



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

**Petrología, geoquímica, isotopía y geocronología de los
xenolitos de Chalcatzingo, Morelos, y el Picacho de Pepechuca, Estado de
México**

T E S I S

Que para optar por el grado de
Maestro en Ciencias de la Tierra

PRESENTA:

Anthony Ramírez Salazar

ASESOR

Dr. Fernando Ortega Gutiérrez
Instituto de Geología, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dr. Arturo Gómez Tuena – Centro de Geociencias, UNAM
Dra. Laura Mori – Facultad de Ingeniería, UNAM
Dr. Michelangelo Martini – Instituto de Geología, UNAM
Dr. Carlos Ortega Obregón – Centro de Geociencias, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX. ENERO DE 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*"...como suele morir
un día con un tiempo*

*corriente, ya sepas
que vas a morir o
no sepas nada, un día*

*en que quizá como de costumbre
has olvidado que vas a morir,
un día un poco ventoso"*

Inger Christensen

A Toly, por todo

***A Eduardo, Gabriel, Leonardo, Fernanda y Rodrigo,
por iluminar mi vida***

***A mis amix, por todos los momentos,
aprendizajes y sueños compartidos. xoxo***

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Crecimiento y reciclaje cortical en el margen convergente mexicano” Conacyt 239494, a cargo de Dr. Arturo Gómez Tuena, por proporcionar los recursos necesarios para realizar todos los análisis químicos, isotópicos y geocronológicos contenidos en este trabajo.

Al proyecto “Sistemas Tectónicos de México, origen y evolución” Conacyt 164454, a cargo del Dr. Ortega Gutiérrez, por proporcionar los recursos para el trabajo de campo.

A los miembros del comité evaluador de esta tesis: el Dr. Fernando Ortega Gutiérrez, el Dr. Arturo Gómez Tuena, la Dra. Laura Mori, el Dr. Michelangelo Martini y el Dr. Carlos Ortega Obregón, por el tiempo y dedicación que se tomaron para revisar el trabajo, así como por la retroalimentación recibida que mejoró en gran medida el contenido de la tesis y la presentación de la misma.

Un agradecimiento especial a los Drs. Fernando Ortega Gutiérrez y Arturo Gómez Tuena, por asesorar el trabajo y guiarme durante mis estudios de maestría.

A la M. en C. Gabriela Hernández Quevedo, por enseñarme y ayudarme a realizar las técnicas de preparación y digestión de muestras para los análisis de isótopos de Sr, Pb, Nd y Hf y elementos traza.

A la M. en C. Ofelia Pérez Arvizú y a Liliana Corona Martínez, por realizar la medición de elementos traza en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias (CGeo), UNAM.

Al Dr. Carlos Ortega Obregón por enseñarme y ayudarme a realizar las técnicas de LA-ICPMS, para la obtención la isotopía U-Pb y elementos traza en circones, y LA-MC-ICPMS, para la obtención de la isotopía de Hf en circones. Además le agradezco al Dr. Carlos que junto con el M. en C. Harim E. Arvizu Gutiérrez me ayudaron a obtener los datos isotópicos de U-Pb en rutilo y la química en granates por medio de la técnica de LA-ICPMS.

A la Q.F.I. M. Concepción Arredondo de la Rosa, por ayudarme a obtener las imágenes de catodoluminiscencia de los circones separados.

Al Dr. Alexander Iriondo y sus estudiantes por enseñarme la técnica de separación de circones por líquidos pesados.

A la Dra. Adela Margarita Reyes Salas y la Química Sonia Ángeles García, por ayudarme a obtener las imágenes de microscopio electrónico.

A M. Guadalupe Ramírez Calderón y Luis Javier Gutiérrez Trejo, por apoyarme en la recolección de xenolitos en mi trabajo de campo. Gracias, amix.

A mis amigas y amigos, por cada uno de los momentos compartidos, los cuales han enriquecido mi vida en muchos sentidos. Gracias por siempre hacerme reír, aprender y crecer. Los quiero con todo mi cerebritito, por siempre. xoxo

A mi familia: mis hermanas Nancy y Yadira, a mi hermano David y a mi mamá y papá por todo el apoyo durante estos años de maestría y por todo lo que les debo en esta vida. Su apoyo ha sido siempre una pieza clave para mi desarrollo. Los amo.

A mis sobrinita Fernanda y mis sobrinitos, Eduardo, Gabriel, Leonardo y Rodrigo, por toda la felicidad y luz que traen a mi vida. Nunca dejen de soñar y pelear por sus metas, y no olviden hacer las cosas por pasión. Los amo.

Y de nuevo, porque nunca me cansaré de hacerlo, a Toly, por absolutamente todo. Te amo, má.

Tabla de contenido

Resumen	7
1. Introducción	8
1.1 Objetivos:	9
1.2 Objetivos Particulares	9
1.3 Hipótesis.....	9
2. Marco Geológico	10
2.1. Sierra Madre del Sur	11
2.1.1. Evolución temporal de la SMS	11
2.1.2. Campo Volcánico La Goleta	12
2.2 Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM)	14
2.2.1. Evolución temporal de la FVTM	15
2.2.2. FVTM, producto de dos placas en subducción	16
2.2.3. Chalcatzingo.....	17
2.3. Basamento	20
2.4. El margen truncado del suroeste de México y su relación con la SMS y la FVTM	22
3. Metodología	25
3.1 Separación de circones	25
3.2 Elementos traza.....	26
3.3 Isótopos.....	27
3.3.1 Separación isotópica por columnas	28
3.3.2 Medición en Neptune.	32
3.4 LA-ICP-MS.....	33
3.4.1 U-Pb y elementos traza en Circones	33
3.4.2 Lu-Hf en circones	34
3.4.3 U-Pb y elementos traza en Rutilos.....	35
3.4.4 Granates	35
4. Resultados	37
4.1 Petrografía	37
4.1.1 Chalcatzingo.....	38
4.1.2 Picacho de Pepechuca	43
4.2 Geoquímica e isótopos.....	47
.....	50

4.3 Circones: geocronología, química e isotopía de Hf	51
4.3.1 Chalcatzingo	51
4.3.2 Picacho de Pepechuca	54
4.4 Geocronología U-Pb y química de rutilo	61
4.5 Química mineral de granates	63
5. Discusión.....	66
5.1 Edad del metamorfismo.....	66
5.1.1. Chalcatzingo.....	66
5.1.2. Picacho de Pepechuca	69
5.2 Procesos metamórficos y condiciones del metamorfismo	70
5.2.1 Chalcatzingo.....	70
5.2.2 Picacho de Pepechuca	73
5.3 Naturaleza de los protolitos.....	74
5.3.1 Chalcatzingo.....	74
5.3.2 Picacho de Pepechuca	78
5.4 Relación de los xenolitos con sus magmas hospederos y rocas cercanas	79
5.4.1 Chalcatzingo.....	79
5.4.2 Picacho de Pepechuca	79
5.5 Modelo genético	80
6. Conclusiones.....	84
REFERENCIAS	86
ANEXO 1 Geoquímica e isotopía.....	94
ANEXO 2 CIRCONES	96
ANEXO 3 RUTILOS.....	129
ANEXO 4 GRANATES	132

Resumen

Los xenolitos granulíticos de Chalcatzingo, Morelos y el Picacho de Pepechuca (PP), Estado de México, ofrecen una ventana al basamento en una zona donde no está expuesto. Aunque se ha inferido que forman parte del microcontinente Oaxaquia, esto no ha sido confirmado, por lo que se realizó un estudio integral para comprender su naturaleza.

Se identificaron tres eventos metamórficos en Chalcatzingo, logrando fechar el segundo en el Eoceno medio (Eom)-Oligoceno temprano (47.1-32.9 Ma, U-Pb en circón; $T = 812-871 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$). En el PP se identificaron dos eventos metamórficos y se infiere que el segundo ($T = 768 \pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$) es contemporáneo al evento eocénico de Chalcatzingo.

Las metapelitas del PP están asociadas a las sucesiones del margen continental mexicano depositadas desde el Triásico hasta el Jurásico Inferior previamente a la acreción del terreno Guerrero. En Chalcatzingo, se proponen dos protolitos posibles: sedimentos subducidos por la Placa de Farallón y relaminados en la base de la Placa Norteamericana (PNa) o una sucesión pre-albiana parecida a la del PP. Además se identificó en los xenolitos ígneos las contrapartes plutónicas de algunas de las calderas eocénicas tardías de la SMS. Los datos descartan que los xenolitos sean parte de Oaxaquia.

Los xenolitos metapelíticos muestran que la maduración termo-mecánica (MTM), de la corteza del sur de México, comenzó al menos desde el Eoceno medio, causando un metamorfismo pervasivo en la zona. Para explicar el metamorfismo se presentan dos variantes de un modelo. (A) El calentamiento comenzó a metamorfizar las rocas de la corteza media en el Eom, causando fusión parcial de ellas y la formación posterior de los depósitos de caldera de la SMS. (B) Los sedimentos de la paleo-trinchera mexicana fueron subducidos debajo de la PNa, relaminándose poco antes del Eom. La MTM continúa hasta alcanzar la corteza media, provocando el metamorfismo y fusión parcial de esa zona y generando los depósitos volcánicos eocénicos de la SMS

1. Introducción

El conocimiento de la corteza inferior, el manto y núcleo se ha obtenido principalmente gracias a estudios geofísicos, debido a la capacidad limitada para obtener muestras directas de los materiales que constituyen dichos reservorios. Aun cuando los esfuerzos por perforar la corteza continental no son pocos, el pozo con mayor profundidad, el pozo súper profundo de Kola, rebasa apenas los 12 km (Mottaghy, *et al.*, 2005), impidiendo la obtención directa de rocas tan siquiera de la corteza media. Afortunadamente, los cuerpos ígneos logran traer a la superficie muestras del manto y la corteza no expuesta en la superficie, ya sea en forma de xenolitos o xenocristales, lo que ha permitido realizar una gran cantidad de estudios sobre las características químicas y físicas de dichas zonas en distintas regiones del mundo, permitiendo un mejor entendimiento del planeta.

En el caso de México los xenolitos son relativamente comunes, aunque la mayoría de ellos está relacionado a rocas asociadas a ambientes de extensión, también los hay en lavas de ambientes de subducción (*e.g.* Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012). Su estudio ha logrado esclarecer la naturaleza del basamento en regiones donde no aflora (Roberts & Ruiz, 1989), metasomatismo (Mukasa *et al.*, 2007) y condiciones de oxidación (Battler & Carmichael, 1998) en la cuña del manto, relacionar posible contaminación cortical (Luhr, *et al.*, 1995), y eventos recientes de ultra alta temperatura (Hayob, *et al.*, 1989), entre otros.

En el sur de México hay algunas localidades asociadas a la Faja Volcánica Trans-Mexicana (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012; 2014) y a la Sierra Madre del Sur (Elías-Herrera & Ortega-Gutiérrez, 1997) con xenolitos granulíticos que posiblemente provienen de la corteza inferior. Comprender la naturaleza de estas rocas es necesario para tener una mejor visión de cómo está compuesto el basamento cristalino donde se han emplazado los grandes volúmenes volcánicos del Cenozoico, pues en gran parte de estas áreas el basamento está cubierto por depósitos Mesozoicos y Cenozoicos (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Aunque ya se han realizado trabajos en las localidades de Chalcatzingo (Gomez-Tuena *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012) y Pepechuca (Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 1997; Elías-Herrera *et al.*, 2009), éstos se han enfocado más al aspecto petrológico y un poco al geocronológico (Elías-Herrera *et al.*, 2009), dejando fuera información geoquímica, isotópica y, en el caso de Chalcatzingo, geocronológica, lo que limita la capacidad para hacer

relaciones genéticas con los magmas que los exhumaron en particular, y con los productos ígneos de los cinturones volcánicos Cenozoicos en general, así como también oscurece la correlación de los basamentos presentes en dichas localidades. No obstante se ha dicho que estos xenolitos podrían formar parte de una corteza proterozoica (Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 1997; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012) y reflejar procesos de fusión parcial por las temperaturas altas que alcanzaron (Elías-Herrera *et al.*, 2009).

1.1 Objetivos:

El trabajo de tesis tiene como objetivo entender la naturaleza de los xenolitos, tanto la de su protolito, como la de su metamorfismo, para comprender la naturaleza del basamento cristalino en las regiones estudiadas, la relación de los xenolitos estudiados con la génesis de las rocas ígneas que los contienen y probar si estas rocas reflejan procesos geológicos globales como la erosión por subducción y la relaminación cortical.

1.2 Objetivos Particulares

- Realizar una caracterización petrográfica de los xenolitos metapelíticos, metaígneos e ígneos félsicos para entender los procesos involucrados en su metamorfismo.
- Conocer las condiciones de presión y temperatura del pico metamórfico de los xenolitos estudiados, así como la trayectoria metamórfica que siguieron éstos.
- Determinar la edad del protolito de los xenolitos, así como la de su metamorfismo y relacionarla con las condiciones de presión y temperatura a las que estuvieron sometidos.
- Caracterizar la composición geoquímica (elementos traza y mayores) e isotópica (Pb, Sr, Nd y Hf) de los xenolitos metapelíticos, metaígneos e ígneos félsicos.
- Hacer isotopía de Hf en circones.

1.3 Hipótesis

Los xenolitos podrían representar rocas sedimentarias subducidas debajo de la Placa de Norteamérica o llevadas al manto por erosión por subducción, que después fueron relaminadas en la base de la corteza sur mexicana o representarían sucesiones sedimentarias de la corteza superior pre-albianas metamorfizadas.

2. Marco Geológico

El magmatismo de arco provocado por la subducción a lo largo de márgenes convergentes ha sido una constante en la región oeste del Pacífico de México desde el Jurásico, lo que la coloca como un buen ejemplo para entender la formación de corteza continental. En el caso específico de la parte suroeste del país, durante el Cenozoico se han formado dos cinturones volcánicos: la Sierra Madre del Sur (SMS), que se caracteriza por un magmatismo silíceo y una actividad volcánica explosiva (Morán-Zenteno *et al.*, 1999, 2007, 2017); y la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), producto de la subducción de las placas de Rivera y Cocos, con rocas en su mayoría de composición andesítica y un volcanismo más efusivo (Gómez-Tuena *et al.*, 2005, 2016; Ferrari *et al.*, 2012).

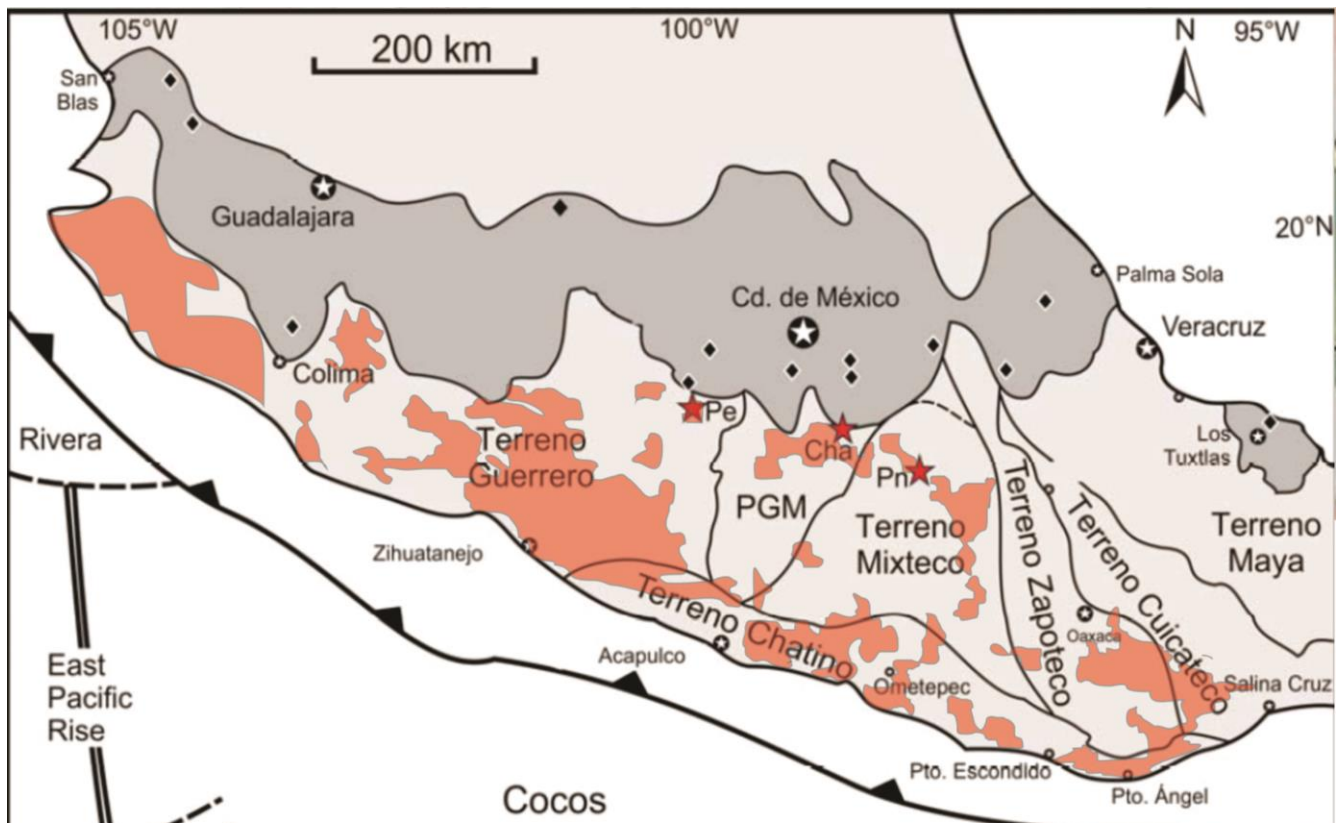


Fig. 2.1 Mapa geológico esquemático de las Faja Volcánica Mexicana (Gris oscuro) y la Sierra Madre del Sur (Rojo). Se muestran los terrenos en los que están emplazadas las provincias. Las estrellas rojas representan las localidades de Pepechuca (Pe), Chalcatzingo (Cha) y Puente Negro (Pn), las dos primeras objeto de esta tesis. Los diamantes negros representan los estratovolcanes de la FVTM. Modificado de Ortega-Gutiérrez *et al.*, (2012), con información de Sedlock *et al.* (1993) y Ferrari *et al.*, (2014). PGM = Plataforma Morelos-Guerrero.

2.1. Sierra Madre del Sur

La SMS (Fig.2.1) es una de las dos provincias volcánicas silíceas del Cenozoico en el país y se extiende desde Michoacán y Colima hasta el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca (Morán-Zenteno *et al.*, 1999) abarcando una superficie de 90000 km² (Morán-Zenteno *et al.*, 2017). Está formada por dos cinturones magmáticos que se extienden casi paralelos a la costa sur del Pacífico, uno de ellos está constituido por batolitos y cuerpos plutónicos principalmente félsicos, con carácter calci-alcalino, toleíítico y alcalino, que se encuentran emplazados y exhumados en la zona costera, constituyendo casi el 50% de su extensión (Morán-Zenteno *et al.*, 1999; Ferrari *et al.*, 2014); el otro cinturón se caracteriza por la presencia de campos volcánicos y algunas rocas intrusivas, que se encuentra más alejado de la costa (Morán-Zenteno *et al.*, 1999).

2.1.1. Evolución temporal de la SMS

Desde el Cretácico Tardío hasta el Mioceno temprano, la actividad magmática asociada a la SMS fue constante, abarcando un lapso de casi 80 millones de años (m.a.) (Morán-Zenteno *et al.*, 2017). Uno de los rasgos más importantes que se han reconocido con respecto a la temporalidad del arco, es su aparente migración hacia el sureste (Schaaf *et al.*, 1995), que se ve oscurecida por la sobreposición de rocas del Cretácico tardío-Eoceno temprano y productos magmáticos del Eoceno tardío-Oligoceno en la parte central de la SMS, sugiriendo una migración tierra adentro del magmatismo (Mori *et al.*, 2012).

Ferrari *et al.*, (2014) identificaron cinco episodios magmáticos en los productos de la SMS:

- Cretácico Superior (92-70 Ma): Formación de un cinturón con tendencia NNO ubicado entre Puerto Vallarta y Manzanillo, caracterizado por granitoides, flujos andesíticos e ignimbritas silíceas. Contemporáneamente se emplazó una sucesión vulcano-sedimentaria entre Zihuatanejo y Tzitzio.
- Cretácico Tardío-Eoceno temprano (70-48 Ma): Construcción de un cinturón ubicado al este de Manzanillo y hasta Zihuatanejo, conformado por cuerpos graníticos y gabroicos intrusivos grandes y flujos de lava basálticos y silíceos. Al mismo tiempo, en la parte central-norte de Guerrero, una serie de intrusiones y lavas, algunas con carácter adakíticos y toleíítico, se emplazó con una tendencia NE.

- Eoceno tardío (48-34 Ma): Episodio caracterizado por batolitos graníticos y granodioríticos, flujos de lava andesíticos a riolíticos, extendiéndose desde el este de Michoacán hasta Guerrero.
- Oligoceno (34-23 Ma): Rocas ígneas distribuidas ampliamente en la parte central y sur de la SMS. El episodio está representado por batolitos graníticos y granodioríticos expuestos de Atoyac a Huatulco y rocas volcánicas extensas emplazados entre Huetamo y Oaxaca, gran parte de ellas parte de un cinturón de calderas, diques piroclásticos y lavas, asociados a un evento de maduración termomecánica de la corteza (Mori *et al.*, 2012).
- Mioceno (23-16 Ma): Productos magmáticos ubicados principalmente en la parte este y norte de Oaxaca, y la zona más norte de la SMS.

