,830	0,720	0,960	1,050	0,780	0,490	0,680	0,820	2,280	0,750	0,710	0,870	0,850	0,730	10,750	10,390
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,050	0,080
MgO	0,320	0,230	0,270	0,320	0,330	0,290	0,290	0,250	0,260	0,290	1,600	0,300	0,170	0,270	0,170	0,280	10,680	10,560
CaO	0,050	0,060	0,070	0,060	0,070	0,070	0,050	0,090	0,090	0,080	0,080	0,060	0,090	0,070	0,040	0,080	0,010	0,000
Na <sub>2</sub> O	6,940	7,310	7,000	7,080	6,810	6,440	6,580	6,770	6,710	6,880	3,000	7,000	6,890	7,110	7,470	7,150	0,040	0,020
K <sub>2</sub> O	0,900	0,860	0,590	0,910	0,780	0,930	0,920	0,730	0,740	0,970	5,650	0,730	0,480	0,910	0,400	0,840	6,490	6,350
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>92,660</b>	<b>93,570</b>	<b>92,410</b>	<b>91,500</b>	<b>92,430</b>	<b>92,410</b>	<b>92,660</b>	<b>91,710</b>	<b>91,710</b>	<b>92,050</b>	<b>92,230</b>	<b>92,920</b>	<b>93,510</b>	<b>92,780</b>	<b>92,590</b>	<b>93,320</b>	<b>95,730</b>	<b>96,150</b>
Si	3,054	3,060	3,077	3,034	3,068	3,070	3,074	3,063	3,048	3,050	3,222	3,044	3,073	3,029	3,018	3,056	3,914	3,992
Al <sup>IV</sup>	0,946	0,940	0,923	0,966	0,932	0,930	0,926	0,937	0,952	0,950	0,778	0,956	0,927	0,971	0,982	0,944	0,086	0,008
<b>Sum_T</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>
Al <sup>VI</sup>	1,953	1,941	1,973	1,924	1,964	1,994	2,003	2,004	1,996	1,949	1,804	1,970	2,023	1,935	1,947	1,950	0,732	0,781
Ti	0,004	0,000	0,001	0,007	0,002	0,005	0,000	0,000	0,002	0,003	0,009	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,004
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,021	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,044	0,037	0,046	0,019	0,053	0,058	0,043	0,027	0,038	0,046	0,130	0,041	0,039	0,032	0,025	0,040	0,612	0,590
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,005
Mg	0,031	0,022	0,027	0,032	0,033	0,029	0,029	0,025	0,026	0,029	0,163	0,029	0,017	0,026	0,017	0,027	1,084	1,069
Ca	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,004	0,006	0,005	0,003	0,006	0,001	0,000
Na	0,888	0,924	0,898	0,915	0,875	0,830	0,844	0,875	0,868	0,886	0,396	0,892	0,875	0,907	0,953	0,907	0,005	0,003
K	0,076	0,072	0,050	0,077	0,066	0,079	0,078	0,062	0,063	0,082	0,491	0,061	0,040	0,076	0,034	0,070	0,563	0,550
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>	<b>7,000</b>

Fórmula estructural basada en 7 cationes.