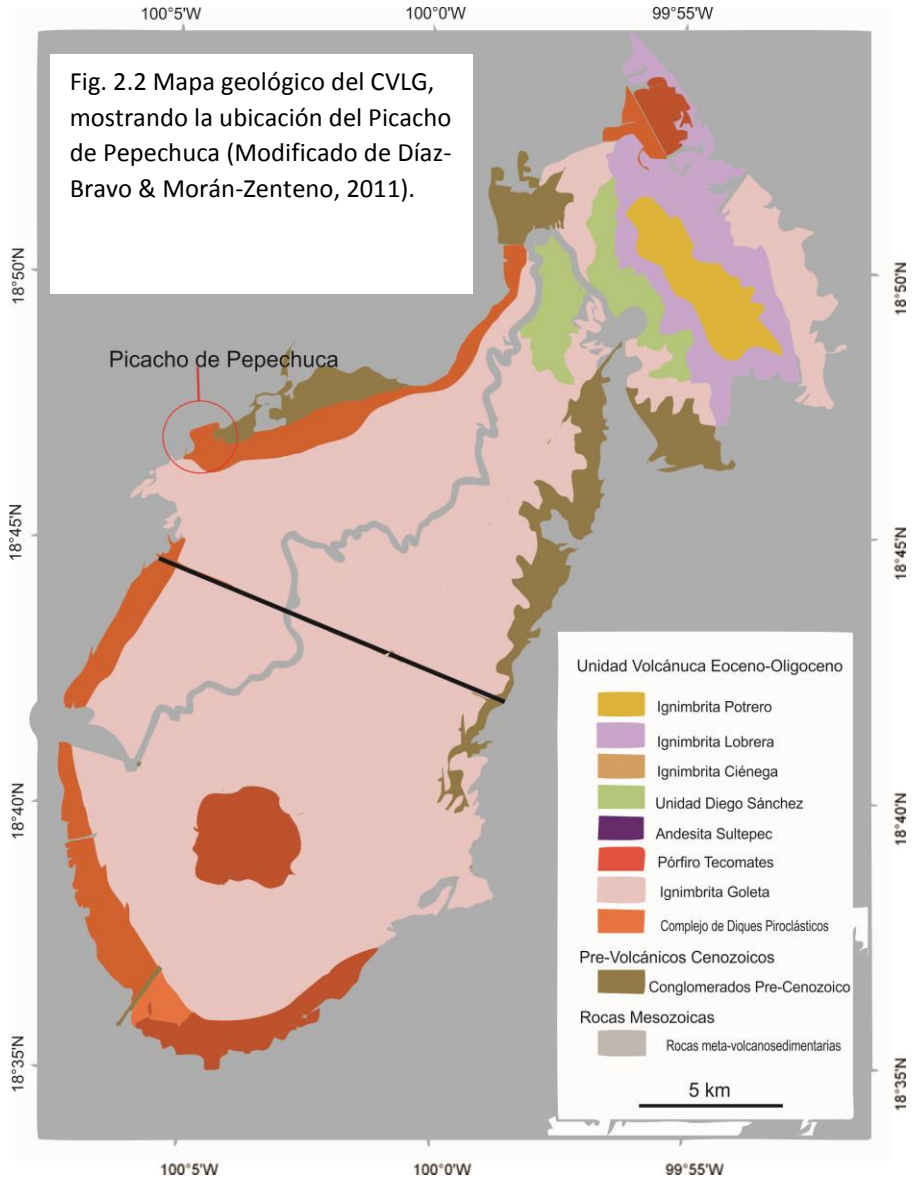
Los últimos eventos asociados a la SMS fueron contemporáneos con los estadios más tempranos de la FVTM (Morán-Zenteno *et al.*, 1999; 2007; 2017; Ferrari *et al.*, 2012; 2014)

2.1.2. Campo Volcánico La Goleta

El Campo Volcánico La Goleta (CVLG) (Fig. 2.2), también conocido como Sultepec-Goleta (Díaz-Bravo y Morán-Zenteno, 2011) se encuentra localizado en el suroeste del Estado de México, y forma parte de un cinturón (38-30 Ma) de estructuras de colapso, complejos de diques piroclásticos y lavas intermedias-silícicas, generado por formación de calderas y erupciones fisurales, asociadas a una maduración termomecánica de la corteza del sur de México, debido a la inyección de calor y masa desde el manto (Mori *et al.*, 2012). El cinturón preserva un volumen de rocas de 3,000 km³ y se extiende por 220 km desde Nanchititla, Estado de México, hasta Huautla, Puebla (Díaz-Bravo y Morán-Zenteno, 2011).

El CVLG (36-34 Ma), es de forma elíptica con un área de 400 km² y un volumen preservado de 200 km², tiene un espesor de 200 m en el norte a 600 m en el sur. Está conformado por una serie de ignimbritas, flujos de lavas y diques piroclásticos en sus bordes (Díaz-Bravo-

Morán-Zenteno, 2011). En la parte oeste de la ignimbrita La Goleta, se encuentra el complejo de diques Sultepilco-Picacho, el cual contienen una intrusión piroclástica notable y casi cilíndrica, con fragmentos megascópicos de pómez de hasta 10 cm (Díaz-Bravo-Morán-Zenteno, 2011), denominado el Picacho de Pepechuca, el cual Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez (1997) habían identificado como un cuerpo subvolcánico. En el dique Picacho de Pepechuca se han descrito xenolitos metamórficos de alto grado en facies de granulita (Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 1997).



Las rocas del CVLG son ricas en sílice ($> 72\% \text{SiO}_2$) calcialcalinas de K alto; muestran enriquecimiento en elementos litófilos de ion grande (LILE, por sus siglas en inglés) y Pb, con respecto a los elementos de fuerza de campo alta (HFSE, por sus siglas en inglés). Muestran un patrón de tierras raras (REE, por sus siglas en inglés) con forma de “gaviota”, con LREE fraccionadas, HREE enriquecidas y una anomalía negativa muy pronunciada de Eu. También hay anomalías negativas de Ba, Sr y Ti. (Mori *et al.*, 2012). Su isotopía de $(^{187}\text{Sr}/^{186}\text{Sr})_i$ va de 0.706472-0.706682 y $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ de 0.512504-0.51231 (Mori *et al.*, 2012).

El CVLG ha sido interpretado como producto de un colapso de caldera controlado por las fallas preexistentes, que fue alimentado por conductos en sus bordes, ahora rellenos por los diques piroclásticos (Díaz-Bravo y Morán-Zenteno, 2011). Las características geoquímicas e isotópicas, llevaron a Mori *et al.*, (2012) a proponer que los magmas fuente fueron generados por anatexis de rocas cuarzo-feldespáticas con biotita enriquecidas isotópicamente, debido al emplazamiento de múltiples intrusiones máficas en la corteza media y superior, debajo del campo volcánico. Las intrusiones máficas pudieron ser causadas por una gran inyección de fluidos al manto desde una placa en subducción relativamente plana, causando así una extensa fusión del manto (Mori *et al.*, 2012) o por el ascenso de manto sublitosférico debido a una ventana en la placa en subducción, causada por la divergencia de las zonas de subducción activas en el Oligoceno, una debajo de México y la otra del Bloque Chortis (Ferrari *et al.*, 2014).

En el Picacho de Pepechuca hay varios xenolitos de la corteza superior, muy parecidos a las rocas del área, pero los que han sido estudiados son los xenolitos metapelíticos que se cree provienen de zonas más profunda de la corteza (Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 1997). Mediante estudios texturales e identificación de fases, Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez (1997) concluyeron que los xenolitos habían sufrido anatexis durante un metamorfismo regional de grado alto. Ellos hicieron una evaluación cualitativa de las condiciones termobarométricas del metamorfismo, con la que establecieron un rango de 3-5 kbar de presión y de 730-760°C de temperatura. Sin embargo, fueron resultados constreñidos por redes petrogenéticas previamente publicadas, sin tomar en cuenta la química de las rocas ni de los minerales. En un principio se sugirió que los xenolitos representaban una corteza precámbrica, no obstante, fechamientos posteriores en xenolitos ortogneisícos arrojaron edades jurásicas tempranas (180-183 Ma) y se interpretó que podrían haber sido producto de un evento anatético, donde los xenolitos metapelíticos representarían las contrapartes restíticas dejados a partir de la extracción de un fundido (Elías-Herrera *et al.*, 2009).

2.2 Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM)

La FVTM es, tal vez, la provincia geológica más estudiada del país, debido a que posee una serie de características que hacen de ella un arco único en el mundo (Gómez-Tuena, *et al.*, 2007; 2016), además de que tiene volcanes activos que suponen un peligro para la población

y ha sido cuna para el nacimiento de volcanes históricos, que han permitido comprender mejor algunos procesos volcánicos y petrogenéticos (McBirney *et al.* 1987).

El arco se extiende desde Nayarit y Jalisco en el margen del Océano Pacífico hasta la costa de Veracruz en el Golfo de México (Demant, 1987), por 1200 km, y posee una anchura de 90 a 230 km, ocupando en total un área de ~160000 km² (Ferrari, *et al.*, 2012). Comúnmente se divide en tres sectores: el occidental, central y oriental (Pasquereau *et al.*, 1987; Gómez-Tuena *et al.*, 2005), aunque algunos autores han utilizado otras subdivisiones (Nixon, 1982; Ferrari *et al.*, 2012). Estos sectores muestran un cambio en el espesor de la corteza que subyace la FVTM, siendo el sector oeste el más delgado (~35 km), seguido del central con una corteza de hasta 40 km, y la parte este, siendo la más gruesa, con una corteza de 45 a 50 km de espesor, la cual se va adelgazando hacia la costa del Golfo de México después del Citlaltépetl hasta unos 20 km (referencias citadas en Gómez-Tuena *et al.*, 2005; Ferrari *et al.*, 2012). En general posee una orientación E-W, formando un ángulo medio de 16° con la trinchera Mesoamericana, rasgo que ha dado lugar a cuestionamientos, sobre si realmente la FVTM es producto de la subducción de placas oceánicas (Verma, 2000) o bien de la complejidad geométrico-estructural de la zona de subduccion (Demant, 1978; Perez-Campos *et al.* 2008)

2.2.1. Evolución temporal de la FVTM

En los trabajos del siglo pasado hubo varios intentos de limitar el rango de edad en la que se podía considerar la aparición de la FVTM (véase Nixon, 1982); sin embargo, en los últimos años se ha ido aceptando que los primeros estadios de esta provincia geológica se pueden colocar al inicio del Mioceno con sus manifestaciones más jóvenes formándose aún en nuestros días (Ferrari *et al.*, 2012). Desde entonces a lo largo del arco, se han emplazado magmas con una gran variabilidad geoquímica, desde la típicas rocas de arco calcialcalinas, que son las más abundantes, hasta rocas alcalino-potásicas y tipo intra-placa (Gómez-Tuena *et al.*, 2005; 2016; Ferrari *et al.*, 2012). Basándose en los cambios composicionales que ha experimentado el magmatismo de FVTM a través del tiempo, se ha propuesto una evolución en cuatro etapas (Gómez-Tuena *et al.*, 2005; Ferrari *et al.*, 2012):

- Primer episodio (23-8 Ma): Es un episodio de vulcanismo intermedio localizado principalmente en la parte central del arco, con algunos productos plutónicos y subplutónicos en el sector este (Gómez-Tuena *et al.*, 2003). Una de las localidades

más tempranas con magmatismo de la FVTM se encuentra en el estado de Morelos, en la localidad de Chalcatzingo (Gómez-Tuena *et al.* 2008).

- Segundo episodio (Mioceno tardío-Plioceno Temprano): El magmatismo tiene un carácter máfico y se ubica principalmente en la parte trasera del arco. Hay una migración del magmatismo hacia el este
- Tercer episodio (7.5- 3 Ma): Es un episodio de composición silícica que se vuelve bimodal a partir del Plioceno tardío. Se concentra en la parte central y oeste de la FVTM y mucho de él sucede en grabens.
- Cuarto episodio (Plioceno tardío-Cuaternario): Se caracteriza por su gran variabilidad geoquímica y el emplazamiento de grandes campos monogénéticos y grandes estratovolcanes, muchos de los cuales aún siguen activos.

2.2.2. FVTM, producto de dos placas en subducción

En el margen occidental de México las placas de Rivera y Cocos están subduciendo debajo de la Norteamericana a lo largo de la trincheras Mesoamericana (Pardo y Suárez, 1995). Este proceso es el causante del magmatismo de la FVTM y de la mayoría de la actividad sísmica de México. Por otra parte, la dinámica y geometría de las placas en subducción varía a lo largo de la trincheras, lo que ofrece la posibilidad de comprender mejor los márgenes convergentes a nivel mundial (Manea *et al.*, 2013). Estas variaciones son probablemente la causa de que el arco no sea paralelo a la trincheras (Demant, 1978)

Resolver la geometría de las placas en subducción ha sido un trabajo que se ha tratado de lograr desde el siglo pasado, y que ha sido mejorado gracias a los estudios realizados en las últimas dos décadas, principalmente el MARS (Mapping the Rivera Subduction Zone, Yang *et al.*, 2009) y el MASE (Meso-American Subduction Experiment, Pérez-Campos *et al.*, 2008), y en menor medida el VEOX (Veracruz-Oaxaca Seismic Line, Melgar y Pérez-Campos, 2011) y el CODEX (Colima Volcano Deep Seismic Experiment, Yang *et al.*, 2009 y referencias ahí citadas).

Afuera de la costa del Bloque Jalisco es la única región en el mundo donde está sucediendo fragmentación de microplaca y captura en una zona de subducción, proceso que se ve reflejado en la Placa de Rivera (Yang *et al.*, 2009), la cual se separó de Cocos hace 10-5 Ma (Yang *et al.*, 2009) y está subduciendo debajo de la placa de Norteamérica a una tasa de ~30 mm/año, desde hace 7.9 Ma (DeMets y Trayler, 2000). El ángulo de subducción de Rivera

va aumentando con la profundidad, de $\sim 10^\circ$ en los primeros 20 km, 50° a 40 km (Pardo y Suárez, 1993), y hasta $60-65^\circ$ de inclinación debajo de los 100 km (Yang *et al.*, 2009). Se especula que la pronunciada pendiente que presenta la placa podría ser resultado de un *rollback* (Yang *et al.*, 2009), facilitado por el flujo toroidal de manto sublitosférico desde la parte trasera de la placa hacia la delantera, relacionado con la ruptura de Rivera y Cocos; el rasgo que la evidencia se encuentra a 150 km de profundidad (Yang *et al.*, 2009; Manea *et al.*, 2013).

Desde Colima hasta Centroamérica, la placa de Cocos está subduciendo a lo largo de la trinchera Mesoamericana (Manea *et al.*, 2013). Las características de Cocos que varían a rumbo y perpendicularmente a la trinchera son la edad y la rapidez con la que converge, que aumenta hacia el sureste (Manea *et al.*, 2013). El ángulo de subducción es muy alto en la vecindad con Rivera, siendo de $\sim 50^\circ$, mientras que en la zona centro empieza subduciendo con un ángulo de $15-20^\circ$, para luego aplanarse mostrando una inclinación casi nula (Pérez-Campos *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2012). En esta región, la profundidad de la placa es de 40 km y está separada de la corteza continental por una zona de baja velocidad sísmica (Pérez-Campos *et al.*, 2008), la cual ha sido interpretada como un manto serpentizado (Manea *et al.*, 2013); la horizontalidad de la placa acaba justo al sur de la FVTM, donde se dobla creando un ángulo de 75° y se extiende hasta 500 km de profundidad, donde se trunca (Pérez-Campos *et al.*, 2008). En el sur de México y en Centroamérica, Cocos vuelve a subducir con ángulos altos (Manea *et al.*, 2013 y referencias ahí citadas).

2.2.3. Chalcatzingo

A pesar de ser de dimensiones pequeñas, Chalcatzingo (Fig.2.3) posee características fascinantes que lo hacen único: representa un producto casi prístino de la fusión de una placa en subducción (Gómez-Tuena *et al.*, 2008); contiene xenolitos metamórficos de grado alto, que podrían ayudar a comprender mejor el basamento cristalino en esta zona del país, donde no aflora debido a la cubierta Cenozoica y Mesozoica (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012); y resguarda estelas de bajorrelieve y asentamientos del preclásico, que fueron hechos por un pueblo relacionado a los Olmecas, y que mantenía intercambios con otros pueblos mesoamericanos del sur, constituyendo así un centro de importancia cultural y económica regional (Grove, 2008).

La zona de Chalcatzingo está compuesta de tres domos volcánicos trondhjemíticos alineados casi NNE (Fig. 2.4) (Gómez-Tuena, *et al.*, 2008), ubicados al este del Estado de Morelos, de 20 Ma de edad (Gómez-Tuena *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez *et al.* 2012; Duarte *et al.*, 2015).

Las rocas son porfíricas con fenocristales de plagioclasa, que muchas veces se muestran alteradas hidrotermalmente, y de anfíbol, con una matriz de equigranular de plagioclasa, cuarzo, sanidino, apatito, circón y otros minerales accesorios (Gómez-Tuena *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez, *et al.*, 2012). La plagioclasa presenta zoneamiento en casi todos los cristales, mientras que las texturas de tamiz son poco comunes. Hay anfíboles siendo remplazados por pseudomorfos de clinopiroxeno-sauserita-óxidos de Fe-Ti o ortopiroxeno-plagioclasa-óxidos de Fe-Ti; algunas láminas tienen biotitas remplazadas por piroxenos-filosilicatos-óxidos de Fe-Ti y otras tienen cuarzos con bordes corroídos (Ortega-Gutiérrez, *et al.*, 2012).

La química de la roca es muy peculiar dentro de la FVTM. Son rocas de alto sílice (67.5-71.9%) con $K_2O/Na_2O \approx 1$, indicando un enriquecimiento de Na_2O relativo a K_2O . En comparación con otras lavas del arco, tienen número de Mg (#Mg) alto, el contenido de elementos incompatibles relativamente alto. Su isotopía es muy parecida a la de los basaltos de dorsal medio-oceánica (MORB, por sus siglas en inglés), con el $^{87}Sr/^{86}Sr$ ligeramente más radiogénico (Gómez-Tuena *et al.*, 2008). Todas estas características llevaron a Gómez-Tuena *et al.* (2008) a proponer que los domos de Chalcatzingo habían sido generados por la fusión

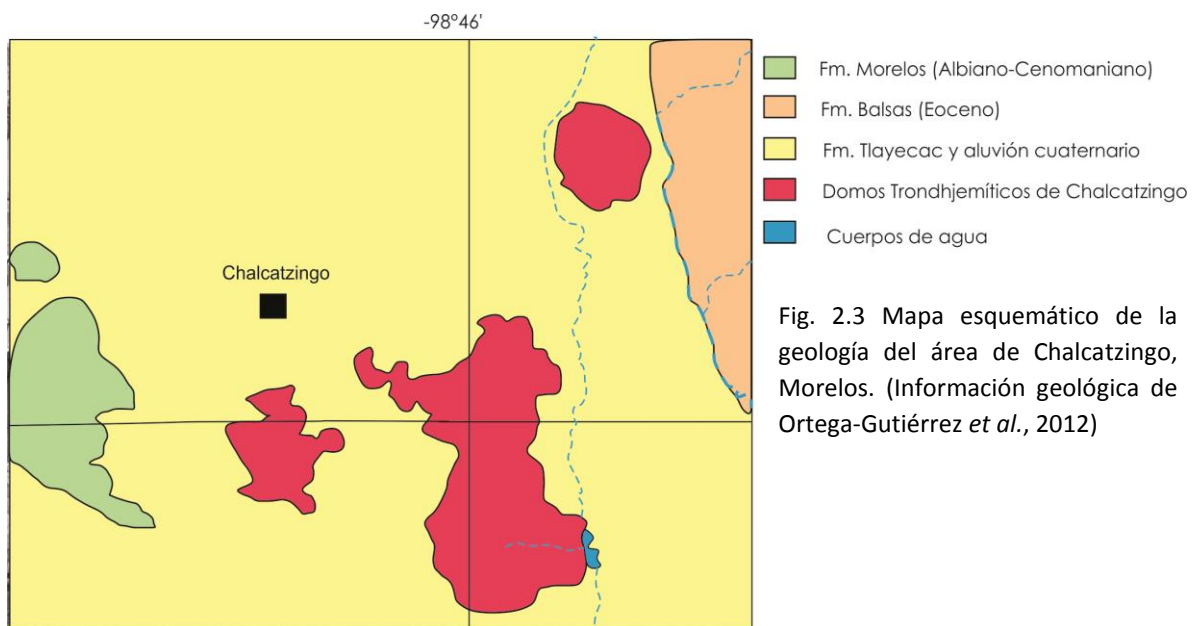


Fig. 2.3 Mapa esquemático de la geología del área de Chalcatzingo, Morelos. (Información geológica de Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012)

de la placa en subducción, con contribuciones en menor medida de sedimentos pelágicos y con poca interacción con la cuña del manto.

Una gran variedad de xenolitos y xenocristales han sido reportados en los domos de Chalcatzingo (Gómez-Tuena *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012), los cuales se concentran principalmente en el cerro del mismo nombre, y que son difíciles de obtener pues o están muy embebidos en la roca o forman parte de las esculturas y bajorrelieves de la zona arqueológica. Los xenocristales son de granate, ortopiroxeno, plagioclasa, apatita, ilmenita y circón (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012). Por su parte, los xenolitos son metapelitas granulíticas ricas en Al (el grupo más abundante), granulitas y ortogneises máficos, gneises cuarzo-feldespáticos de biotita y granate, gabros de hornblenda y algunas piroxenitas (Gómez-Tuena, *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez *et al.* 2012).

Ortega-Gutiérrez *et al.*, (2012) hicieron una descripción petrográfica detallada de los xenolitos; con ella, y usando termometría convencional, lograron identificar tres paragénesis metamórficas, que describen un camino prógrado horario:

- M₁: caracterizado por la asociación biotita-silimanita₁ (que por su forma infirieron que podría tratarse de un pseudomorfo de cianita-cuarzo, todos ellos contenidos en granate en las metapelitas ricas en Al.
- M₂: representado por la asociación plagioclasa-granate-silimanita₂-corindón ±ortopiroxeno±cuarzo, con un pico de metamorfismo de 9-11 kbar de presión, y una temperatura >870°C (probablemente alcanzando la temperatura ultra-alta).
- M₃: registrado por coronas alrededor de granates compuestas de espinela-cordierita-silimanita₃-corindón±ortopiroxeno±cuarzo, que interpretan como producto de una descompresión a <6 kbar y >800°C.

Ortega-Gutiérrez *et al.*, (2012) propusieron tres posibles orígenes para los xenolitos: metasedimentos del Mesozoico temprano; sedimentos Cenozoicos subducidos y relaminados; y corteza precámbrica. Ellos optaron por la última opción, basados en las edades modelo de Nd de los xenolitos ortogneísicos (Gómez-Tuena *et al.*, 2008), sin embargo, no hicieron ningún fechamiento directo en los xenolitos (*e.g.* U-Pb en circón), por lo que no sería posible confirmar el carácter proterozoico de las muestras.



Fig.2.4 Vista desde la cara E del domo Chalcatzingo de los domos norte de área (Abril, 2017).

2.3. Basamento

La naturaleza tan heterogénea del sur de México provoca que los arcos allí construidos estén emplazados en varios terrenos con características litológicas bien definidas (Campa & Coney, 1983; Sedlock *et al.*, 1993; Gómez-Tuena, *et al.*, 2005; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2008; Morán-Zenteno *et al.*, 2017). La FVTM corta tres terrenos: Maya, Mixteco y Guerrero (Campa & Coney, 1983; Gómez-Tuena *et al.*, 2005); por su parte las rocas de la SMS intruyeron el Guerrero, Chatino (Xolapa), Zapoteco, Mixteco y Cuicateco (Juárez) (Morán-Zenteno *et al.*, 2017). A continuación se enlistan las características generales de cada terreno:

Terreno Chatino: Es un cinturón alargado que se distribuye a lo largo de la costa sur de México (Campa & Coney, 1983). Gran parte de la litología es parte del Complejo Xolapa, el cual constituye el basamento y está formado por rocas migmatíticas, metasedimentarias y ortogneises, con protolitos posiblemente asociados a un arco magmático Jurásico-Cretácico (Estrada-Carmona *et al.*, 2016 y referencias ahí citadas). Hay intrusivos graníticos a lo largo del Complejo, así como complejos de diques máficos (*e.g.* Ferrari *et al.*, 2014).

Terreno Cuicateco: Es un terreno acuñado entre el Zapoteco y el Maya (Sedlock *et al.*, 1993). Constituido por rocas volcanosedimentarias y metasedimentarias deformadas y metamorfizadas de edad Paleozoico y Cenozoico y rocas ultramáficas, sobreyacidas por carbonatos y rocas sedimentarias cretácicas y unidades volcánicas Paleozoicas (Sedlock *et al.*, 1993; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2008 y referencias ahí citadas).

Terreno Guerrero: Es un terreno compuesto que se extiende por el margen occidental de México (Campa & Coney, 1983), aunque estudios recientes sugieren que en realidad la división en subterrenos es más bien un artificio de fallas posteriores (Martini *et al.*, 2017). En general los subterrenos están formados por rocas de afinidad de arco oceánico y rocas sedimentarias subacuáticas con metamorfismo de bajo grado de edad Mesozoico (Elías-Herrera *et al.*, 2000; Mendoza-Suastégui, 2000). Las rocas sedimentarias sugieren que en conjunto se trata de un sistema de arco-tras-arco acrecionado originado cerca del margen continental de Norteamérica y acrecionado a este mismo (Martini *et al.*, 2014).

Terreno Maya: Ortogneises y paragneises granulíticos del Complejo Guichicovi son las rocas más antiguas del terreno (Weber & Köhler, 1999), sobreyacidas por depósitos continentales y marinos e intruidas por granitos, ahora deformados.

Terreno Mixteco: El Complejo Acatlán forma el basamento de este terreno (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1999), y está formado por rocas metasedimentarias, asociaciones magmáticas y metamórficas grado bajo y alto del Paleozoico, intercaladas en bloques tectónicos que reflejan una historia polimetamórfica (Talavera-Mendoza *et al.*, 2005; Vega-Granillo *et al.*, 2007; Keppie *et al.*, 2008). El Complejo Acatlán está cubierto por rocas sedimentarias marinas de edad Paleozoico y unidades cenozoicas volcanosedimentarias (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2008 y referencias ahí citadas).

Terreno Zapoteco: Su basamento es el Complejo Oaxaqueño, el cual está constituido por ortogneises y paragneises en facies de granulita de edad proterozoica (1004 ± 3 - 979 ± 3 Ma) (Solari, *et al.*, 2003). Sobre el basamento se encuentra un cobertura Paleozoica, siendo la Formación Tiñú la más antigua, tiene fauna característica de Gondwana (Pantoja-Alor & Robinson, 1967); hay granitos pérmico-triásicos cortando el basamento (Solari, *et al.*, 2001; Ortega-Obregón, *et al.*, 2012).

2.4. El margen truncado del suroeste de México y su relación con la SMS y la FVTM

En la zona sur del margen continental occidental mexicano, desde Puerto Vallarta hasta el Istmo de Tehuantepec, el margen tiene un carácter truncado, por lo que su origen ha sido tema de debate durante décadas (de Cerna, 1969; Karig *et al.*, 1978; Morán-Zenteno *et al.*, 1996; Keppie *et al.*, 2012).

Con el paso de los años se han logrado documentar algunas evidencias que reflejan el truncamiento del margen continental en el sur de México:

- Los plutones del magmatismo de la SMS se encuentran expuestos a lo largo de la costa mexicana del suroeste y la distancia entre ellos y la trinchera mesoamericana es relativamente corta (Schaaf *et al.*, 1995; Morán-Zenteno, 1996).
- El enfriamiento relativamente rápido de diversos plutones, evidencia una exhumación de los cuerpos ígneos en un tiempo corto (Morán-Zenteno *et al.*, 1996; Keppie *et al.*, 2012).
- Los depósitos de la cuenca antearco son muy angostos (Karig *et al.*, 1978), muestran una sedimentación discontinua, con falta de secuencias mesozoicas, e hiatus en el Oligoceno y Mioceno medio (Keppie y Morán-Zenteno, 2005). En algunas zonas hay contacto inconforme entre sedimentos del Mioceno temprano y la extensión de los plutones del arco hacia la trinchera (Bellón *et al.*, 1982).

Varios modelos han sido propuestos para explicar este rasgo abrupto en la costa pacífica (véase Morán-Zenteno *et al.*, 2017), los que han perdurado más son aquellos que involucran el movimiento sinistral del bloque Chortís desde su paleoposición junto al suroeste mexicano hacia su localización actual en Centroamérica (*e.g.* Pindell *et al.*, 1988); y los que hablan de la erosión por subducción del antearco como mecanismo para truncar el margen (*e.g.* Keppie y Morán-Zenteno, 2005; Keppie *et al.*, 2012). Algunos autores abogan por una combinación de ambos procesos como mejor solución a las distintas características geológicas de la costa mexicana (Morán-Zenteno *et al.*, 1996; Ferrari *et al.*, 2014). Otras ideas, como el movimiento dextral de Baja California han sido sugeridas (Karig *et al.*, 1978), pero cayeron en desuso.

La aparente migración del magmatismo en la SMS hacia el SE, el levantamiento diferencial de la parte costera, donde los plutones se exponen, y la zona continental, donde el

magmatismo está representado principalmente por rocas volcánicas, podrían ser consecuencia de los procesos que truncaron el margen (Morán-Zenteno *et al.*, 2017). El movimiento sinistral de Chortis y del punto triple Norteamérica-Caribe-Farrallon/Cocos, crearía una trinchera errante hacia el sureste, que iría generando la migración de arcos continentales con orientación NNO (Morán-Zenteno *et al.*, 1996; Ferrari *et al.*, 2014). La erosión por subducción subsecuente del antearco, o el doblaje de la placa en subducción (Morán-Zenteno *et al.*, 1996), creado en cada etapa, provocaría el levantamiento de los plutones de la costa; la erosión por subducción podría haber sido facilitada por un aplanamiento de la placa oceánica y/o aumento en las tasas de convergencia, como se ha documentado en zonas de subducción modernas (von Huene & Scholl, 1991; Stern, 2011). Es importante resaltar que plutones en el centro del arco, contradicen la migración hacia el SE, pero recientemente Ferrari *et al.* (2014) han explicado la aparición de estos cuerpos por el desarrollo de una ventana astenosférica debida a la subducción no colinear de las placas debajo de Chortis y México.

Keppie y Morán-Zenteno (2005) proponen que el bloque Chortis nunca estuvo en el sur de México, y que los cambios en los arcos que formaron la SMS se deben a la subducción de cadenas de montes submarinos, las que provocarían el aplanamiento de la placa y el cambio en direcciones de los cinturones magmáticos; la remoción del arco se debería a la erosión por subducción. Sin embargo, con el ancho del arco que se ha calculado con aproximaciones entre 150 y 250 km (Keppie y Morán-Zenteno, 2005) parece difícil de subducir, por lo que surge la necesidad de colocar el Bloque Chortís en su posición clásica. No obstante, trabajos recientes (Keppie *et al.*, 2012) sugieren que grandes bloques de corteza continental pueden ser subducidos en poco tiempo, lo que significaría que la necesidad de mover a Chortís ya no sería un requisito para entender el truncamiento del margen.

Aunque a la fecha aún no se tiene un consenso general del modelo más adecuado para explicar el margen truncado del suroeste de México (Morán-Zenteno *et al.*, 2017), muchos de los trabajos recientes involucran la erosión por subducción en mayor o menor medida para comprender la geología del antearco durante el Cenozoico (Schaaf *et al.*, 1995; Morán-Zenteno *et al.*, 1996; Keppie y Morán-Zenteno, 2005).

La erosión por subducción es uno de los procesos más importantes para el reciclaje de la corteza terrestre (Scholl & Von Huene, 2007; 2008; Clift, *et. al.*, 2009; Stern, 2011), aunque por mucho tiempo se pensó que los materiales subducidos terminaban hundiéndose en el manto (*e.g.* Kay & Mahlburg-Kay, 1991), diversas evidencias señalan que gran cantidad de ellos podría regresar a la corteza por sus propiedades flotantes (*e.g.* Gerya, *et. al.*, 2014) contribuyendo así a la generación de magmas de arco (Behn, *et. al.*, 2011; Bebout, 2014). En este sentido, el hecho de que este proceso haya ocurrido en el margen mexicano sugiere que los elementos erosionados de esta zona podrían haber contribuido y estar contribuyendo en la génesis de los magmas de los arcos cenozoicos. De hecho, en la FVTM se han documentado una diversidad de procesos causantes de la gran diversidad magmática que tienen sus rocas (Gómez-Tuena, *et. al.*, 2016). Trabajos recientes han reportado que efectivamente parece haber un aporte geoquímico de los elementos subducidos en los magmas de la FVTM (Straub, *et. al.*, 2008; 2015), los cuales podrían provenir de los materiales erosionados tectónicamente pertenecientes al margen truncado del sur de México. Los procesos que ha modificado la costa pacífica mexicana, han influido en la distribución espacial y temporal de los arcos, así como en sus productos magmáticos, por lo que no es trivial tratar de comprenderlos.

3. Metodología

La pulverización de las rocas se realizó en el Taller de Molienda, la separación de circones en el Taller de Separación Mineral y la digestión de las rocas, así como la medición de elementos traza, isótopos, U-Pb y Lu-Hf fueron realizadas en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI), todos ellos parte del Centro de Geociencias, Juriquilla, de la Universidad Nacional Autónoma de México. La medición de elementos mayores fue realizada en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X, del Instituto de Geología.

3.1 Separación de circones

Dos rocas, una metapelítica (C8-A-1601) y una ortognésica (CH-1) fueron seleccionadas para la separación de circones, debido a que había suficiente muestra para hacerlo. El tamaño de las rocas se fragmentó a mano, usando un mortero de alumina hasta que pudieran pasar por una malla de número 60. Para separar los circones se usó la metodología de Mange & Maurer (1992). Primero se usó un separador magnético Franz a un amperaje de 2 A, para depurar los granos con propiedades magnéticas y posteriormente se realizó una separación por líquidos pesados (Fig. 3.1), usando Yoduro de Metilo (MEI) con una densidad de 3.1 g/cm^3 ; este paso debe realizarse en una campana de extracción. Este método permite que los minerales con una densidad mayor (entre ellos el circón) a la del MEI se asienten y aquellos con una densidad menor permanezcan flotando. Se siguen los siguientes pasos:

- Montar un embudo de separación en un soporte universal, colocando debajo un vaso de precipitados de 500 ml con un embudo de cono, éste último con un filtro doblado en forma de cono.
- Agregar el MEI al embudo de separación y después la muestra.
- Agitar el líquido por unos segundos y esperar a que los minerales se asienten.
- Abrir y cerrar rápidamente el embudo de separación, para que los minerales densos caigan dentro de



Fig. 3.1 Embudo de separación con MEI para la separación de minerales pesados. Taller de Separación Mineral (CGeo).

un filtro. Repetir los últimos dos pasos dos veces más.

Después de la separación por líquidos pesados, los circones se seleccionaron con la ayuda de un estereoscopio binocular, utilizando sus propiedades físicas (como el brillo, forma y color) para distinguirlos.

3.2 Elementos traza

Para el análisis de elementos traza se eligieron cuatro xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo (C8-A-1601, Chalc-18, CH-10 y CH-3) y cuatro xenolitos del Picacho de Pepechuca, tres metapelíticos (P99, Pep-2a, Pep-4) y uno granítico (Pep-8). Las muestras se pulverizaron a mano en un mortero de alumina. De cada muestra se pesaron 0.05 g en



Fig. 3.2 Parrillas en campana de extracción. Laboratorio ultralimpio LEI, CGeo.

viales de teflón de 15 ml, en una balanza de alta precisión de cinco dígitos. A cada vial se le vertieron 3 gotas de agua destilada para evitar que el polvo se dispersara.

Para la *out*-digestión se adicionaron 0.5 ml de HNO_3 8N y 1 ml de HF concentrado, se taparon los viales y se dejaron durante una noche en la parrilla de las campanas de extracción (Fig. 3.2). Al día siguiente se evaporó la mezcla de ácidos y se prosiguió con la digestión en bombas.

Para empezar la digestión en las bombas, las muestra se transfirieron a viales de teflón más pequeños, adicionando 0.5 ml HNO_3 8M y 1 ml de HF concentrado, ambos ácidos de grado instra. Se cerraron los viales y se metieron en los *liners* de las bombas, a los que se les agregaron 4 ml HF concentrado y 3 ml de HNO_3 8M. Las bombas se dejaron en la estufa durante 100 hrs. A 200 °C. Después se sacaron los viales de las bombas, se evaporó la mezcla de ácidos en cada vial en la parrilla a 100 °C. Una vez secas las muestras se añadieron 1.5 ml de HCl 6N, se taparon los viales y se metieron en los *liners* de las bombas, a los que se les vertió 5 ml de HCl 6N; las bombas se pusieron en la estufa por 24 hrs. a 140 °C. Una vez completado el paso anterior, los viales se extrajeron de las bombas, se abrieron para evaporar

el HCl en la parrilla; cuando se secaron las muestras, se agregaron 16 gotas de HNO₃ concentrado, se secaron y se volvieron a agregar otras 16 gotas del mismo ácido y se cerraron para dejarlos una noche en la parrilla a 100 °C. Después de esto, se evaporó el HNO₃ en la parrilla, en seguida se adicionaron 2 ml de agua desionizada y 2 ml de HNO₃ 8M, se taparon las muestras y se dejaron una noche más a 100 °C en la parrilla. Al final de este paso se procedió a la medición de las muestras.

3.3 Isótopos

Las mismas muestras usadas para los elementos traza, fueron tratadas para las reparaciones isotópicas. En esta metodología, el tamaño de la roca se redujo a esquirlas de aproximadamente 0.5-1 cm. Para cada muestra se pesaron 0.200 mg de esquirlas en un vial de teflón, procurando que los granos fueran muestras representativas de la roca entera.

Posteriormente cada muestra se enjuagó tres veces con agua desionizada. Se taparon bien los viales y se metieron en el ultrasonido durante media hora. Al sacarlos del ultrasonido se les agregó HCl 6N y se dejaron en la parrilla durante 1hr a 100°C. Se sonicaron por 20 minutos más y se desechó el HCl. Nuevamente se lavaron tres veces con agua desionizada y se secaron.

Después del lixiviado, se realizó una pre-digestión agregando 1ml de HF concentrado y 1 ml de HNO₃ 7N a los viales, que se taparon y se sonicaron durante 1 hr. Posteriormente las muestras se dejaron durante una noche a 100 °C en la parrilla y al siguiente día se volvieron a meter al ultrasonido por media hora, siguiendo con la evaporación de la mezcla de ácidos en la parrilla a 100 °C.

Para la digestión en la bombas cada muestra se vertió en un vial de teflón de 2 ml, agregando 1 ml de HF concentrado y 0.5 ml de HNO₃ 7 M. Los viales se introdujeron en *liners*, que tenían una mezcla de 4 ml de HF concentrado y 3 ml de HNO₃ 7M, y se armaron las bombas, las cuales se dejaron en la estufa durante 100 hrs a 200 °C. Al término del tiempo se destaparon los viales para evaporar la mezcla de ácidos a 100 °C en las parrillas de las campanas de extracción. Una vez seca la muestra, se agregaron 1.5 ml de HCl 6N, se volvieron a introducir a las bombas, con 5 ml HCl 6N en los *liners* y se dejaron en la estufa durante 24 hrs a 140 °C. El paso siguiente fue evaporar el HCl 6N y enseguida se agregaron 20 gotas de HNO₃ concentrado, se evaporaron y se agregaron otras 35 gotas del mismo ácido,

se taparon los viales para dejarlos una noche más a 100 °C en la parrilla. Al día siguiente se procedió a evaporar el ácido de nuevo, agregar 2ml de HCl 6M, evaporarlo y adicionar otros 2 ml de HCl 6M, dejando los viales tapados por otra noche a 100 °C. El paso final antes de comenzar la separación consistió en secar las muestras y añadir 1100 µl de HBr 0.7N, tapar los viales y calentar las muestras por otra noche a 100 °C en la parrilla. A partir de este punto se procedió a la separación de Pb en las columnas.

3.3.1 Separación isotópica por columnas

Para la separación de todos los isótopos se usó una gradilla con capacidad para 15 columnas y se realizaron todos los pasos dentro de una campa de flujo (Fig. 3.3).

3.3.1.1 Plomo

Para lavar las columnas antes de cargar la muestra se realiza lo siguiente, recogiendo las gotas que salen de ellas en viales de lavado y asegurándose de que las pizetas o pipetas usadas para agregar los líquidos no toquen el reservorio para no contaminar las muestras:

- Agregar dos reservorios de agua desionizada (HDI)
- Agregar tres reservorios de HCl 6N
- Medio reservorio de HDI
- 10 gotas de (300 µl) de HBr 0.7 N, esto es para preacondicionar la columna antes de cargar la muestra.

Para cargar la muestra se tiene que pasar el concentrado de 1100 µl de HBr 0.7N, que se dejó calentando durante una noche, a balas de polietileno, y centrifugar por 20 min a 110000 rpm. Una vez hecho esto se realizan los siguientes pasos, colectando todo en el vial donde se realizó la digestión:

- Cargar los 1100 µl de muestra con una micropipeta en el reservorio, procurando que no se tome residuo sólido para no tapar las columnas.
- Agregar tres veces 10 gotas de HBr 0.7N.
- Agregar 8 gotas (240 µl) de HCl 2N

Después se agrega un reservorio de HCl 6N, que es donde se concentrará el Pb. Las gotas que salgan de la columna en este momento se colectan en viales de 6 de teflón de 6 ml nuevos. El ácido colectado se evapora en la parrilla a 100°C y se agregan 500 µl de HBr 0.7 N. En el

procedimiento de separación de Pb se realiza un segundo lavado de columnas, siguiendo los siguientes paso y colectando en el vial de lavado:

- Agregar un reservorio de agua desionizada (HDI)
- Agregar dos reservorios de HCl 6N
- Agregar medio reservorio de HDI
- Agregar 10 gotas de (300 μ l) de HBr 0.7 N.

Después se realiza un segundo pre-acondicionamiento colectando en el vial de digestión original y siguiendo los siguientes pasos:

- Cargar los 500 μ l de HBr 0.7 N, donde se encuentra disuelta la muestra.
- Agregar tres veces 10 gotas de HBr 0.7N.
- Agregar 8 gotas (240 μ l) de HCl 2N.

Lo colectado en este paso se evapora en la parrilla a 100°C, se redigiere con 0.6 ml de HNO₃ 3N, se deja una noche a 100 °C en la parrilla. Para finalmente colectar el Pb se agrega un reservorio y lo que salga de las columnas se colecta el viales limpios de teflón de 6 ml y se pasa a una bala de polietileno.

3.3.1.2 Estroncio

Antes de comenzar se transfieren las muestras a balas de polietileno y se centrifugan a las mismas condiciones que en Pb. El lavado de columnas tiene los siguientes pasos, recolectando el residuo en viales de lavado:

- Agregar tres reservorios de HDI
- 360 μ l de HNO₃ 3N.

Para acondicionar las columnas se realizan los siguientes pasos y se recolecta en el vial de digestión original:

- Cargar los 0.6 ml de muestra en HNO₃ 3N.
- Agregar 360 μ l de HNO₃ 3N.

La solución colectada tiene que ser evaporada en el vial de digestión, agregando 0.5 ml de HNO₃ 1N, después se procede a calentarlo en la parrilla por una noche y guardarlo para separación de Nd. El Sr se colecta en un vial nuevo, agregando tres reservorios de HDI a la

columna. Se debe evaporar el HDI colectado en el vial, y después agregar 30 μl de HNO_3 concentrado y 470 μl de HDI. Esta solución se vierte en una bala de polietileno y se guarda para los análisis.

3.3.1.3 Neodimio

Para separar el Nd primero se extraen las tierras raras. Para ello se pasan las muestras del vial de digestión a la bala y se centrifugan.

Para lavar se siguen los siguientes pasos y se recolecta en un vial de lavado:

- Agregar tres veces 240 μl de HCl 1N.
- Agregar 240 μl de HNO_3 1N.

Para acondicionar se recolecta en el vial de digestión original (se guarda para la separación de Hf):

- Agregar 120 μl de HNO_3 1N.
- Agregar 2 veces 240 μl de HNO_3 1N.