<b>MICA</b>																		
<i>Bustamante (2008)</i>																		
Jambaló																		
<b>Muestra 124J</b>																		
wt%	113	114	115	116	117	118	119	120	121	125	126	127	128	129	130	131	132	133
SiO <sub>2</sub>	44,910	46,140	46,160	46,160	45,970	46,280	47,470	48,480	44,710	47,200	45,760	45,690	45,160	46,390	46,290	46,470	50,310	49,750
TiO <sub>2</sub>	0,160	0,140	0,040	0,040	0,060	0,040	0,200	0,220	0,040	0,040	0,180	0,000	0,140	0,060	0,040	0,040	0,220	0,060
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,970	33,340	38,110	37,800	37,890	38,080	30,990	27,540	37,090	36,800	36,900	37,480	37,290	37,860	33,500	38,200	27,780	25,540
FeO	4,520	2,420	0,590	0,490	0,540	0,430	2,230	3,550	0,650	1,210	0,680	0,400	0,510	0,390	1,560	0,440	3,280	4,650
MnO	0,050	0,020	0,020	0,000	0,010	0,010	0,030	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,050	0,070
MgO	2,920	1,270	0,180	0,150	0,180	0,260	1,820	2,850	0,220	0,550	0,390	0,250	0,230	0,210	1,090	0,160	2,700	3,230
CaO	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050	0,040	0,030	0,000	0,060	0,060	0,060	0,080	0,220	0,040	0,070	0,040	0,000	0,070
Na <sub>2</sub> O	3,300	4,400	7,390	7,650	7,380	7,120	3,110	0,590	7,320	6,220	6,860	7,180	7,540	7,300	4,790	7,480	0,460	1,200
K <sub>2</sub> O	5,850	5,010	0,720	0,430	0,630	0,820	6,410	9,690	0,880	2,350	1,530	0,920	0,750	0,810	4,040	0,540	9,930	8,530
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	91,720	92,780	93,250	92,770	92,710	93,080	92,290	92,920	90,970	94,430	92,370	92,000	91,880	93,060	91,380	93,370	94,730	93,100
Si	3,069	3,093	3,015	3,025	3,020	3,032	3,227	3,333	2,989	3,072	3,026	3,024	2,987	3,037	3,138	3,030	3,400	3,416
Al <sup>IV</sup>	0,931	0,907	0,985	0,975	0,980	0,968	0,773	0,667	1,011	0,928	0,974	0,976	1,013	0,963	0,862	0,970	0,600	0,584
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	1,483	1,726	1,949	1,945	1,953	1,973	1,709	1,564	1,912	1,895	1,902	1,948	1,894	1,958	1,815	1,965	1,612	1,483
Ti	0,008	0,007	0,002	0,002	0,003	0,002	0,010	0,011	0,002	0,002	0,009	0,000	0,007	0,003	0,002	0,002	0,011	0,003
Fe <sup>3+</sup>	0,258	0,136	0,028	0,027	0,014	0,000	0,010	0,009	0,036	0,010	0,038	0,022	0,028	0,000	0,021	0,000	0,000	0,002
Fe <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,004	0,000	0,016	0,024	0,117	0,195	0,000	0,056	0,000	0,000	0,000	0,021	0,067	0,024	0,185	0,265
Mn	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004
Mg	0,297	0,127	0,018	0,015	0,018	0,025	0,184	0,292	0,022	0,053	0,038	0,025	0,023	0,020	0,110	0,016	0,272	0,331
Ca	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,000	0,004	0,004	0,004	0,006	0,016	0,003	0,005	0,003	0,000	0,005
Na	0,437	0,572	0,936	0,972	0,940	0,904	0,410	0,079	0,949	0,785	0,879	0,921	0,967	0,927	0,630	0,946	0,060	0,160
K	0,510	0,428	0,060	0,036	0,053	0,069	0,556	0,850	0,075	0,195	0,129	0,078	0,063	0,068	0,349	0,045	0,856	0,747
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cationes totales</b>	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000

Fórmula estructural basada en 7 cationes.