Para colectar las tierras raras se usa un vial nuevo y se agregan 240 μl HCl 1N; evaporar lo que se recogió procurando que no se seque mucho el punto. Después se agregan 100 μl de HNO_3 0.22N y se deja por una noche en la parrilla a 100 $^\circ\text{C}$ y al día siguiente se sónica por 20 minutos. Se continúa con la separación de Nd lavando las columnas y recogiendo en un vial de lavado siguiendo los siguientes pasos:

- Agregar tres reservorios de HDI.
- Agregar 0.5 ml de HDI.
- Agregar tres veces 0.5 ml de HCl 6N, esto para eliminar tierras raras.
- Agregar 0.5 ml de HDI, para eliminar el HCl .
- Agregar un reservorio de HNO_3 3N.
- Agregar dos veces 0.5 ml de HDI.
- Agregar 0.5 ml de HNO_3 0.22N.

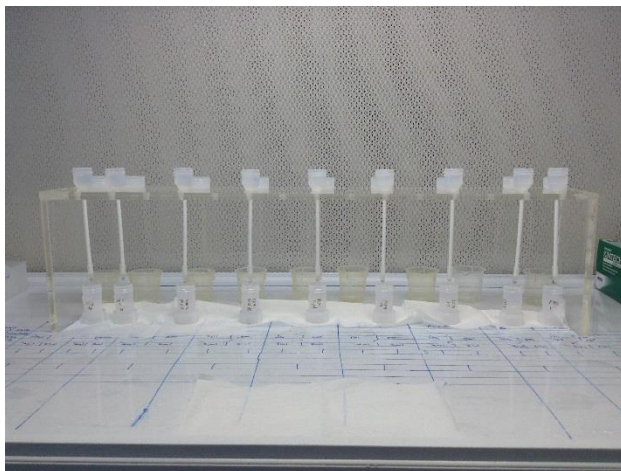


Fig. 3.3 Columnas de separación isotópica en campana de flujo. Laboratorio ultra-limpio LEI, CGeo.

El acondicionamiento se hace siguiendo los siguientes pasos y colectando en el vial de digestión:

- Cargar los 100 µl de muestra en HNO₃ 0.22N.
- Agregar dos veces 200 µl de HNO₃ 0.22N.
- Agregar dos veces 1 ml de HNO₃ 0.22N.

Para la colecta de Nd se usa un vial limpio y se agregan 6ml de HNO₃ 0.22N, evaporar, agregar 30 µl de HNO₃ concentrado y 470 µl de HDI, y transferir a balas de polietileno. Los viales de digestión se evaporan y se les agregan 2 ml de una solución de HCl 6 N + HF 0.06N y se dejan por una noche.

Una vez terminada la química de Nd se lava la resina siguiendo los siguientes pasos:

- Agregar 0.5 ml de HDI
- Agregar tres veces 0.5 ml de HCl.
- Agregar 0.5 ml de HDI.
- Agregar un reservorio de HNO₃
- Agregar dos veces 0.5 ml de HDI.

3.3.1.4 Hafnio

Para la química de Hf se evapora la solución de 2 ml de HCl 6 N + HF 0.06N y después se le agregan 5 ml de HCl 3N, y evaporar. Para lavar las columnas se realiza lo siguiente y se colecta en un vial de lavado:

- Agregar un reservorio de HF 2N, este es el único paso que se debe realizar en una campana de extracción y no en la de flujo.
- Agregar Medio reservorio de HF 2N.
- Agregar dos veces 5 ml de HDI. Cuando termine de caer el líquido, la última gota se limpia con papel.
- Agregar 5 ml de HCl 3N.

En el vial de digestión se carga la muestra con HCl 3N y ácido ascórbico 0.1M, que previamente se centrifugó. Después recolectar en el vial de lavado:

- Agregar dos reservorios de HCl 3N, para remover tierras raras.
- Agregar de 3 a 4 reservorios de HCl 6N.

- Agregar dos veces 5 ml de HDI para lavar HCl. (Se puede dejar aquí para seguir al otro día)
- Limpiar la punta de las columnas con un papel para que no queden gotas y agregar de 2 a 4 reservorios de ácido cítrico + Ácido Nítrico + peróxido; lavar hasta que la columna deje de estar roja.
- Agregar dos veces 5 ml de HDI y limpiar las gotas en la punta de la columna.

Para coleccionar el Hf se agregan 12 ml de HCl 6N + HF 0.2N, como el reservorio no es de esa capacidad se agregan 10 ml primero y luego 2 ml, se evapora la mezcla (se recomienda dejarlo por una noche) y después se le agregan 30 μ l de HNO₃ concentrado y 10 μ l de HF 2N y se pasan a las balas.

Al finalizar de coleccionar el Hf se lava la resina:

- Agregar un reservorio de HF 2N (en la campana de extracción).
- Agregar dos veces 5 ml de HDI.

3.3.2 Medición en Neptune.

Para la medición de los isótopos de Sr, Nd, Pb y Hf se utilizó un Neptune Plus MC-ICPMS. El Neptune Plus cuenta con 9 detectores Faraday y una base de amplificadores con distinta resistencia: uno de 10–10 Ω , uno de 10–12 Ω y ocho de 10–11 Ω . Los análisis se hicieron siguiendo la metodología de Gómez-Tuena et al., (2013). Para los análisis de Nd y Pb se usó una solución estándar con 200 ppb, y para los análisis de los isótopos de Sr se utilizó una solución de 300 ppb. Los análisis de las muestras y los estándares consisten la medición de 70-100 ciclos estáticos, con cada ciclo midiendo en integraciones de 4 s. La intensidad del haz fue de 50 V/ppm para 88Sr, 17 V/ppm en el caso de 142Nd y 100 V/ppm para 208Pb, usando un plasma seco y 100 μ l/min de aspiración libre en el nebulizador.

Para Sr se midieron los isótopos de 87Sr, 86Sr, 85Sr, 84Sr y 83K, así como sus principales interferencias isobáricas. Las mediciones de 87Sr, 86Sr y 84Sr fueron corregidas por cualquier interferencia de Rb y Kr usando mediciones within-run de 85Rb y 83Kr. Se normalizó por desviación de masa las relaciones medidas de 87Sr/86Sr con 86Sr/88Sr=0.1194 y se corrigieron con la relación estándar NBS-987 de 87Sr/86Sr=0.710230.

Para el caso de los isótopos de Nd, las relaciones de 143Nd/144Nd medidas fueron normalizadas por desviación de masa con 146Nd/144Nd = 0.72190 y después corregidas con un valor estándar JNdi de 0.512089 ± 0.000011 (2σ n=69).

Para los isótopos de Pb se usó también una solución estándar de 50 ppb de Tl con HNO₃ 2%. Se monitoreó el 202Hg para corregir la interferencia de 204Hg en 204Pb usando las

abundancias naturales de Hg. Los valores corregidos de fraccionamiento de Tl fueron ajustados con el los valores estándar del NIST-SRM-981 de $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.9356$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.4891$ y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36.7006$.

3.4 LA-ICP-MS

Para la obtención de la isotopía U-Pb y elementos traza de los circones y rutilos, así como los elementos traza de granates se usó un sistema de ablación láser, que consiste de una estación de trabajo Resonetics M050, equipada con un láser excímero LPX 220 y una celda de doble volumen S-155 (Solari *et al.*, 2010; Martini *et al.*, 2016) (Fig. 3.4) acoplado a un espectrómetro de masas cuadrupolo con plasma thermo ICap Qc (Fig. 3.5) y a Neptune Plus MC-ICPMS.

3.4.1 U-Pb y elementos traza en Circones

El sistema de ablación láser del LEI, CGeo, previamente descrito por Solari et al (2010) fue mejorado en los últimos dos años. La estación de trabajo está conectada a un cuadrupolo Thermo ICap Qc ICPMS. Se usó una mezcla de 350 ml/min de He con 4ml/min de N₂ para transportar el material a el cuadrupolo. Las ablaciones se hicieron una frecuencia de 10 Hz con una fluencia de 6 J/cm², con una energía de 125 mJ a 23 kV y un tamaño de láser de 23 μm, con 30 s de adquisición, 14 s de blanco y 14 s de *washout*. Para monitorear la deriva del instrumento y la cocentración elemental en los circones se usaron los circones Plesovice (337.13 ± 0.37 Ma, Slama et al., 2008) y 91500 ($.4 \pm 0.6$ Ma, Wiedenbeck et al., 1995), así como el vidrio NIST SRM 610. Al inicio de la corrida se analizaron dos puntos en el vidrio NIST 610, cinco puntos en el circón 91500 y tres en el Plesovice. Al final de la corrida se tomaron dos puntos en el circón Plesovice, dos más en el circón 91500 y finalmente un punto en el vidrio NIST 610. Después de cada 30 desconocidos se analizó un punto en el vidrio NIST 610.

Junto con los isótopos necesarios para la geocronología de U-Th-Pb (^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th y ^{238}U), también se miden otros isótopos como el ^{31}P , ^{49}Ti , ^{89}Y , ^{93}Nb , REE y ^{179}Hf . Como estándar interno se usó el ^{29}Si , asumiendo una estequiometría de 32.77% SiO₂ en el circón. La reducción de datos fue realizada con el software Iolite v 3.5 Paton et al. (2011), usando el esquema de reducción de datos VizualAge de Petrus & Kamber (2012). El estándar primario usado para el ajuste de los datos es el circón 91500, con el Plesovice como estándar secundario. El monitoreo de los elementos traza permitió descartar los circones con inclusiones o aquellos que fueron confundidos con fases parecidas ópticamente (e.g.

Monazita). Los diagramas de concordia fueron graficados con Isoplot v.3.7 (Ludwig, 2008) y se obtuvieron diagramas estimadores de densidad de Kernel (KDE por sus siglas en inglés), usando el macro DensityPlotter Java de Vermeesch (2012)

Con excepción de las muestras C8-A-1601 y CH-1, las mediciones se realizaron directamente en lámina delgada.

3.4.2 Lu-Hf en circones

Para el análisis de la isotopía de Lu-Hf solamente se eligieron los circones con discordancia $< 30\%$, así como aquellos que tuvieran el tamaño suficiente para realizar la medición. Se siguió el método descrito por Ortega-Obregón *et al.* (2014). Los isótopos de Hf usando un Neptune Plus MC-ICPMS acoplado a



Fig. 3.4 Sistema de ablación láser excímero de 193 nm de la marca Resonetics, modelo Resolution. M-50. LEI, CGeo.

una estación de trabajo Resolution M050. El Neptune Plus cuenta con 9 detectores Faraday y una base de amplificadores con distinta resistencia: uno de $10-10 \Omega$, uno de $10-12 \Omega$ y ocho de $10-11 \Omega$. Para corregir la estática de los isótopos ^{172}Yb , ^{173}Yb , ^{175}Lu , $^{176}\text{Hf-Lu-Yb}$, ^{177}Hf , ^{178}Hf y ^{180}Hf se usaron solamente los amplificadores de $10-11 \Omega$. El tamaño del láser durante la ablación fue de 60μ , apuntando el láser sobre los agujeros donde se obtuvo la isotopía de U-Pb. Los análisis duraron 58s, con 30s de adquisición, 14s de blanco y 14s de *washout*, empleando una tasa de repetición de 5 Hz y una fluencia de 6 J/cm^2 . Para transportar el material del circón al Neptune se usó una mezcla de 350 ml/min de He y 2 ml/min de N. Para monitorear la deriva del instrumento y la calidad de los datos medidos se usaron los estándares sintéticos MUN (0, 1, 3 y 4) de Fisher *et al.* (2011), los cuales están dopados con Hf y REE en diferentes concentraciones; también se usó el circón circón natural Plesovice (Sláma *et al.*, 2008) y el estándar interno de LEI, el circón La Panchita. Al inicio de la corrida se analizó un punto en cada uno de los circones sintéticos MUN (0, 1, 2, 3, 4), dos punto en el circón natural Plesovice y un punto en el estándar interno del LEI; esta misma cantidad de ablaciones en los circones mencionados fue realizada al final de la corrida. Durante la

adquisición de los datos se intercalan mediciones de los estándares, así, después cada 25 análisis desconocidos se mide un punto en cada uno de los circones MUN (0, 1, 2, 3, 4), mientras que después de los siguientes 25 desconocidos sólo se toma una medición en MUN1 y una en MUN 3, además de un punto en Plesovice y uno más en La Panchita.

3.4.3 U-Pb y elementos traza en Rutilos

En los rutilos se llevó a cabo un análisis simultáneo de isótopos que se encuentran en concentraciones traza (^{27}Al , ^{45}Sc , ^{51}V , ^{52}Cr , ^{89}Y , ^{90}Zr , ^{93}Nb , REE, ^{179}Hf) e isótopos de U-Pb; todas las mediciones se realizaron directamente en lámina delgada en la celda de ablación del equipo de ablación láser acoplado al cuadrupolo. El tamaño del láser fue de $60\ \mu\text{m}$, con una frecuencia de 10 Hz y fluencia de $6\ \text{J}/\text{cm}^2$. Los estándares usados fueron el NIST 610 y el rutilo R10. Al inicio y final de la corrida se realizaron tres puntos en el vidrio NIST 610 y cinco en R10. Después de cada 10 desconocidos se analizaron un punto en el rutilo R10 y un punto en el vidrio NIST 610.

3.4.4 Granates

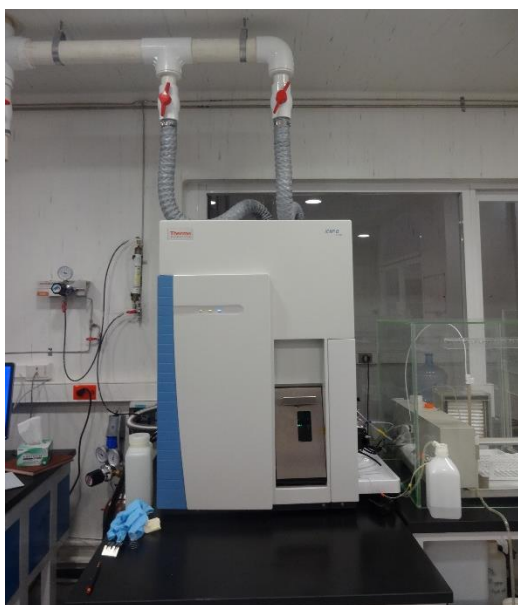


Fig. 3.5 espectrómetro de masas cuadrupolo con plasma thermo ICap Qc. LEI, CGeo.

En los granates se midió la concentración de óxidos mayores (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , MnO , CaO , TiO_2 y Cr_2O_3) Los estándares usados para el análisis de granates fueron los vidrios NIST 612, ATHO y K2LG y los granates GrPrag (Praga), GrSA (Sudáfrica) y GrBra (Brasil). Se midieron los siguientes puntos en los estándares. Al inicio de la corrida se tomaron 3 puntos en el vidrio NIST 612, dos en el granate ATHO, uno en el granate GrPrag, uno en el granate GrSA y finalmente uno en el granate GrBra. Al final de la corrida se tomó un punto en el granate GrPrag, dos en el granate GrSA, uno en el granate GrBra, uno en el granate ATHO, dos en el granate KL26 y uno

en el granate NIST 612.

El tamaño del láser fue de 60 μm , con 30 s de adquisición, 14 s de blanco y 14 s de *washout*. Se usó una mezcla de He (350 ml/min) y N (2 ml/min) para transportar la muestra del láser al cuadrupolo.

4. Resultados

Para el trabajo se estudiaron dos localidades de xenolitos: el dique piroclástico El Picacho de Pepechuca, del Campo Volcánico La Goleta en el Estado de México, y los domos de Chalcatzingo, Morelos. La gran mayoría de las muestras es de xenolitos metapelíticos, con algunos xenolitos de ortogneises y de rocas graníticas. Primero se realizó un análisis petrográfico y aquellas con mayor potencial de información fueron procesadas para geoquímica y/o geocronología; debido a lo limitado de las muestras (sobre todo en la zona de Chalcatzingo), no se pudieron llevar a cabo los tres procedimientos en todas los ejemplares escogidos.

4.1 Petrografía

Para el análisis petrográfico se eligieron 16 láminas delgadas de la localidad de Chalcatzingo, la mayoría de ellas de carácter metapelítico, aunque también fueron descritas algunas

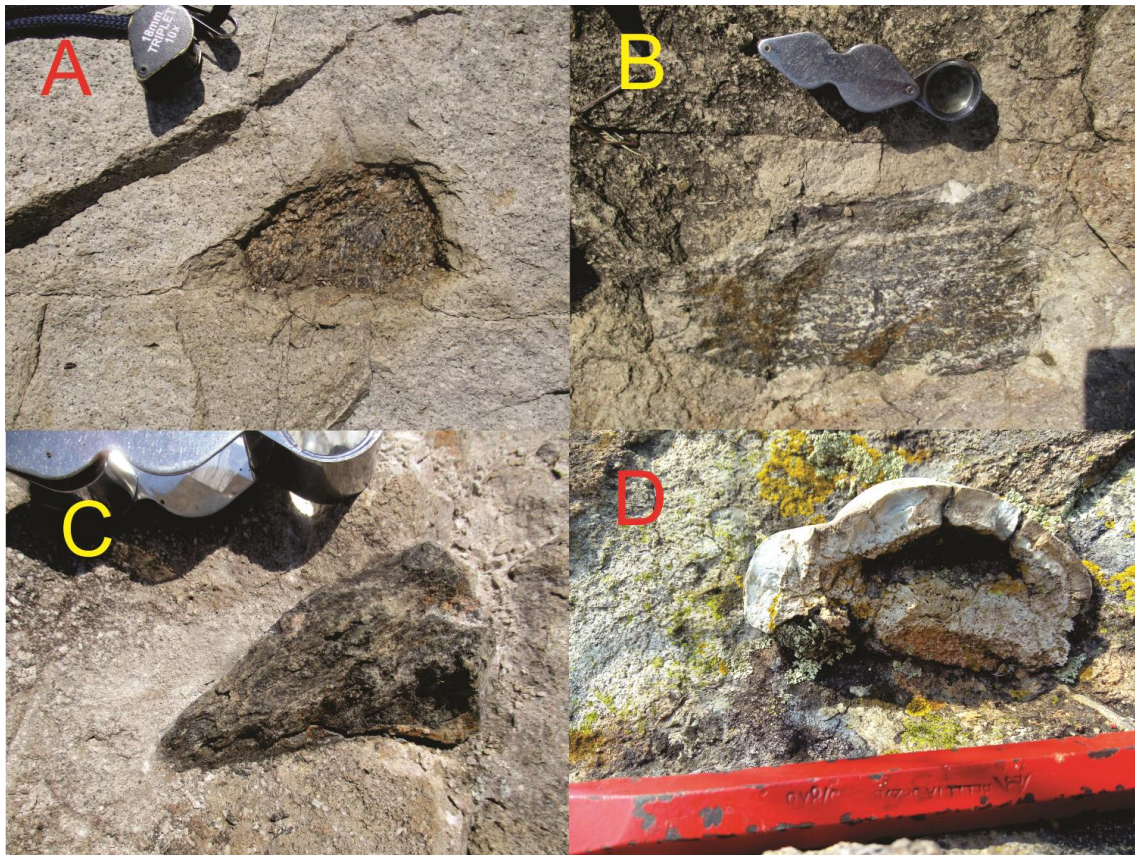


Fig. 4.1 Xenolitos de la localidad de Chalcatzingo, a) Metapelítico; b) Ortogneis máfico; c) Metapelítico de alto Al; d) Xenolito de la corteza superior en la parte más alta del domo.

muestras cuarzo-feldespáticas; se realizó una nueva descripción de los xenolitos metapelíticos y félsicos reportados por Ortega-Gutiérrez *et al.* (2012) y se añadió la muestra C8-A-1601, recolectada para este trabajo. En el caso de la localidad de Pepechuca-Picacho, se describieron 10 láminas delgadas, siendo sólo una de ellas de granito y el resto pertenecen al grupo metapelítico; la descripción de la muestra Pep-2 de esta región ya había sido reportada previamente (Elías-Herrera & Ortega-Gutiérrez, 1997). Las abreviaciones usadas en el trabajo están basadas en Withney & Evans (2010).

4.1.1 Chalcatzingo

En esta localidad la variedad de xenolitos es muy grande (Fig. 4.1; ver sección 2.2.3.), sin embargo, sólo se describieron rocas metapelíticas y granulitas cuarzo-feldespáticas. Dentro de las metapelitas se identificaron al menos dos grupos de rocas, con relaciones texturales diferentes:

El primer grupo es el más abundante, se caracterizan por ser rocas inequigranulares, con un aspecto foliado dominante, que generalmente corta dominios granoblásticos, los cuales son de poligonales a lobulares. El granate es una de las fases más abundantes de las rocas, presentándose en algunas muestras en >50% modal; los granates muestran dos hábitos principalmente: alargados siguiendo la foliación general de la roca, con algunos de ellos terminando en bordes cuspidos bien definidos, y equidimensionales; aunque en una misma muestra el tamaño de grano del mineral cambia, no se logra apreciar que exista una relación entre el tamaño de grano y la forma del granate. Hay una preponderancia de granates poiquilíticos en las muestras, con inclusiones de silimanita \pm cuarzo \pm plagioclasa \pm feldespato alcalino \pm biotita \pm circón y en pocos casos cordierita, espinela y rutilo; las silimanitas que se encuentran como inclusión son principalmente fibrolíticas y muestran orientaciones preferenciales, ya sea siguiendo la foliación exterior o con alguna orientación distinta a ella (perpendicular o concéntrica) (Fig. 4.2); en algunos granates se pueden ver zonas ricas en inclusiones y zonas pobres en ellas. Las fracturas en los granates son muy comunes, sobre todo aquellas asociadas a cuarzo y plagioclasa, donde el patrón de fracturamiento es radial partir de la inclusión; las vetas ricas en feldespatos \pm magnetita \pm espinela \pm biotita, también son rasgos repetitivos en los granates de los xenolitos. Algunos de los granates se encuentran rodeados por coronas de espinela \pm cordierita \pm plagioclasa,

que a su vez se ven rodeados por biotitas, cuyos bordes llegan a mimetizar las formas de las coronas (Fig. 4.2b).

La foliación de las rocas del primer grupo está dada por silimanita, biotita, cuarzo, así como el ya mencionado granate; las silimanitas y biotitas que marcan la foliación rodean o cortan los granates. Las biotitas muestran texturas esqueletales, con una gran cantidad de opacos, (ilmenita y magnetita), espinelas y minerales félsicos (posiblemente cuarzo o feldespatos) creciendo a partir de ellas en los planos de clivaje o los bordes (Fig. 4.3d). Feldespatos, plagioclasas y cuarzoes eudrales están presentes en algunos xenolitos; también es común la presencia de películas de cuarzo o feldespato rodeando a feldespatos, ilmenitas, cuarzoes y

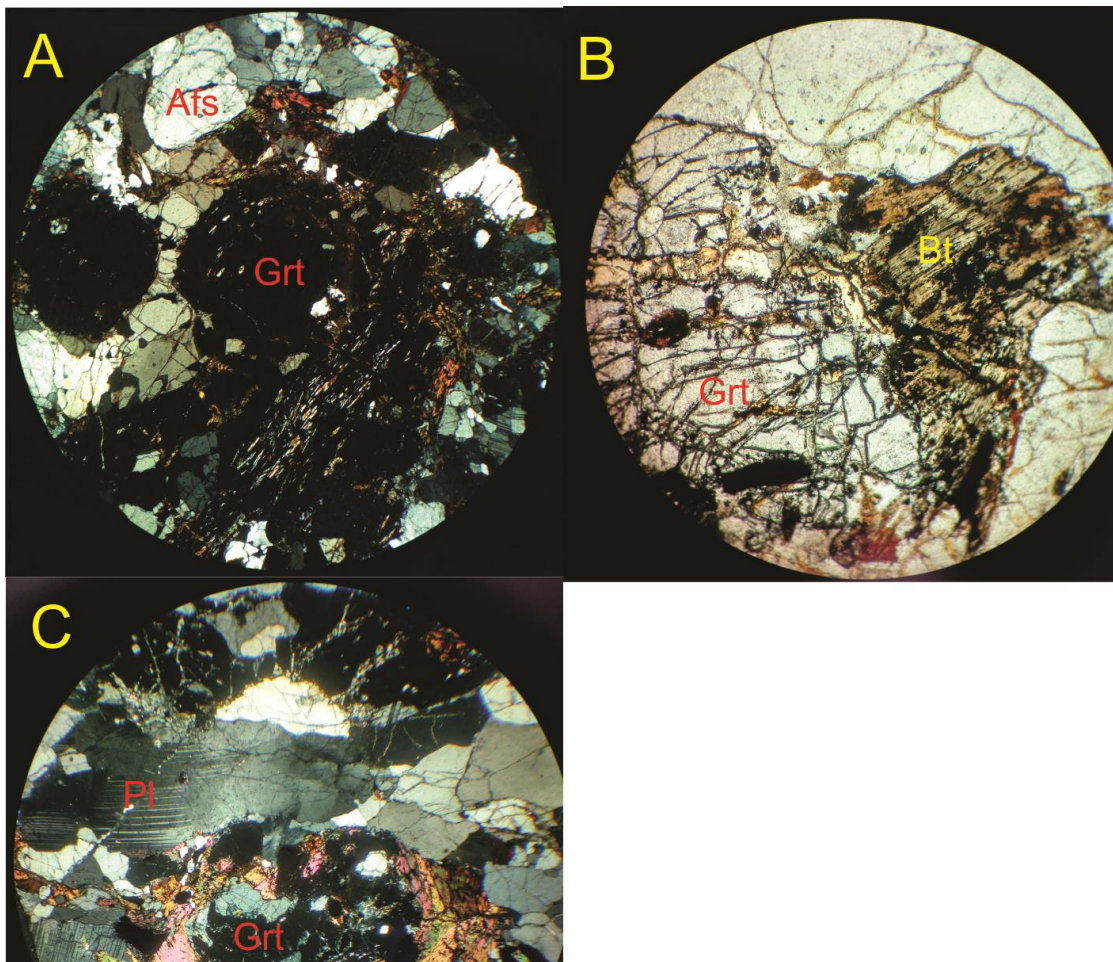


Fig. 4.2 A) Granate equidimensional y granate alargado con inclusiones de silimanita; B) Corona de cordierita + biotita + opaco en granate; C) granate con silimanita como inclusión siguiendo una dirección distinta a la foliación más penetrante.

biotitas. Cuarzos creciendo en ángulos de menos de 60° con bordes cuspidos y plagioclasas con maclado oscilatorio fueron encontrados. Algunas rocas tienen cuarzo rutilado.

Algunos xenolitos son cortados por estructuras tipo brecha, dentro de ellas se puede apreciar una matriz de grano fino rodeando minerales fragmentados (feldespatos, circones y granates) provenientes del xenolito.

La muestra Chalc-16, comparte con las del grupo anterior casi la misma mineralogía, es rica en granate y la foliación está dada por silimanita, por ello junto con las edades que arrojaron sus circones (ver abajo) se coloca en el

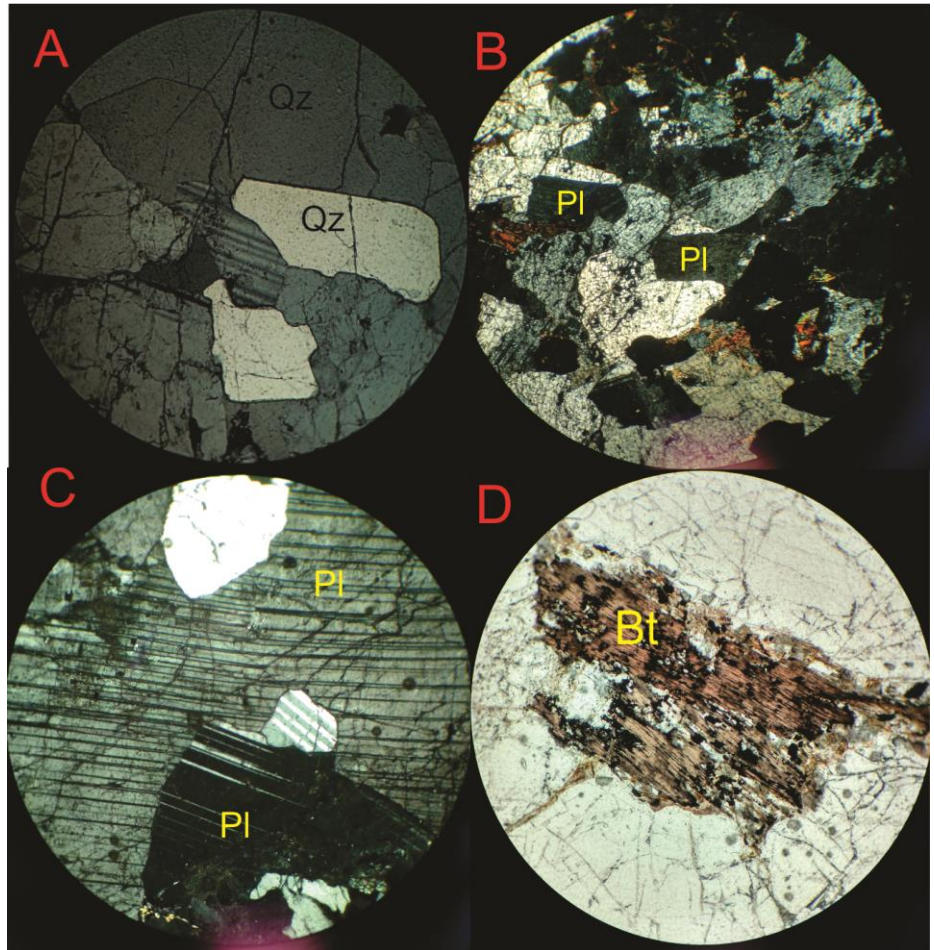


Fig. 4.3 Texturas de fusión parcial: A) Cuarzo eudral; B) y C) Plagioclasas eudrales; D) Biotita Esqueletal.

mismo grupo; sin embargo, tiene características muy particulares que se enuncian a continuación: Es una roca inequigranular con una foliación muy marcada dada por los minerales prismáticos, la cual está cortada en algunas zonas por silimanitas de otra generación (Fig. 4.4d). Hay porfiroblastos de granate que casi siempre son rodeados por la foliación, aunque a veces la foliación continúa desde las partes externas del porfiroclasto (Fig.4.4a) o lo atraviesa. Los granates tienen coronas de espinela con silimanita (a veces como inclusión en este mineral) \pm biotita \pm albita \pm ilmenita \pm minerales alterados (posiblemente Crd). El hábito de la espinela por lo general es cúbico, con algunos granos anedrales, de no más de $60 \mu\text{m}$, aunque la mayoría se encuentra muy por debajo de esta

medida. Cuando la espinela se encuentra dentro del granate (sin que intervenga una fractura) ésta se encuentra rodeada por fases félsicas o alteradas. Las inclusiones de los granate son de silimanita ± cuarzo ± plagioclasa ± feldespato alcalino ± biotita ± espinela ± circón ± rutilo, en algunos se ve un claro zoneamiento de partes del granate ricas en inclusiones y partes pobres en ellas, sin embargo, por la gran cantidad de inclusiones y por el tamaño del láser con el que se analizaron los granos, no fue posible ver si esta zonación también era composicional (ver abajo). Hay rutilos en la matriz y llegan a estar oxidados en sus bordes en las fracturas y crecen en los espacios que dejan las silimanitas que hay a sus alrededores.

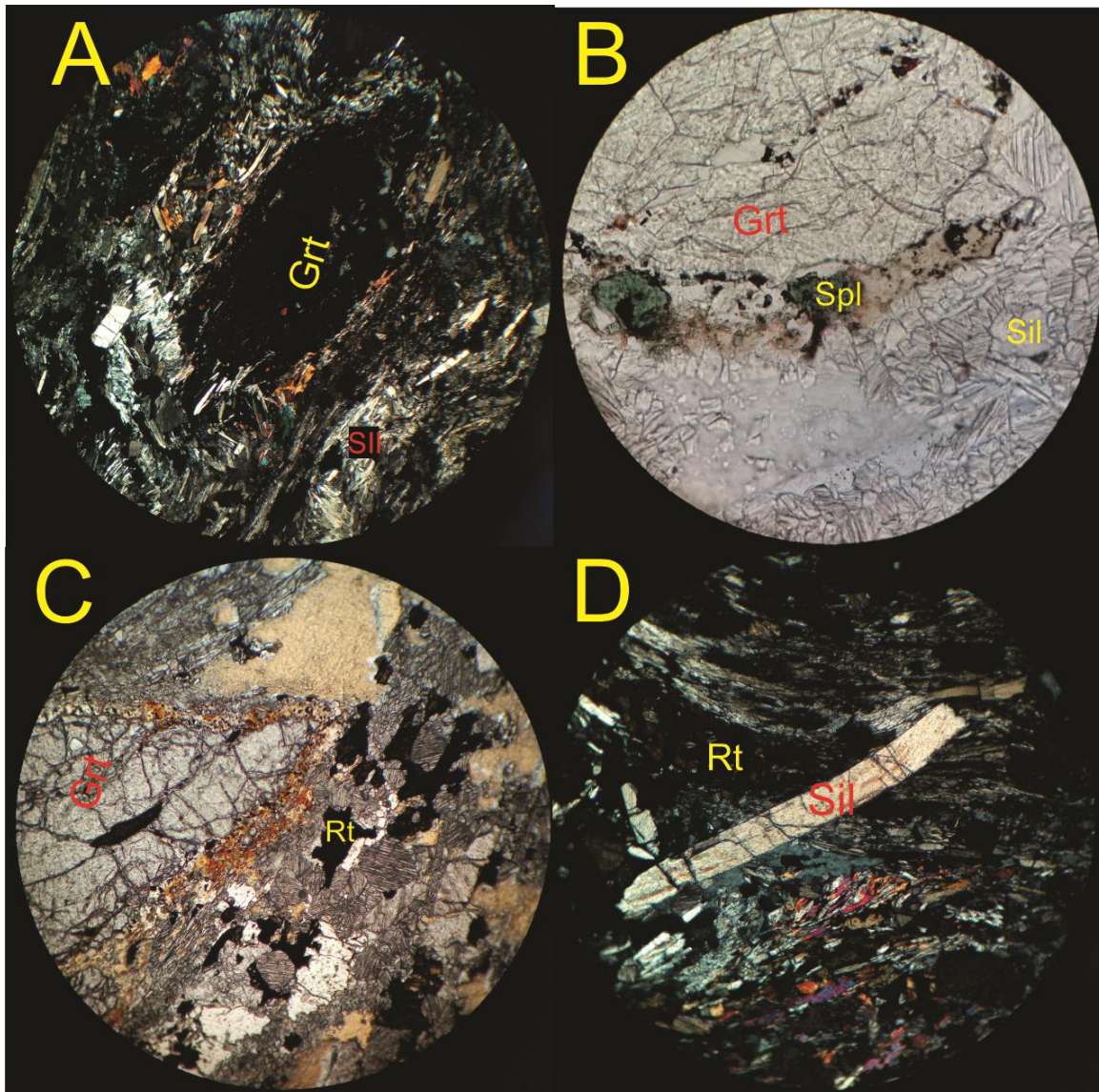


Fig. 4.4 Fotomicrografías de la muestra Chalc-16: A) granate con manto de silimanita creciendo alrededor; B) Corona de espinela + cordierita en granate; C) Rutilos creciendo entre silimanita; D) Silimanita (D₃) cortando la foliación principal (D₂).

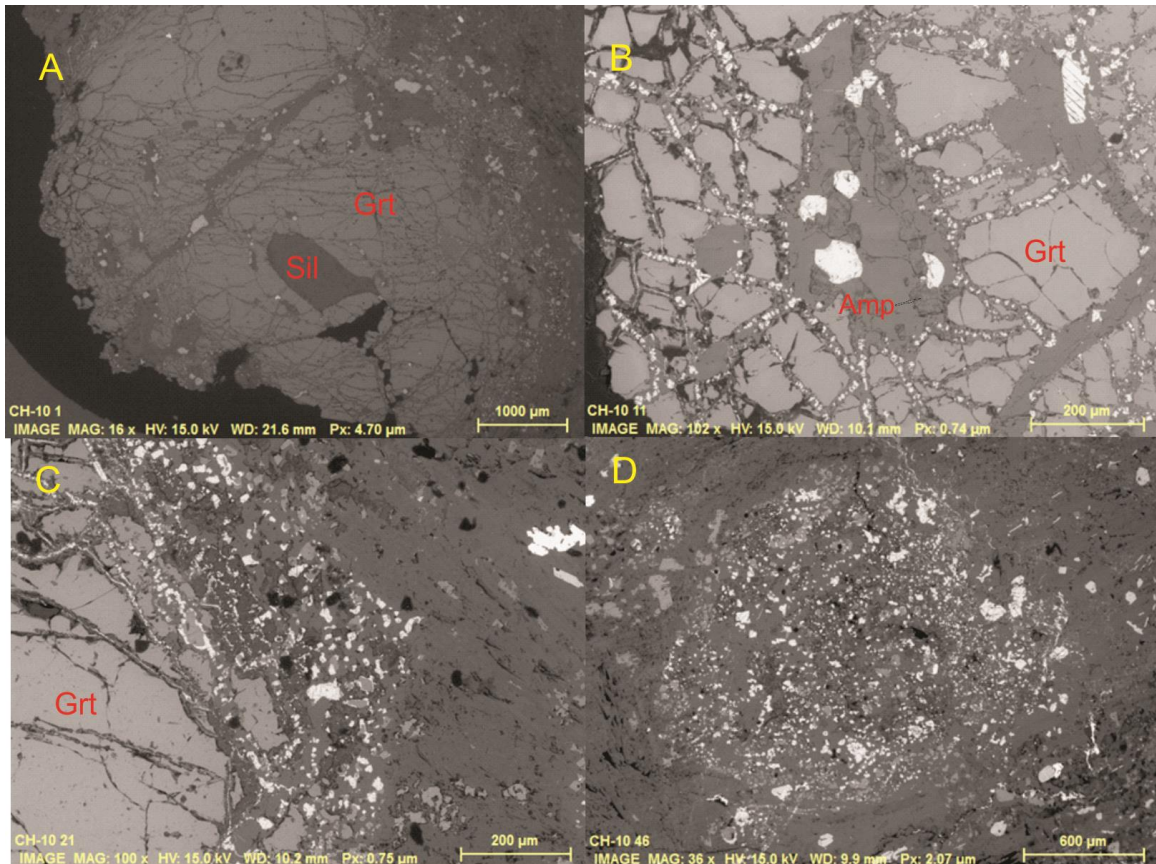


Fig. 4.5 Imágenes de SEM de la muestra CH-10. A) Granate fracturado y coronado, muestra inclusiones de cuarzo, albita y cúmulo de silimanita fibrolítica; B) Fractura en granate donde se aprecia la aparición del anfíbol giedrítico; C) Aumento a la corona del granate con espinela, ilmenita, anfíbol y albita; D) Posible pseudomorfo de granate.

CH-10 tiene características muy diferentes de los otros xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo descritos aquí, por lo que se coloca en un grupo disntinto. En la muestra se logran ver al menos tres fases de metamorfismo. La primera fase está definida por el granate y las inclusiones que contiene, las cuales son parecidas a las de las otras muestras, pues son de fibrolita, albita, cuarzo y biotita. Las silimanitas se encuentran en varias partes del grano, pero las más notorias están en un cúmulo de fibrolitas (Fig.4.5a) intercreciendo con albita. El granate está muy fracturado y las fracturas están rellenas con albita y magnetita, estas fracturas afectan a las inclusiones y les forman coronas, como en el caso de la biotita, donde se pueden apreciar coronas de ilmenita + magnetita + plagioclasa. La segunda paragénesis metamórfica está expresada por las coronas y fracturas que hay en el granate, las cuales están formadas por plagioclasa + magnetita + espinela + ilmenita + magnetita + anfíbol gedrítico (Fig. 4.5b); en la parte más externa de la corona ya sólo se observa silimanita + espinela +

plagioclasa. Cúmulos compuestos de las fases que están en las coronas del granate son abundantes en el xenolito, y se interpretan como pseudomorfos de granate (Fig. 5.5d). La matriz de la roca está compuesta principalmente por silimanita + espinela + ilmenita + plagioclasa y en algunas zonas corindón; las silimanitas de aquí son las que definen la foliación, la cual es muy marcada y llega a formar estructuras parecidas a micropliegues. La foliación principal es cortada por una última foliación, expresada por silimanitas euedrales.

El grupo de xenolitos cuarzo-feldespáticas (15c; 13; 15d; 18; 13b), tienen texturas predominantemente granoblásticas, de poligonales a lobulares, a veces presentando una ligera foliación marcada por biotita o cuarzo en listones. Son ricas en cuarzo + plagioclasa + feldespato alcalino + biotita, con grana ± rutilo ± apatito ± circón ± titanita como fases menores. Es común que los cuarzos de la paragénesis sean rutilados y tengan textura en subgranos. Las biotitas de estas muestras también tienen texturas esqueletales, creciendo feldespatos y opacos en sus bordes o clivaje.

4.1.2 Picacho de Pepechuca

En los xenolitos del Picacho de Pepechuca se identificaron dos grupos de metapelitas. El grupo más abundante de rocas está compuesto por Pep-2, Pep-2a, Pep-4, Pep-4a, Pep-5 y Pep-6, y tiene las siguientes características: Son rocas inequigranulares foliadas, con dominios granoblásticos poligonales, cortados por bandas con minerales ricos en aluminio. Las zonas granoblásticas están compuestas principalmente por cuarzo + plagioclasa, con biotita y circón en menor grado. Los contactos entre los granos muestran puntos triples con ángulos de 180° entre ellos (Fig. 4.6a). Las bandas ricas en aluminio están formadas por feldespato alcalino + biotita + albita + cordierita + silimanita + espinela + ilmenita, el contacto entre los cristales es irregular. Las silimanitas son de carácter fibrolítico y generalmente se concentran en paquetes que parecen pseudomorfos a partir de una mica, aquí las silimanitas son muy abundantes, y están intercreciendo con una fase félsica que no se identificó. Los cristales de espinela están asociados principalmente a zonas donde la biotita tiene texturas esqueletales. En las bandas de grano fino es posible distinguir porfidoblastos compuestos por intercrecimientos de feldespatos y plagioclasas con texturas ígneas; también se pueden ver bandas muy ricas en biotita que no tienen espinela ni silimanita. En estas bandas es posible ver plagioclasas, feldespatos y cuarzos subedrales y euedrales.