<b>MICA</b>																		
<i>Bustamante (2008)</i>																		
Jambaló																		
<b>Muestra 129A</b>																		
wt%	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	200	201
SiO <sub>2</sub>	46,690	46,740	46,730	47,150	46,210	48,690	46,150	46,070	46,680	46,050	45,700	47,000	46,930	46,630	46,550	46,420	45,870	46,170
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,000	0,000	0,120	0,020	0,020	0,100	0,100	0,040	0,120	0,000	0,000	0,160	0,020	0,000	0,100	0,200	0,020
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,530	38,850	38,330	38,430	38,410	35,440	38,310	37,830	38,680	38,100	37,500	38,390	38,660	38,060	37,900	37,730	37,390	38,070
FeO	0,760	0,680	0,840	0,770	0,810	0,930	0,630	0,700	0,690	0,490	0,890	0,550	0,630	0,870	0,870	1,050	0,950	0,720
MnO	0,010	0,020	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,020	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000	0,010	0,000
MgO	0,150	0,100	0,150	0,130	0,110	0,240	0,210	0,210	0,150	0,160	0,320	0,200	0,260	0,140	0,250	0,250	0,200	0,200
CaO	0,020	0,040	0,070	0,050	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020	0,040	0,010	0,040	0,030	0,020	0,030	0,000	0,030	0,030
Na <sub>2</sub> O	7,360	7,620	7,380	7,190	7,120	8,120	7,540	7,450	7,670	7,200	7,410	7,330	7,170	7,680	7,810	7,660	7,420	7,400
K <sub>2</sub> O	0,420	0,420	0,430	0,500	0,310	0,360	0,520	0,450	0,320	0,400	0,420	0,580	0,720	0,310	0,310	0,420	0,500	0,530
BaO	0,060	0,000	0,000	0,030	0,000	0,090	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,110	0,000	0,010	0,000	0,040
<b>Total</b>	94,000	94,470	93,930	94,410	93,020	93,920	93,490	92,850	94,260	92,610	92,270	94,100	94,560	93,860	93,720	93,640	92,570	93,180
Si	3,031	3,012	3,035	3,055	3,035	3,159	3,004	3,023	3,014	3,035	3,017	3,046	3,031	3,028	3,020	3,020	3,022	3,020
Al <sup>IV</sup>	0,969	0,988	0,965	0,945	0,965	0,841	0,996	0,977	0,986	0,965	0,983	0,954	0,969	0,972	0,980	0,980	0,978	0,980
<b>Sum_T</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al <sup>VI</sup>	1,980	1,963	1,970	1,989	2,009	1,870	1,943	1,948	1,958	1,994	1,934	1,979	1,974	1,940	1,918	1,912	1,926	1,954
Ti	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,001	0,005	0,005	0,002	0,006	0,000	0,000	0,008	0,001	0,000	0,005	0,010	0,001
Fe <sup>3+</sup>	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,020	0,034	0,005	0,011	0,000	0,033	0,000	0,000	0,022	0,047	0,057	0,022	0,007
Fe <sup>2+</sup>	0,041	0,025	0,046	0,042	0,044	0,030	0,000	0,034	0,027	0,027	0,016	0,030	0,034	0,025	0,000	0,000	0,030	0,033
Mn	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,015	0,010	0,015	0,013	0,011	0,023	0,020	0,021	0,014	0,016	0,031	0,019	0,025	0,014	0,024	0,024	0,020	0,020
Ca	0,001	0,003	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,000	0,002	0,002
Na	0,926	0,952	0,929	0,903	0,907	1,022	0,952	0,948	0,960	0,920	0,948	0,921	0,898	0,967	0,982	0,966	0,948	0,938
K	0,035	0,035	0,036	0,041	0,026	0,030	0,043	0,038	0,026	0,034	0,035	0,048	0,059	0,026	0,026	0,035	0,042	0,044
Ba	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001
<b>Cationes totales</b>	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000

*Fórmula estructural basada en 7 cationes.*

## **Anexo 2. Química de roca total**

## Eclogitas de Pijao-Génova-Barragán

		González (1997)	Bustamante (2008)					García-Ramírez et al. (2017)		
		Barragán	Baragán					Pijao-Génova		
wt%	Eclogita (x4)	Muestra 187	Muestra 187A	Muestra 187B	Muestra 188	Muestra 189	Muestra ARQ-214	Muestra ARQ-378	Muestra ARQ-379	
	SiO <sub>2</sub>	48,330	47,670	50,830	50,030	51,270	49,350	49,300	47,210	49,000
	TiO <sub>2</sub>	1,640	1,302	1,227	1,269	2,042	1,366	2,390	1,230	1,860
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,420	15,120	14,320	14,970	13,390	14,720	13,480	15,170	14,140
	FeO	9,691	13,002	9,691	9,538	10,951	10,969	14,628	9,175	12,696
	MnO	0,160	0,519	0,222	0,176	0,230	0,190	0,230	0,160	0,200
	MgO	8,600	7,990	7,910	8,240	6,010	8,720	7,680	7,480	8,390
	CaO	10,720	8,810	10,260	11,210	9,440	8,820	8,020	13,420	8,950
	Na <sub>2</sub> O	3,790	2,550	2,350	2,310	3,920	2,640	2,580	2,350	3,560
	K <sub>2</sub> O	0,380	0,210	0,140	0,100	0,110	0,170	0,140	0,200	0,090
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,210	0,100	0,080	0,120	0,220	0,100	0,210	0,100	0,160
	LOI	1,000	1,400	2,080	1,230	1,150	2,050	0,700	3,100	0,500
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,056	0,027
	<b>Total</b>	99,941	98,673	99,110	99,193	98,733	99,095	99,390	99,651	99,573
	Mo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,1	0,60	0,30
	NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	126,00	96,00	62,00
	Ni	135,00	90,00	80,00	70,00	60,00	80,00	19,30	54,00	17,00
	Zn	0,00	110,00	80,00	90,00	140,00	130,00	24,00	16,00	17,00
	Cu	0,00	30,00	20,00	30,00	30,00	80,00	33,20	104,80	33,10
	As	0,00	<5	<5	<5	<5	<5	1,20	0,70	<0,5
	Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,1	<0,1	<0,1
	Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,80	<0,1
	Bi	0,00	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Ag	0,00	0,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1
	Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	<0,5	0,60
	Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	<0,01	<0,01
	Tl	0,00	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1
	Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,5	<0,5	<0,5
	Ga	0,00	14,00	16,00	18,00	18,00	19,00	18,10	14,30	18,50
	Sc	29,00	44,00	43,00	45,00	42,00	44,00	41,00	39,00	44,00
	V	234,00	285,00	275,00	305,00	395,00	331,00	428,00	263,00	377,00