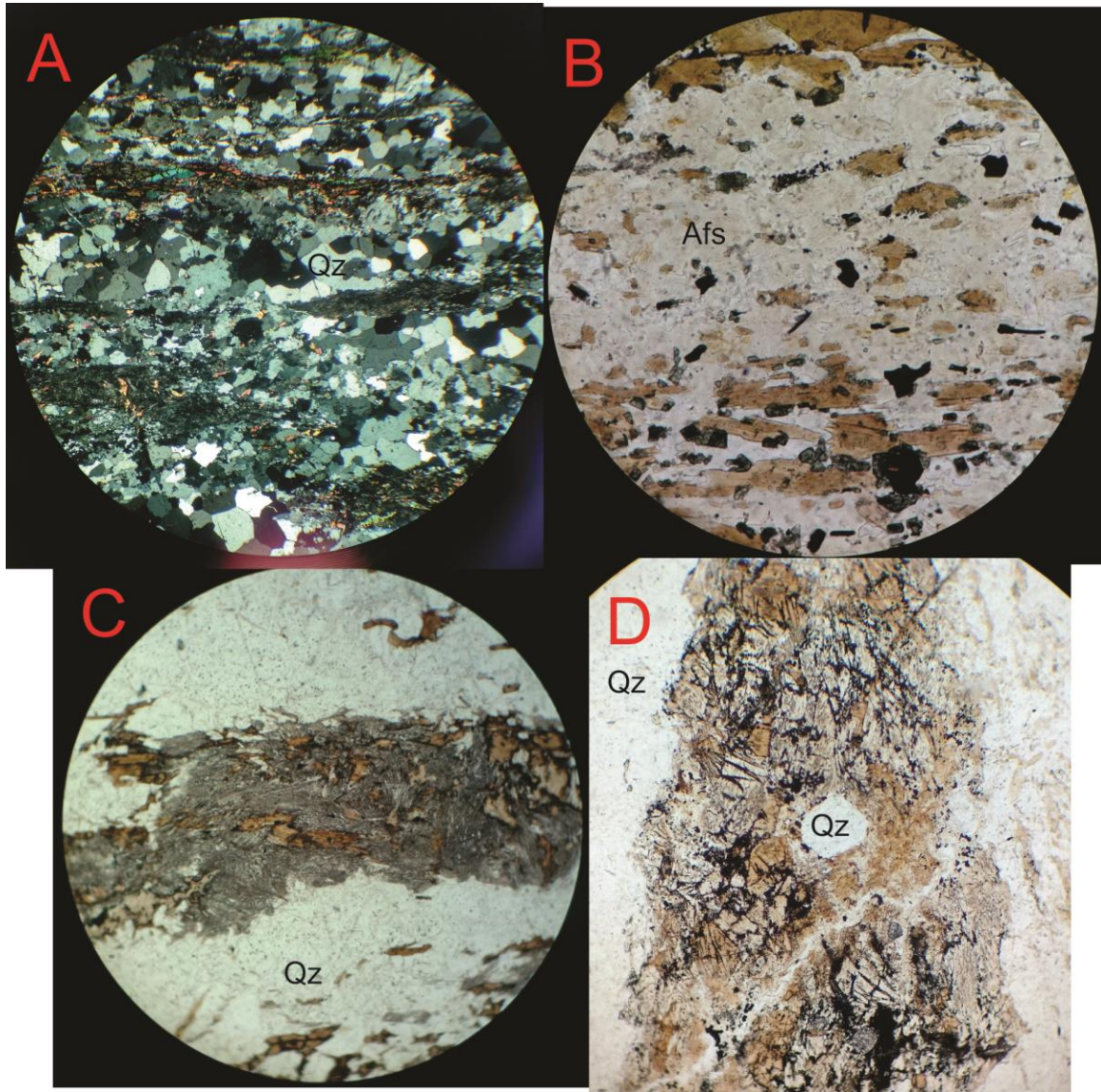


Fig. 4.6 A) Foliación (D_2) cortando a la textura granoblástica poligonal (D_1); B) Bandas de grano fino ricas en Al con feldspatos, espinela y biotita; C) Cúmulos de silimanita y biotita que siguen la foliación; D) Cuarzo eudral en banda rica en Al.

La muestra P99, también es parte del grupo anterior, pero exhibe una mineralogía un poco diferente, incluso la muestra de mano es distinta, pues presenta estructuras dúctiles muy bien marcadas, como pliegues; para la descripción de esta roca se analizaron dos láminas delgadas. Es una roca inequigranular bandeada con bandas de grano grueso-medio (donde se observa una textura granoblástica poligonal) y bandas de grano fino ricas en minerales micáceos y aluminosos. Las bandas de grano grueso llegan a abudinarsse a sus extremos dando formas sigmoidales.

Las partes de grano grueso están compuestas principalmente de cuarzo (~85%), con plagioclasa, feldespato alcalino y biotita en menor proporción. La mayoría de los minerales están en contacto granoblástico poligonal con puntos triples bien desarrollados. Asociados a estas bandas hay porfidoblastos de hasta 1 cm compuesto por intercrecimientos de feldespatos alcalinos + albíta (Fig. 4.7).

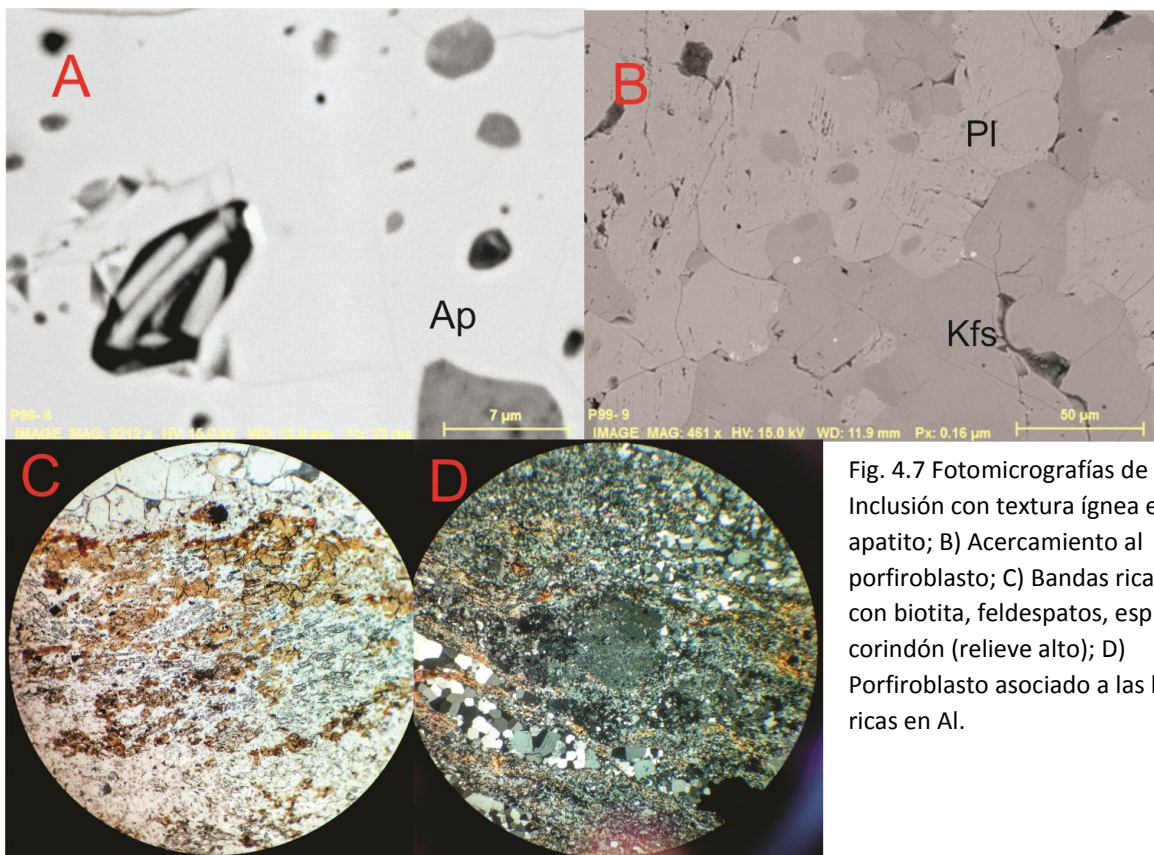


Fig. 4.7 Fotomicrografías de P99; A) Inclusión con textura ígnea en apatito; B) Acercamiento al porfiroblasto; C) Bandas ricas en Al con biotita, feldespatos, espinela y corindón (relieve alto); D) Porfiroblasto asociado a las bandas ricas en Al.

La banda de grano fino está compuesta de albíta + feldespato alcalino + biotita ± cuarzo ± espinela ± corindón ± cordierita ± apatito ± monazita. En las zonas donde hay biotita, los minerales félsicos tienen una textura más alargada con bordes irregulares, que podrían ser producto de la mimetización gracias a la dirección presencal de la biotita. La espinela crece casi siempre anedralmente y a veces está como inclusión en la biotita; la espinela rodeada o es rodeada por ilmenita. En general, la euedralidad de las fases en esta banda aumenta con su tamaño. Hay bandas de biotita donde ésta no tiene la dirección de la foliación, sino que tiene direcciones distintas, a veces hasta perpendiculares. Por lo general, las zonas donde la biotita es más euedral la abundancia de espinela, opacos corindón y cordierita disminuye, y cuando

la biotita es anedral o casi ausente, la abundancia de las otras fases aumenta. Hay cúmulos de ilmenita con albita que están rodeados por biotitas, en texturas tipo corona.

En las bandas de grano fino es muy abundante el apatito, el cual tiene tamaños anómalamente grandes, comparados con los demás minerales en estas bandas. Gracias a imágenes de EDS, se pudo notar que el apatito tenía una cantidad abundante de inclusiones, algunas de las cuales son poliminerálicas y exhiben texturas ígneas (Fig. 4.7), por lo que se reportan aquí como inclusiones de fundido.

Pep-7 es distinta del grupo anterior, por lo que se coloca como uno aparte. Es una roca inequigranular con foliación dada por micas y cuarzos en listón. La biotita crece en agregados entre los granos de cuarzo, estos agregados siguen la foliación general, pero no todas las micas de los agregados tienen la dirección de la foliación, algunas están orientadas de manera perpendicular. El cuarzo es el mineral más abundante en la roca, pero hay una zona donde disminuye su abundancia y dominan los feldespatos alcalinos (algunos con texturas peritéticas) y las plagioclasas. En esta banda el grano es más fino y es donde aparece la espinela, además que parece haber un poco de cordierita alterada (o tal vez es sólo biotita alterada); es una banda muy rica en circón y en óxidos. En las zonas ricas en cuarzo, la mayoría de ellos tienen contactos planos entre sí, con algunos puntos triples; se llegan a ver inclusiones de cuarzo en los feldespatos.

PEP-8 (Fig. 4.8) es el único granito que se tenía como xenolito en las rocas del Picacho de Pepechuca. Es una roca con predominantemente textura porfírica, con algunos dominios granoblásticos poligonales/lobulares que son de grano más fino. La mayoría de las biotitas crece intersticialmente entre las plagioclasas y los cuarzos. Muchas de las plagioclasas muestran una zonación oscilatoria, con algunos núcleos con textura en parches. Los cristales de biotita crecen preferencialmente alrededor de los minerales de mayor tamaño (los de textura granular) donde muchos de ellos son euedrales, o crecen como inclusiones en los minerales de mayor tamaño, o en la inter-fase de minerales grandes; pocas veces aparecen cortando los dominios granoblásticos. Algunas biotitas muestran texturas esqueléticas. Hay texturas mirmequíticas que generalmente crecen en las plagioclasas o en los bordes de la misma. Hay inclusiones de plagioclasas euedrales dentro de plagioclasas más grandes anedrales.

4.2 Geoquímica e isótopos

Los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo tienen contenido de SiO₂ de 51.21 a 62.82 % a bajos números de magnesio (#Mg 41.37-53.05); su concentración de Al₂O₃ varía de 14.119 a 20.68. Los xenolitos metapelíticos del Picacho de Pepechuca muestran valores de SiO₂ mayores que los de Chalcatzingo (~70%) a #Mg similares, así como concentraciones de Al₂O₃ menores. Los patrones de elementos traza muestran un empobrecimiento en Rb, U, Pb, K y Sr en las metapelitas de Chalcatzingo, con respecto a las composiciones medias de la corteza superior (*e.g.* Rudnick & Gao, 2004), por otro lado las rocas de Pepechuca tienen patrones casi idénticos a los de la corteza superior (Fig. 4.8).

Las metapelitas de ambas localidades tienen una variabilidad mayor en la relación ¹⁸⁶Sr/¹⁸⁷Sr medida, que en sus isótopos de Nd como se puede observar en la gráfica ¹⁸⁶Sr/¹⁸⁷Sr vs εNd (Fig. 4.9) y se puede notar una separación muy clara entre ambos grupos: las metapelitas de Chalcatzingo son menos radiogénicas tanto en estroncio como neodimio que aquellas del Picacho de Pepechuca.

El granito del Picacho de Pepechuca tiene una relación de ¹⁸⁶Sr/¹⁸⁷Sr menor que el resto de los xenolitos de la localidad y un valor de εNd mayor que cualquiera de las muestras analizadas. La isotopía de Nd del granito casi idéntica a las rocas volcánicas de la localidad de La Goleta (Mori *et al.*, 2012), y su composición isotópica en el sistema Sr y Nd es muy parecida a la de los sedimentos hemipelágicos y pelágicos del sitio DSDP 487 (DeGatta, 2003), y al ortogneis de Chalcatzingo analizado por Gómez-Tuena *et al.* (2008).

Las relaciones isotópicas de Pb de los xenolitos de ambas zonas de estudio son muy parecidas (Fig. 4.10), siendo la relación de ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb en el Picacho de Pepechuca ligeramente más radiogénica. Las rocas poseen una composición isotópica en los tres sistemas de plomo (²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb) muy similar a la del sedimento subducido global (GLOSS, Plank & Langmuir, 1998), también son muy parecidas a los sedimentos hemipelágicos del sitio DSDP 487 (LaGatta, 2003) y grafican sobre el campo de composición de las rocas del Terreno Guerrero (Potra *et al.*, 2014) (Fig. 4.10). Ambos xenolitos caen en el campo de las rocas de Oaxaquia (Ruiz, *et al.*, 1999; Lawlor, *et al.*, 1999; Martiny, *et al.*, 2000) en el diagrama ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb vs ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb (Fig. 4.10a), pero tienen relaciones más radiogénicas de ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb (Fig. 4.10b).

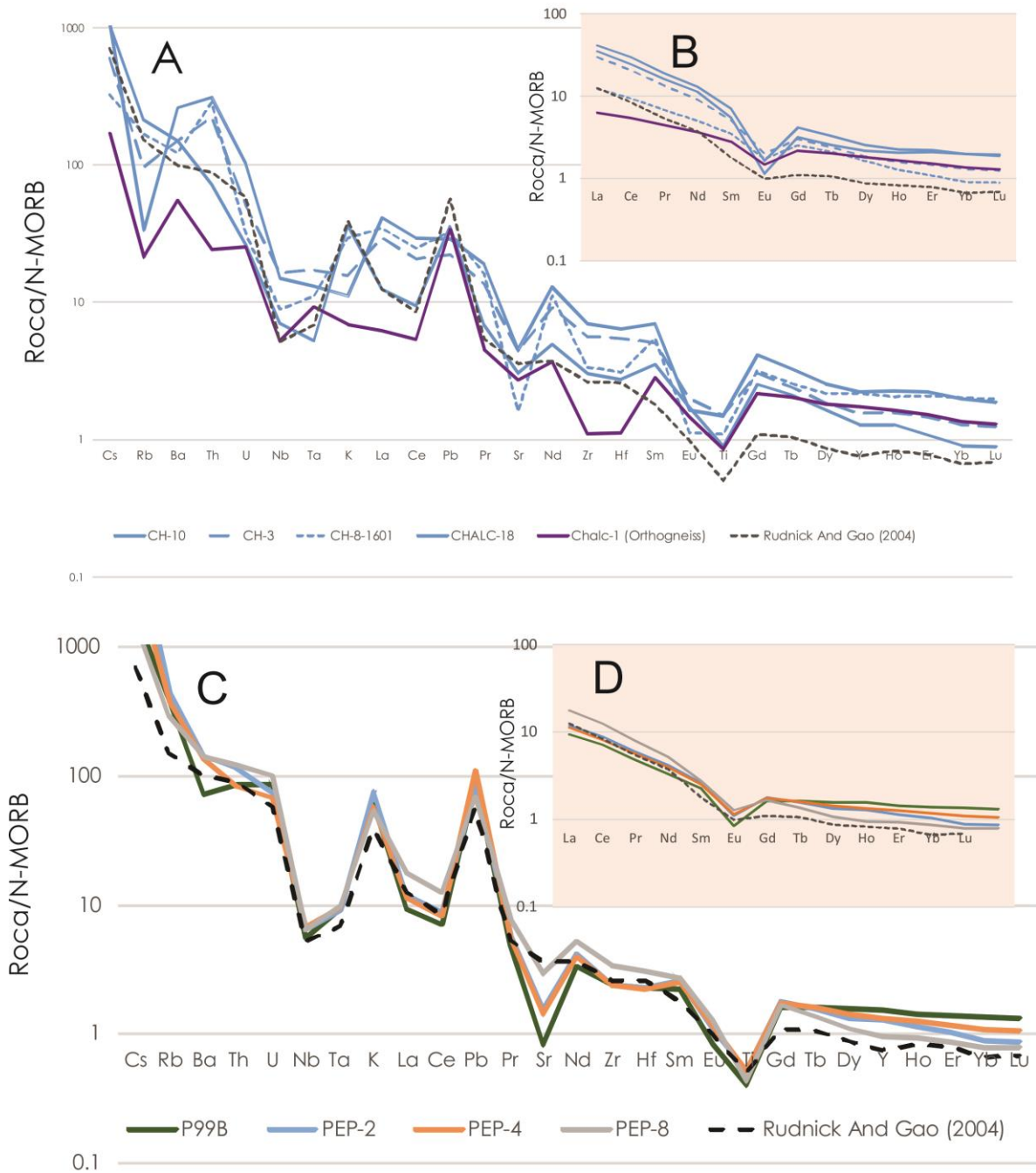


Fig. 4.8 Patrones de elementos traza de Chalcatzingo (A) y el Picacho de Pepechuca (C) y patrones de REE de Chalcatzingo (B) y el Picacho de Pepechuca (D)

La isotopía de Hf refleja un carácter ligeramente más juvenil en los xenolitos del Picacho de Pepechuca, con ϵ_{Hf} entre -10.07 a -2.93, donde el valor más alto es el del granito de Pepechuca (Pep-8), mientras que las metapelitas de Chalcatzingo tienen un rango de ϵ_{Hf} de

-12.32 a -9.29. En un gráfico ϵNd vs ϵHf , la mayoría de las muestras cae sobre el línea del arreglo terrestre (Vervoot *et al.*, 2011), exceptuando CH-10 y CH-3 que se colocan por encima del mismo (Fig. 4.11).

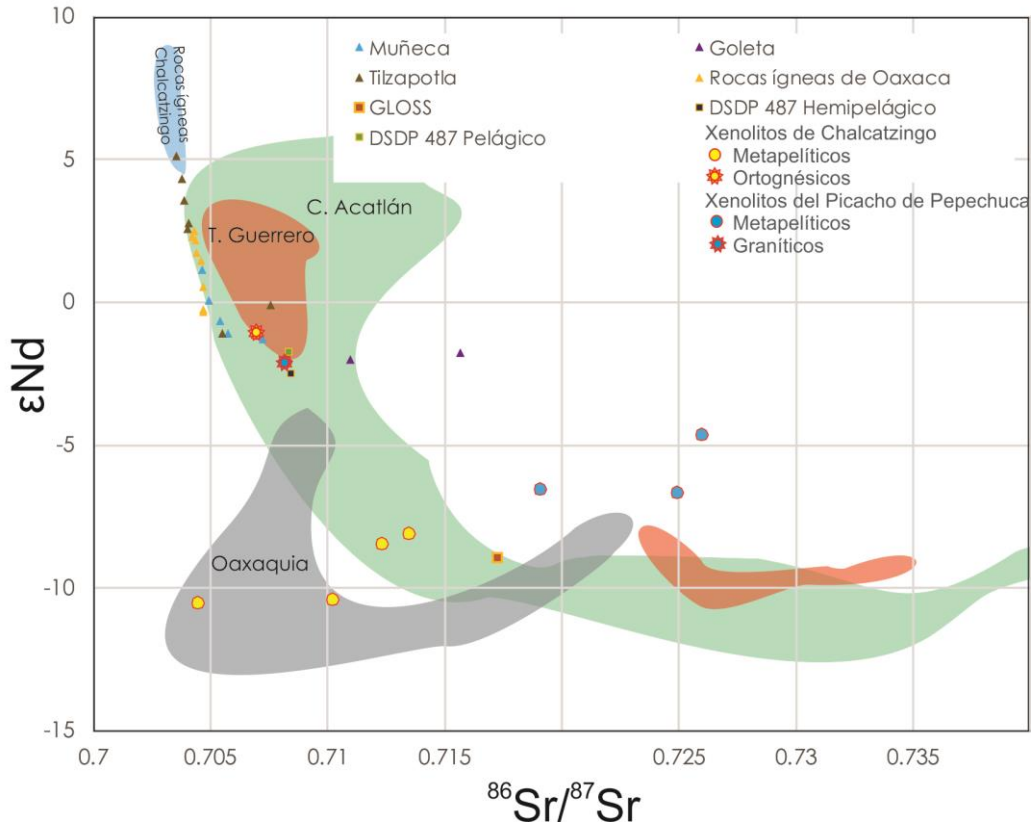


Fig. 4.9 Diagrama de $^{86}Sr/^{87}Sr$ (medido) vs ϵNd . Se muestran los datos obtenidos en este trabajo y se comparan con los de los basamentos y las rocas de las calderas oligocénicas (Mori *et al.*, 2012), el sedimento subducido global (GLOSS; Plank & Langmuir, 1998) y los datos del leg 66 del DSDP (LaGatta, 2003). Campo azul, trondhjemitas de Chalcatzingo (Gómez-Tuena *et al.*, 2008), verde rocas del Complejo Acatlán (Yañez *et al.*, 1991; Keppie *et al.*, 2016); rojo, rocas del Terreno Guerrero (Centeno *et al.*, 1993; Potra *et al.*, 2014); gris, rocas del Complejo Oaxaqueño (Patchett & Ruiz, 1987; Ruiz *et al.*, 1989).

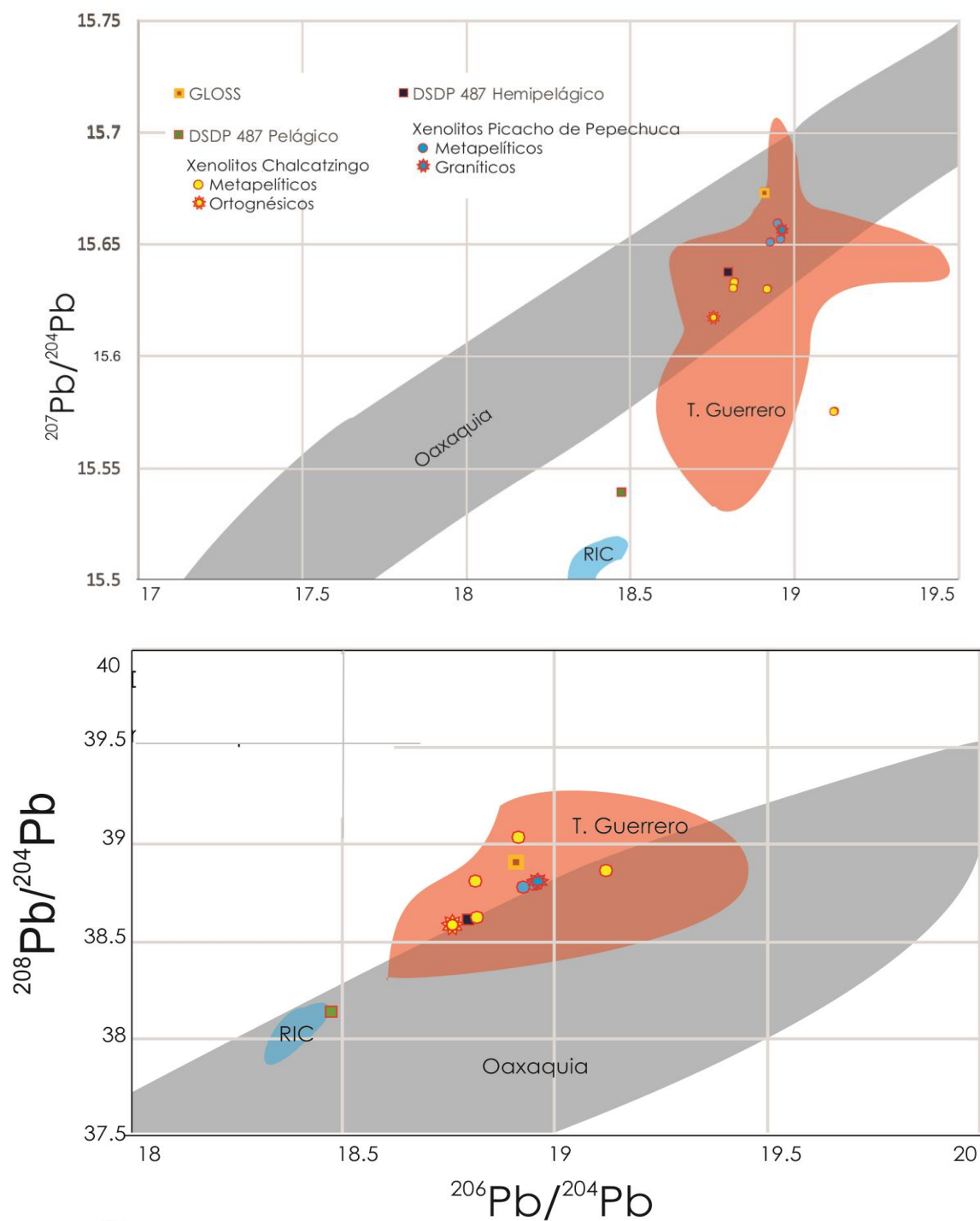


Fig. 4.10 A) Diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; B) Diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Se muestran los datos obtenidos en este trabajo y se comparan con los de los basamentos, el sedimento subducido global (GLOSS; Plank & Langmuir, 1998) y los datos del leg 66 del DSDP (LaGatta, 2003). Campo azul, trondhjemitas de Chalcatzingo (Gómez-Tuena *et al.*, 2008); rojo, rocas del Terreno Guerrero (Potra *et al.*, 2014); gris, rocas del Complejo Oaxaqueño (Ruiz *et al.*, 1999; Lawlor *et al.*, 1999; Martiny *et al.*, 2000).

4.3 Circones: geocronología, química e isotopía de Hf

Debido a la poca cantidad de muestra con la que se contaba, los fechamientos U-Pb en circones de la mayoría de las muestras se realizó directamente en lámina delgada, lo que también permite tener un control mayor del contexto textural de los datos recolectados. Para la isotopía de Hf en los circones, sólo se analizaron aquellos que arrojaron discordancias <30%. Para la descripción de los datos en todas las muestras se usaron los circones de hasta 30% de discordancia, ya que no agregan nuevas poblaciones en los diagramas KDE, pues a pesar de tener una discordancia alta, hay datos con la misma edad o edades parecidas que son concordantes, lo que podría indicar que pueden ser datos fidedignos como se ha reportado en otros trabajos (Martini *et al.* 2016).

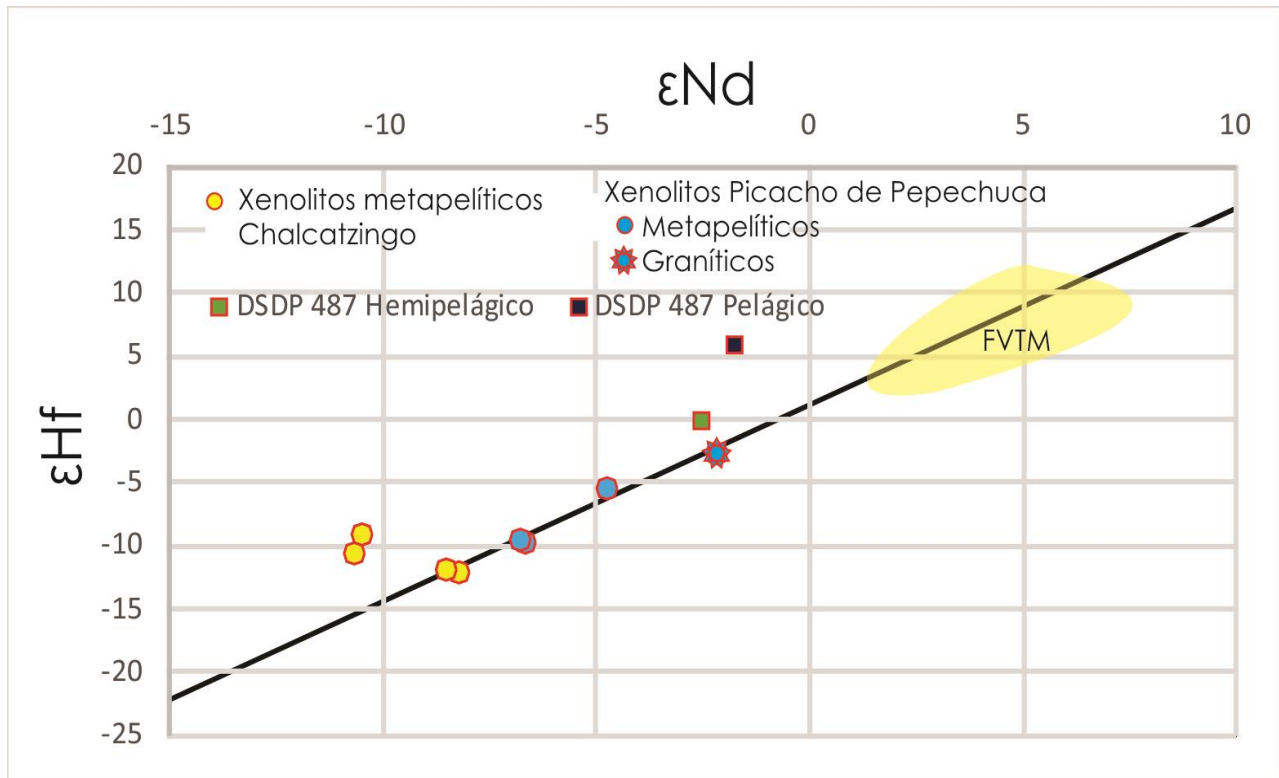


Fig. 4.11 Gráfica ϵNd vs ϵHf . Se observa que las rocas de este estudio caen sobre el arreglo terrestre (línea negra, Vervoort, *et. al.*, 2011), con excepción de dos de ellas (CH-10 y-3) que se colocan ligeramente arriba de este. Campo amarillo rocas de la FVTM (Recopilación de datos en Gómez-Tuena *et al.*, 2016).

En su mayoría los circones de la metapelitas son anedrales y subedrales, con formas equidimensionales y ovaladas, y bordes redondos. Tienen tamaños que varían de 40 a 130 μm , siendo los $<50 \mu\text{m}$ los más abundantes. Observados con catodoluminiscencia (CL) los circones en lámina delgada son generalmente homogéneos con luminiscencia baja, aunque es común ver con bordes más brillantes de menos de 10 μm . Por otro lado, los circones separados, los cuales se pudieron ver a un mayor aumento, muestran una mayor variabilidad de texturas en sus centros, hay cristales homogéneos, otros con zoneamiento oscilatorio y algunos con zoneamiento en sector.

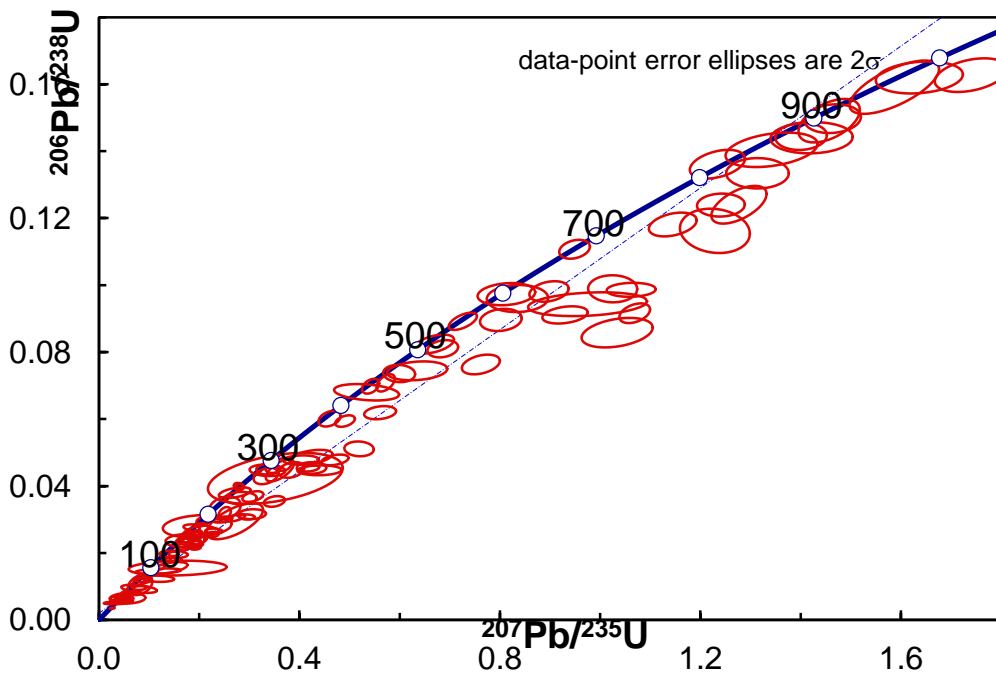


Fig. 4.11 Concordia de todos los circones de Chalcatzingo (de 0 a 1.0 Ga). Se puede observar que existe una gran discordancia en muchos de los datos.

El conjunto de edades U-Pb de los circones de estas muestras tiene un porcentaje elevado de discordancia, con el 35.94% de los datos con una discordancia $>30\%$, y el 64.97% de las edades con discordancia $>10\%$. Las edades de los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo varían desde el Oligoceno temprano ($32.9 \text{ Ma} \pm 2.2 \text{ Ma}$) hasta el Paleoproterozico ($2119 \pm 35 \text{ Ma}$). Hay un grupo de granos con edades que van del Eoceno medio-Oligoceno temprano (47.1 ± 1.6 a $32.9 \pm 2.2 \text{ Ma}$) que ocupa 15.25% de los datos, estos granos se encuentra como inclusión en granates o es un dato obtenido en el borde de un grano, además de que una pequeña cantidad posee patrones planos de HREE y en general todos tienen una concentración de HREE menor al resto de los circones (Fig. 4.12); además, predominantemente tienen relaciones de $\text{Th}/\text{U} < 0.1$. Por razones explicadas en las siguientes secciones se considera que no son circones detríticos, y por tanto, no se grafican en los diagramas de KDE.

El resto de las edades de las muestras muestran ligeramente tres poblaciones: la población más dominante tiene un rango de edades de 52 – 400 Ma y representa el 51.69% de los datos; otras dos poblaciones menores componen el 17.79 % (420-800 Ma) y el 9.32 % (800-1100 Ma) de los datos. Hay cuatro circones con edades Proterozoicas. Dentro de la población principal hay cuatro circones con concordancia <10% que tienen edades (64 ± 1.7 , 76.4 ± 3.4 , 89.3 ± 6.6 , 91.3 ± 2.5 Ma) menores a la plataforma Morelos-Guerrero (Albiano-Cenomaniano), que es donde están emplazados los domos de Chalcatzingo que trajeron a superficie los xenolitos de la localidad.

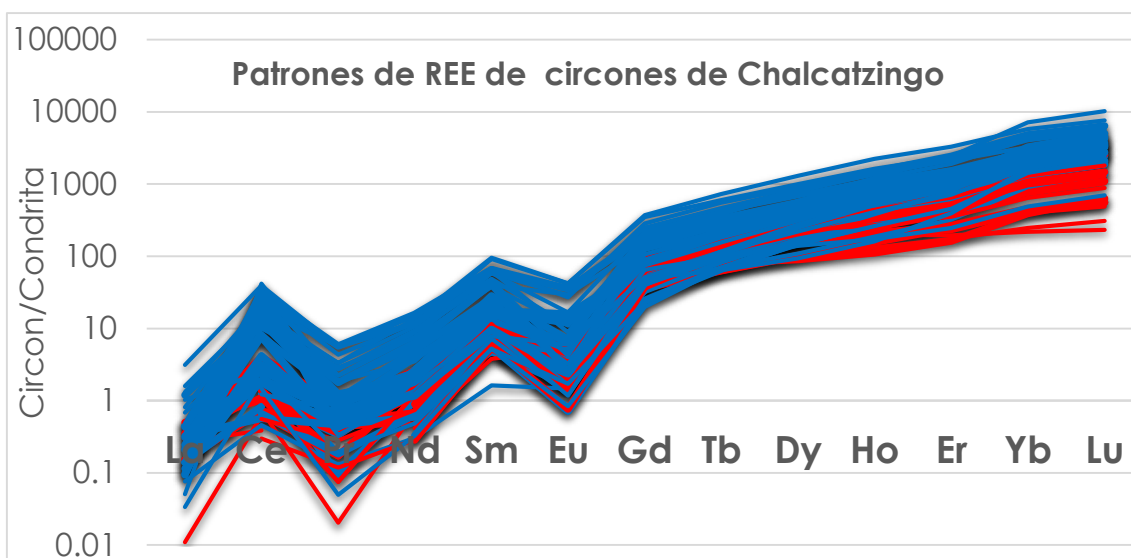


Fig. 4.12 Patrones de REE de los circones de Chalcatzingo, en rojo los circones con edades menores a 47 Ma, los cuales tienen concentraciones de REE, sobre todo HREE, menores al resto de los circones de la muestra. Normalizados con los valores condriticos (Sun & McDonough, 1995).

La isotopía de Hf en las metapelitas de Chalcatzingo, muestra circones con un amplio rango de ϵ_{Hf} , que va desde -36.94 hasta 12.62, con valores anómalamente grandes de hasta 146.99, los cuales podrían ser consecuencia de que el grano de circón no fue lo suficientemente grande para extraer toda la masa que el aparato necesita para medir las concentraciones de Hf y Lu; ésto mismo sucedió con otros granos que se acabaron antes de terminar el análisis y que no arrojaron ningún resultado. Las edades modelo T_{DM} tienen un rango de 789 a 3189 Ma, la mayoría de ellos concentrándose entre 900 a 1400 Ma (85.45%). Mientras que las edades modelo $T_{\text{DM}}^{\text{C}^*}$ se encuentran entre los 1142.38 Ma a 3379.37 Ma. Los cristales tienen relaciones de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ligeramente más altas a edades U-Pb más jóvenes (Fig. 4.13a),

aunque la tendencia general apunta más a relaciones $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ muy parecidas a distintas edades.

La mayoría de los circones del xenolito ortogéísico CH-1 es eudral. Bajo CL, algunos circones tienen zoneamiento oscilatorio, pero el grueso de ellos tiene núcleos xenocrísticos homogéneos, y casi todos muestran un cambio de color en el borde. Sólo el 50% de los datos tiene una discordancia <30%, sin embargo, las edades de los datos discordantes son muy parecidas a las de los datos concordantes. Hay un grupo de circones que tienen un rango de edades de 37-33.4 Ma (30% de los datos). Hay granos más viejos, uno de edad Cretácico (125.3 ± 5.6 Ma), uno del Jurásico (159.3 ± 3.8 Ma) y otro del Mesoproterozoico (1118 ± 21 Ma) que están asociadas a núcleos o circones con texturas de recristalización. Las relaciones Th/U de los granos son predominantemente <0.1.

4.3.2 Picacho de Pepechuca

En la localidad del Picacho de Pepechuca se eligieron dos muestras de metapelitas: Pep-2a y Pep-7; y una de un granito Pep-8. Como las tres rocas tienen características litológicas distintas, se analizan sus poblaciones de circones por separado.

En la muestra Pep-7 los circones son en su mayoría equidimensionales y muy redondeados, con tamaños que van de 30-80 μm . Bajo CL los granos son homogéneos, aunque algunos exhiben núcleos xenocrísticos, los cuales también son homogéneos. El 66.66% de los granos tienen una discordancia <10% y el 18.45% de ellos tienen una discordancia >30%. Las edades de U-Pb de la muestra van de 240 a 2955 Ma. El 27.07% de los circones definen una población con un rango de edades de 243 a 295 Ma, otra población tiene un rango de edades de 995 Ma a 1184 y representa el 24.32% de los datos. Dos poblaciones menores se identificaron, una con edades que van de 446 a 494 Ma representando el 10.81% de los granos, y otra definida por el 13.51% de los cristales con un rango de edades de 581 a 699 Ma. Hay un circón con una edad de 393 ± 12 Ma, cuatro con edades Paleoproterozoicas (1753 ± 34 , 1863 ± 31 y 2330 ± 20) y dos con edades Arqueanas (2828 ± 56 , 2955 ± 96). El cociente Th/U va de 0.04 a 1.64, y no se observa ninguna relación con la edad, ni con el grado de discordancia de los circones. La relación $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ (Fig. 4.13b) medida tiende a ser mayor en los circones más jóvenes, y el ϵHf se vuelve más positivo a edades U-Pb menores. Las edades modelo T_{DM} de los circones tienen un rango de 841.71 a 2941.83 Ma (Fig. 4.17),

66.66% concentrándose entre 800 y 1500 Ma. Las edades modelo $T_{DM}^{C^*}$ varían de 1155.22 a 3009.77 Ma (Fig. 4.18).

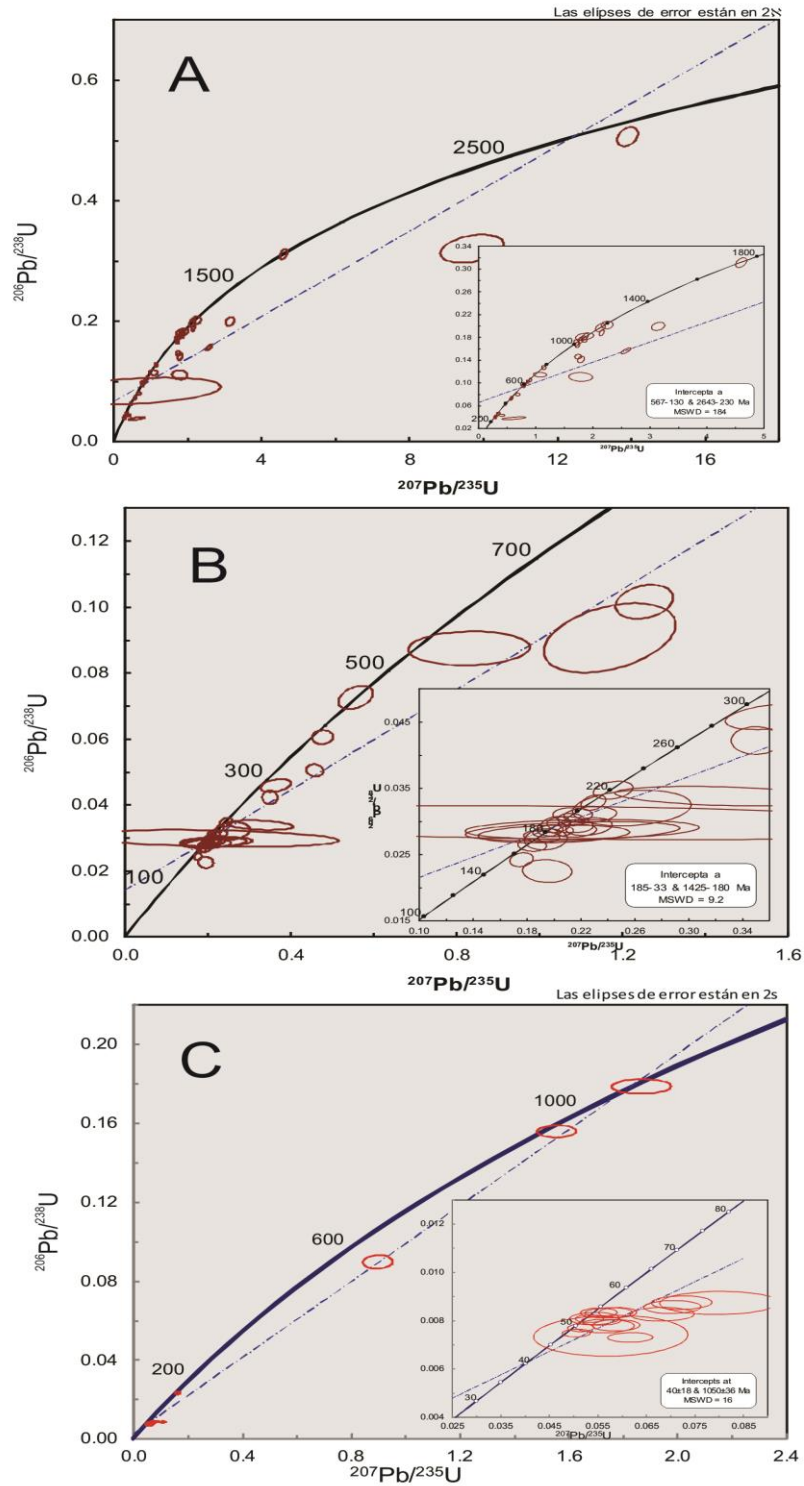


Fig. 4.13
Diagramas de
Concordia de las
rocas del Picacho
de Pepechuca; A)
Pep-7; B) Pep-2a;
C) Pep-8