W	0,00	208,00	230,00	2,60	137,00	1,50	<0,5	<0,5	<0,5
Co	48,00	72,00	61,00	40,00	53,00	41,00	51,80	45,10	47,60
Cs	0,00	0,20	<0,1	0,10	<0,1	0,20	0,90	0,30	<0,1
Ba	0,00	78,00	374,00	323,00	17,00	38,00	22,00	11,00	20,00
Be	0,00	<1	<1	1,00	1,00	1,00	2,00	<1	1,00
Rb	7,00	4,00	2,00	4,00	<1	3,00	0,80	2,80	0,30
Sn	0,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	<1	1,00
Th	0,00	0,11	0,06	0,06	0,19	0,06	<0,2	<0,2	<0,2
Nb	10,00	2,00	1,10	1,00	2,50	0,90	3,00	2,50	1,80
Ta	0,00	1,46	0,86	0,04	0,67	0,03	0,30	0,10	<0,1
Sr	275,00	37,00	113,00	152,00	113,00	120,00	104,40	182,30	109,70
Zr	103,00	59,00	62,00	69,00	134,00	68,00	164,20	82,40	117,40
Hf	0,00	2,10	1,90	1,90	3,90	2,20	4,60	<0,01	3,50
Y	23,00	37,50	29,20	30,30	48,80	33,20	49,30	27,00	41,20
Pb	0,00	<5	<5	<5	<5	<5	<0,1	0,10	<0,1
U	0,00	0,05	0,04	0,04	0,09	0,05	<0,1	<0,1	<0,1
Cr	652,00	270,00	370,00	340,00	70,00	240,00	0,00	0,00	0,00
La	0,00	3,38	2,23	2,52	5,02	1,99	5,50	3,60	3,80
Ce	0,00	7,28	6,45	6,81	16,00	7,13	16,30	10,40	12,80
Pr	0,00	1,59	1,26	1,35	2,63	1,35	2,82	1,64	2,18
Nd	0,00	8,81	7,45	8,05	14,40	8,04	15,50	8,50	11,50
Sm	0,00	2,95	2,70	2,79	4,87	2,93	5,21	2,74	4,24
Eu	0,00	1,08	1,12	1,14	1,81	1,27	1,90	1,07	1,50
Gd	0,00	3,95	3,79	3,86	6,52	4,15	7,20	4,02	5,69
Tb	0,00	0,83	0,76	0,79	1,30	0,89	1,31	0,69	1,05
Dy	0,00	5,91	5,10	5,24	8,51	5,84	8,88	4,34	6,95
Ho	0,00	1,27	1,06	1,07	1,75	1,15	1,87	0,91	1,52
Er	0,00	4,06	3,17	3,24	5,19	3,44	5,38	2,80	4,47
Tm	0,00	0,64	0,48	0,50	0,79	0,51	0,85	0,41	0,68
Yb	0,00	4,14	3,10	3,21	5,02	3,27	5,62	2,75	4,87
Lu	0,00	0,66	0,46	0,51	0,77	0,51	0,79	0,40	0,68
Ge	0,00	1,60	1,30	1,30	1,60	1,40	0,00	0,00	0,00
Tl	9831,80	7805,49	7355,87	7607,66	12241,79	8189,17	14328,05	7373,85	11150,70

## Esquistos azules de Barragán y Jambaló

wt%	Bustamante (2008)						Bustamante (2008)						Bustamante y Bustamante (2019)		
	Barragán						Jambaló						Jambaló		
	Muestra 195	Muestra 196	Muestra 196A	Muestra 196D	Muestra 197A	Muestra 199	Muestra 121B	Muestra 121C	Muestra 123A	Muestra 124G	Muestra 124J	Muestra 129A	Muestra 125I	Muestra 125K	Muestra 125M
SiO <sub>2</sub>	50,000	48,370	48,420	49,140	49,240	48,250	51,740	50,940	50,420	56,900	52,010	51,420	53,300	53,100	56,330
TiO <sub>2</sub>	1,976	1,399	1,727	1,481	1,241	1,920	1,428	0,680	1,462	1,710	1,478	1,838	1,530	2,080	1,167
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,520	14,540	15,360	13,930	16,310	14,380	15,590	17,670	17,760	15,620	18,060	14,410	17,200	19,800	17,770
FeO	10,060	9,286	10,501	9,736	9,367	11,454	8,692	6,263	8,773	8,548	7,954	8,575	8,188	9,808	7,324
MnO	0,187	0,157	0,200	0,161	0,168	0,158	0,441	0,118	0,139	0,123	0,145	0,129	0,240	0,080	0,103
MgO	6,180	9,280	6,740	6,600	8,590	7,600	3,490	6,130	3,270	4,020	4,480	5,330	5,410	2,590	4,680
CaO	8,410	8,100	8,650	10,810	4,190	7,550	5,760	8,870	11,600	2,940	3,480	3,950	3,700	1,700	1,640
Na <sub>2</sub> O	2,030	2,680	3,360	2,420	0,180	3,330	4,780	2,330	2,620	4,490	5,570	5,180	5,100	3,400	5,650
K <sub>2</sub> O	<0,01	0,580	0,140	0,490	0,040	0,110	0,310	0,130	0,350	0,830	0,690	0,160	0,500	2,900	0,650
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,200	0,140	0,130	0,200	0,090	0,190	0,290	0,090	0,410	0,290	0,230	0,230	0,210	0,150	0,130
LOI	5,210	4,520	3,450	3,270	8,480	3,870	6,600	4,690	2,580	3,800	4,180	7,840	3,500	3,200	3,740
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>98,773</b>	<b>99,052</b>	<b>98,678</b>	<b>98,238</b>	<b>97,896</b>	<b>98,812</b>	<b>99,121</b>	<b>97,911</b>	<b>99,384</b>	<b>99,271</b>	<b>98,277</b>	<b>99,062</b>	<b>98,878</b>	<b>98,808</b>	<b>99,184</b>
Mo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	80,00	80,00	90,00	80,00	120,00	120,00	30,00	70,00	70,00	<20	30,00	30,00	59,70	3,50	30,00
Zn	150,00	100,00	130,00	110,00	130,00	140,00	70,00	50,00	80,00	130,00	130,00	130,00	125,00	41,00	110,00
Cu	60,00	50,00	50,00	110,00	<10	70,00	<10	20,00	50,00	<10	<10	30,00	3,30	1,10	50,00
As	16,00	<5	<5	<5	<5	<5	7,00	<5	<5	<5	<5	<5	0,00	0,00	<5
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	0,00	0,00	<0,1
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,00	0,00	<0,5
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tl	<0,05	0,07	0,06	0,09	<0,05	0,08	0,07	<0,05	<0,05	0,14	0,12	<0,05	0,00	0,00	0,15
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga	21,00	17,00	21,00	18,00	18,00	19,00	17,00	13,00	25,00	20,00	22,00	20,00	18,00	24,70	19,00
Sc	46,00	43,00	47,00	42,00	35,00	42,00	29,00	33,00	20,00	27,00	25,00	37,00	30,00	31,00	28,00
V	418,00	315,00	386,00	334,00	290,00	380,00	214,00	184,00	184,00	238,00	185,00	278,00	252,00	170,00	194,00

W	93,70	66,30	90,10	163,00	92,80	97,30	258,00	219,00	333,00	322,00	230,00	107,00	107,00	220,00	171,00
Co	51,00	45,00	51,00	51,00	48,00	52,00	33,00	32,00	36,00	32,00	51,00	35,00	34,40	39,50	34,00
Cs	<0,1	0,80	0,20	0,70	<0,1	0,40	1,20	<0,1	0,30	0,40	0,40	0,30	0,50	1,20	0,50
Ba	38,00	73,00	49,00	383,00	18,00	110,00	66,00	154,00	71,00	119,00	108,00	25,00	222,00	259,00	191,00
Be	2,00	1,00	1,00	1,00	<1	1,00	1,00	<1	1,00	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	1,00
Rb	<1	11,00	3,00	12,00	<1	7,00	5,00	2,00	6,00	20,00	16,00	3,00	11,10	91,10	14,00
Sn	1,00	<1	2,00	1,00	<1	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	0,00	0,00	2,00
Th	0,29	0,23	0,28	0,24	0,20	0,37	1,00	0,28	1,48	3,64	3,74	1,20	1,70	5,10	3,09
Nb	4,20	3,40	4,10	3,60	2,20	5,00	5,30	1,60	15,40	7,20	9,50	7,70	6,20	9,10	4,90
Ta	0,52	0,44	0,55	0,76	0,40	0,68	1,12	0,67	2,21	1,46	1,39	1,29	0,60	1,20	1,01
Sr	9,00	73,00	142,00	201,00	73,00	91,00	166,00	151,00	574,00	68,00	80,00	163,00	113,20	69,50	83,00
Zr	123,00	80,00	107,00	88,00	53,00	120,00	126,00	38,00	224,00	186,00	264,00	175,00	139,00	230,20	147,00
Hf	3,60	2,40	3,00	2,50	2,00	3,40	3,30	1,10	4,90	4,50	6,40	4,30	3,90	6,60	3,70
Y	51,00	30,90	41,90	38,30	21,90	40,80	33,00	13,80	23,50	35,80	48,60	38,40	39,70	32,70	23,80
Pb	<5	<5	<5	<5	6,00	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	0,00	0,00	5,00
U	0,25	0,14	0,70	0,29	1,83	0,24	0,39	0,13	0,34	0,93	1,38	0,52	0,60	1,10	0,75
Cr	160,00	280,00	240,00	210,00	330,00	220,00	20,00	140,00	60,00	<20	60,00	90,00	0,00	0,00	100,00
La	5,89	4,49	7,34	5,98	2,77	6,48	10,40	3,59	22,30	15,60	14,80	9,22	11,50	17,40	12,40
Ce	15,60	12,10	17,10	13,00	8,69	17,30	25,90	8,99	46,60	35,40	40,40	24,00	24,20	36,60	28,10
Pr	2,69	1,88	2,86	2,29	1,42	2,72	3,62	1,24	5,86	4,71	5,65	3,38	3,81	4,52	3,36
Nd	14,60	9,85	14,50	11,70	8,10	14,40	17,50	6,09	24,40	20,40	24,30	16,20	17,80	19,80	14,20
Sm	4,81	3,13	4,46	3,69	2,82	4,62	4,59	1,72	5,31	5,02	6,04	4,74	4,52	4,42	3,51
Eu	1,85	1,27	1,76	1,49	1,10	1,77	1,83	0,82	1,98	1,70	1,95	1,58	1,53	1,07	1,18
Gd	6,33	4,04	5,85	5,07	3,45	5,80	5,27	2,05	5,17	5,45	6,76	5,32	5,61	4,88	3,81
Tb	1,25	0,80	1,14	0,99	0,63	1,14	0,94	0,39	0,84	0,99	1,27	1,02	1,02	0,91	0,71
Dy	8,17	5,23	7,39	6,42	3,90	7,35	5,92	2,38	4,74	6,23	8,01	6,74	6,19	5,48	4,55
Ho	1,64	1,05	1,45	1,29	0,78	1,47	1,18	0,48	0,86	1,28	1,63	1,40	1,31	1,16	0,89
Er	4,87	3,12	4,26	3,86	2,30	4,34	3,51	1,41	2,35	3,74	4,88	4,16	3,96	3,58	2,66
Tm	0,73	0,46	0,64	0,59	0,34	0,65	0,53	0,21	0,33	0,54	0,72	0,63	0,55	0,55	0,40
Yb	4,69	2,92	4,06	3,73	2,26	4,13	3,45	1,33	2,03	3,48	4,53	4,14	3,33	3,52	2,55
Lu	0,70	0,46	0,61	0,57	0,35	0,62	0,52	0,20	0,29	0,55	0,68	0,64	0,52	0,57	0,38
Ge	1,90	1,50	2,00	1,70	1,40	1,90	1,20	1,60	1,40	1,30	1,30	1,10	0,00	0,00	1,60
Ti	11846,12	8387,01	10353,37	8878,60	7439,80	11510,40	8560,86	4076,60	8764,69	10251,45	8860,61	11018,81	9172,35	12469,60	6996,17