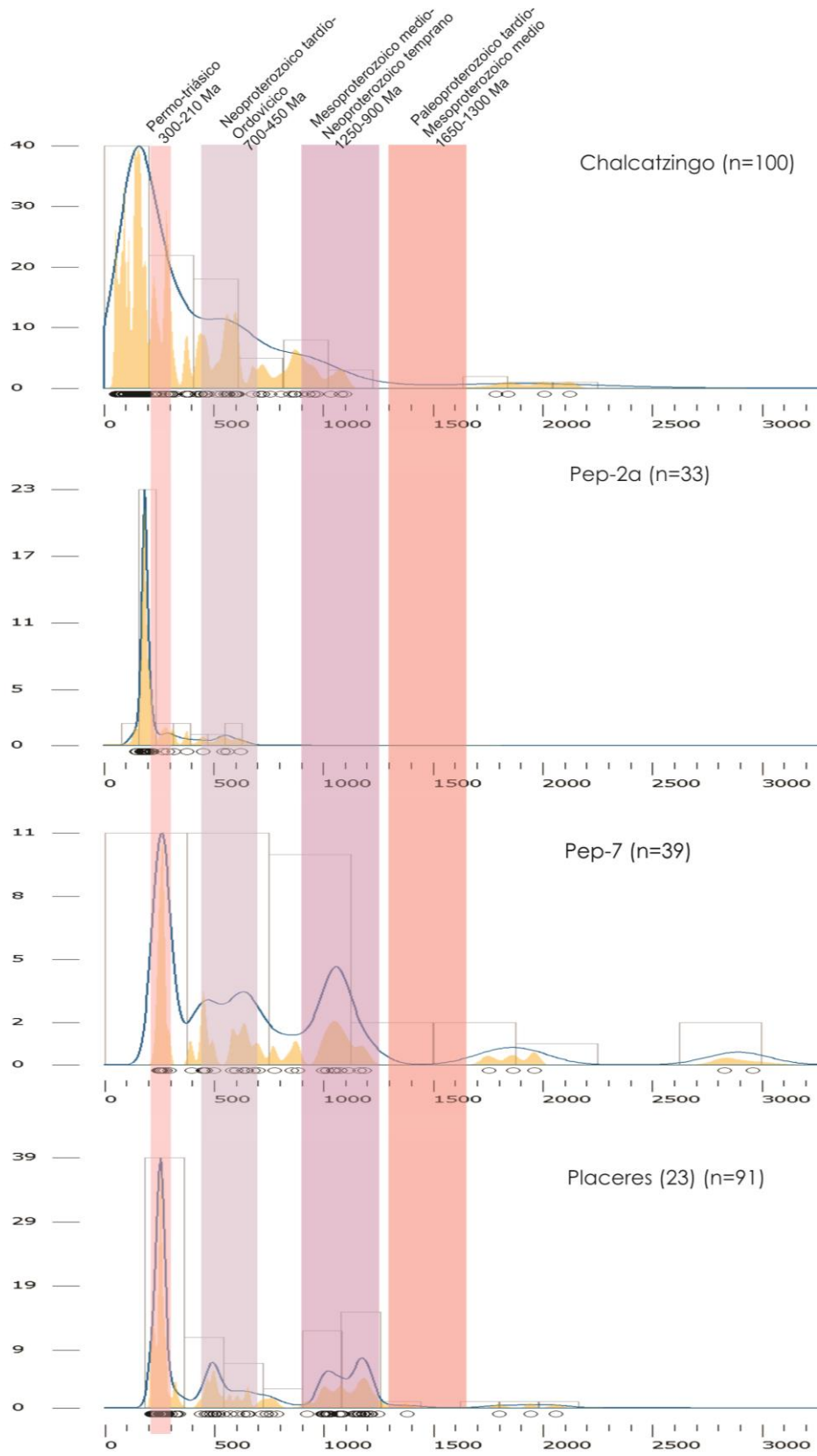


Fig. 4.14 Diagramas KDE de las muestras metapelíticas analizadas en este trabajo, se grafican los granos de hasta 30% de discordancia. Se compara con una muestra de la Fm. Placeres descrita por Ortega-Flores *et. al.*, (2015) y se sobreponen las poblaciones encontradas por esos autores para las sucesiones del paleomargen continental occidental de México. Se muestran los diagramas de probabilidad (sombreado amarillo).

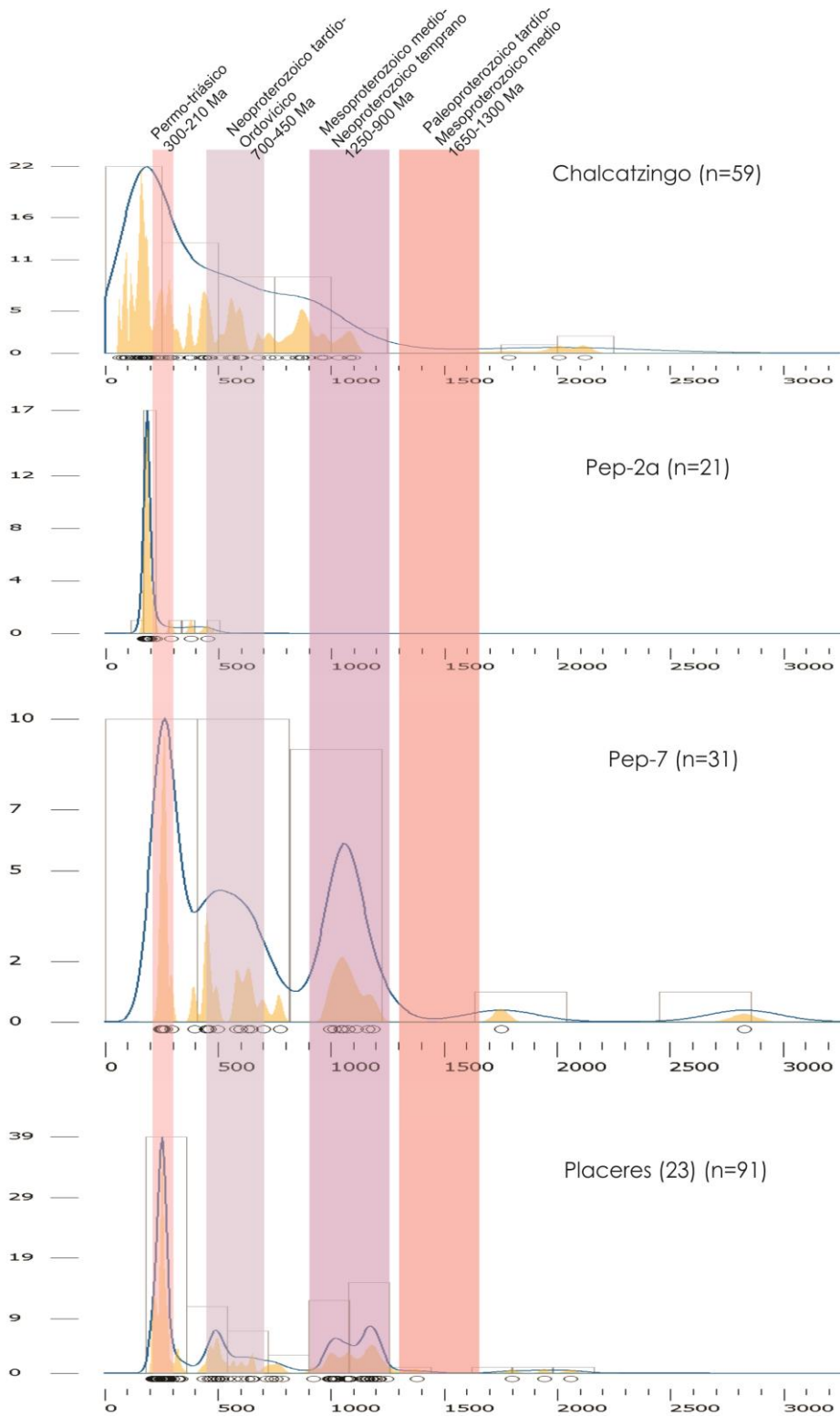


Fig. 4.15 Diagramas KDE de las muestras metapelíticas analizadas en este trabajo, se grafican los granos de hasta 10% de discordancia. Se compara con una muestra de la Fm. Placeres descrita por Ortega-Flores *et. al.*, (2015) y se sobrepone las poblaciones encontradas por esos autores para las sucesiones del paleomargen continental occidental de México. Se muestran los diagramas de probabilidad (sombreado amarillo).

La metapelita Pep-2a se eligió por ser una de las que mayor cantidad de circones tiene, y por ser representativa del grupo de xenolitos más abundante de esta zona. Los circones de esta roca presentan formas ovaladas, equidimensionales o prismáticas. Examinados con catodoluminiscencia se puede apreciar que los granos son en su mayoría homogéneos, aunque algunos de ellos poseen pequeños bordes de sobrecrecimiento con luminiscencia más alta. En esta muestra el 12.12% de los granos tiene una discordancia >30%, y el 63.36% de los circones tienen una discordancia <10%. El 68.96% de los circones definen una población con rango de edad de 143 a 220 Ma, aunque la mayoría de ellos (el 51.72% del total) se concentra en el Jurásico inferior. Se hallaron otras dos poblaciones menores, la primera (13.79%) tiene un rango de edades 267 a 378 Ma, y la segunda (10.34%) varía de 540 a 623 Ma (Fig.4.14 y 4.15). El cociente Th/U de los granos varía desde 0.02 hasta 0.40, los valores <0.1 sólo se observan en los circones más jóvenes, aunque también muchos de estos granos tienen relaciones Th/U > 0.1. Hay un ligero aumento en la relación $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ medida a menor edad U-Pb, pero los cristales de la población principal tienen grandes variaciones de la relación a una edad parecida (Fig. 4.1c). Los valores de ϵHf son muy corticales, teniendo un rango de -19.03 a -3.78. Las edades modelo T_{DM} calculadas para esta muestra varían de 814.34 a 1420.28 Ma (Fig. 4.17), mientras que las edades modelo $T_{\text{DM}}^{\text{C}^*}$ tienen un rango de 1168.79 a 1894.67 Ma (Fig. 4.18).

El granito Pep-8 contiene circones predominantemente euedrales, de tamaños de 20 a 180 μm de largo, con baja intensidad en CL (a veces tan baja que no se distinguía el cristal en la CL) y aparente falta de zoneamiento; sólo algunos presentan cambios ligeros de color. Son circones bastante homogéneos que van de 47.4 a 56.1 Ma, con algunos circones heredados de uno de edad jurásica (148.4 ± 3.7 Ma), uno neoproterozoico (553 ± 16 Ma) y uno Mesoproterozoico (1059 ± 17 Ma) (Fig. 4.14 y 4.15). Los patrones de tierras raras de los granos son típicos de circones ígneos. Las relaciones Th/U van de 0.10 hasta 0.52, con valores anómalamente altos de 12.35. Los circones de esta muestra son los que tienen los valores ϵHf más juveniles, en un rango entre -3.98 a -2.3, aunque uno de ellos tiene un valor de 3.94, el más alto de esta roca; sólo los cristales con edades U-Pb más viejas tienen ϵHf más negativos. Las relaciones de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ para los circones jóvenes se mantienen constantes con la edad, siendo el que tenía el ϵHf más positivo el único que posee una relación ligeramente más alta. Los granos tienen edades modelo $T_{\text{DM}}^{\text{C}^*}$ que van desde 622.91 Ma hasta 1792.61 Ma.

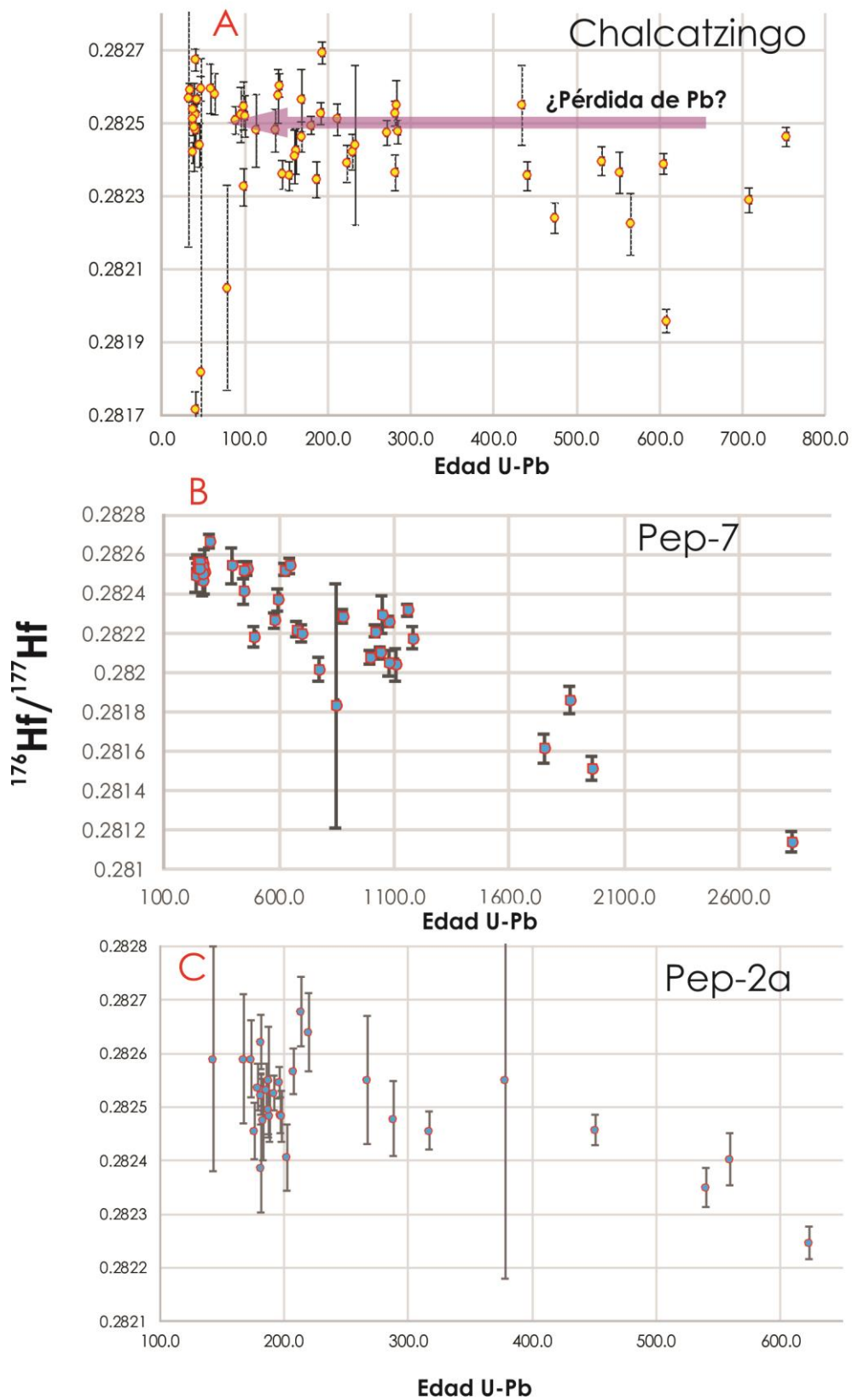


Fig. 4.16 Edades U-Pb vs relación $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$. Se puede ver que en Chalcatzingo las relaciones de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ son muy parecidas a distintas edades.

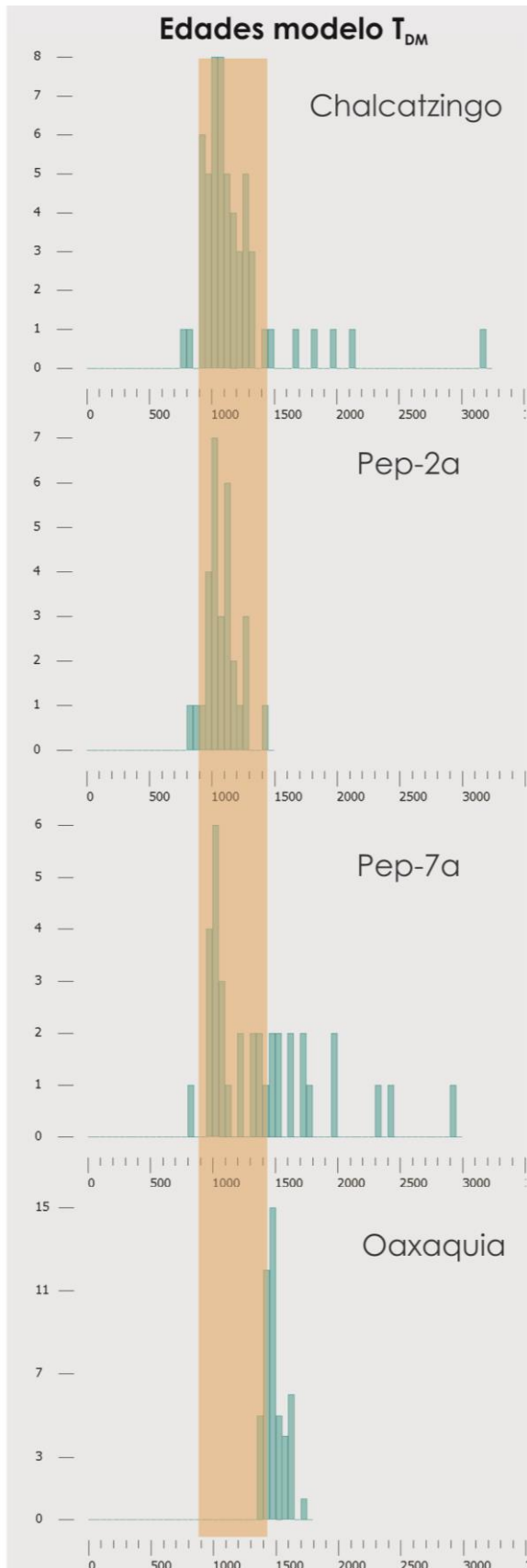


Fig. 4.17 Edades modelo T_{DM} de las muestras metapelíticas comparas con las rocas de Oaxaquia (Weber *et al.*, 2010)

4.4 Geocronología U-Pb y química de rutilo

Se realizó un análisis de 31 puntos en granos de rutilo de la muestra Chalc-16 para obtener su edad U-Pb y el contenido de sus elementos traza. El análisis fue directo en la lámina delgada y se lograron observar las relaciones texturales de los rutilos. Las edades se extienden desde 43 ± 21 Ma hasta 5 ± 14 Ma, con una media de 21.4 ± 1.9 Ma, que es virtualmente la misma edad que se ha obtenido por diferentes métodos para la roca encajonante del xenolito (Gómez-Tuena, *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez, *et al.*, 2012). La gran mayoría de los rutilos analizados muestra un gran error comparado con la edad obtenida, incluso a veces este error es mayor que la edad.

Los rutilos caen en el campo de las rocas félsicas y metapelíticas de grado alto, según sus concentraciones en partes por millón (ppm) de Nb vs Cr (Meinhold *et al.*, 2008; Meinhold, 2010) y comparadas con rutilos de una muestra metapelítica (OCA-002b, descrita previamente en Ramírez-Salazar, 2015), aunque menos aluminosa, del Complejo Oaxaqueño, se puede apreciar que ambas forman campos de composición distintos (Fig. 4.19).

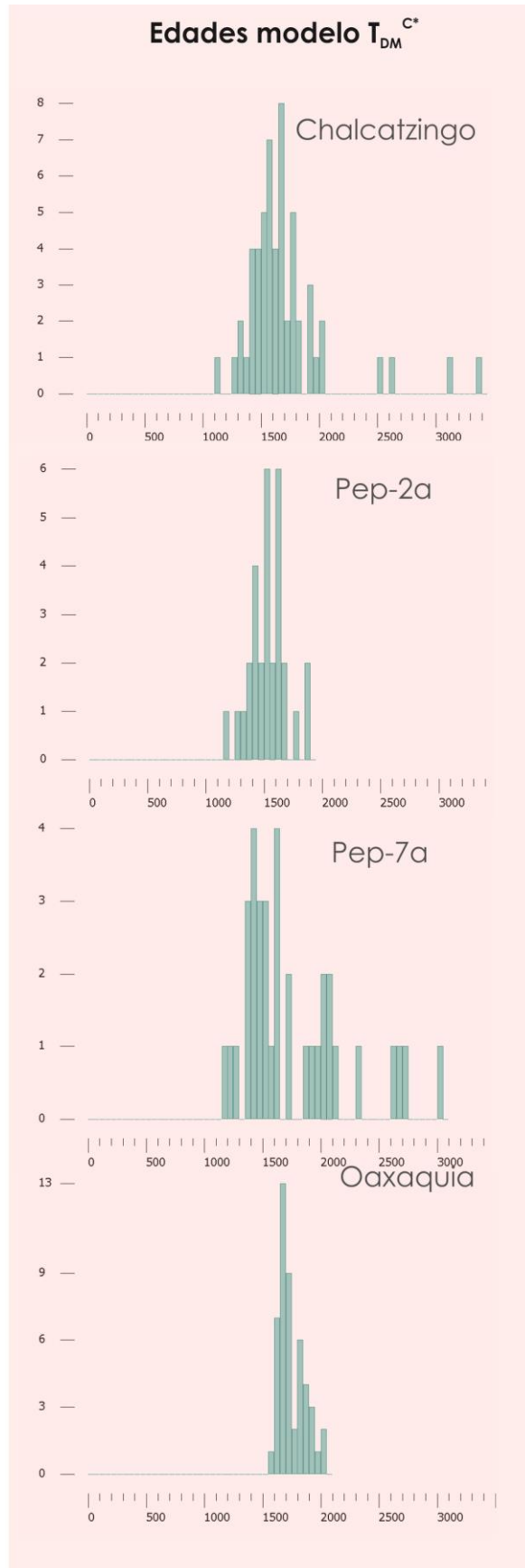


Fig. 4.18 Edades modelo $T_{DM}^{C^*}$ de las muestras metapelíticas comparas con las rocas de Oaxaquia (Weber *et al.*, 2010)

La concentración de Zr en los rutilos también es variada, con un rango de 572 ppm hasta 2890 ppm. Usando los termómetros de Zr en rutilo (ZIR, Watson, *et. al.*, 2006; Ferry & Watson, 2007; Tomkins, *et. al.*, 2007), las temperaturas que registra esta muestra van desde 698 a 871 °C.

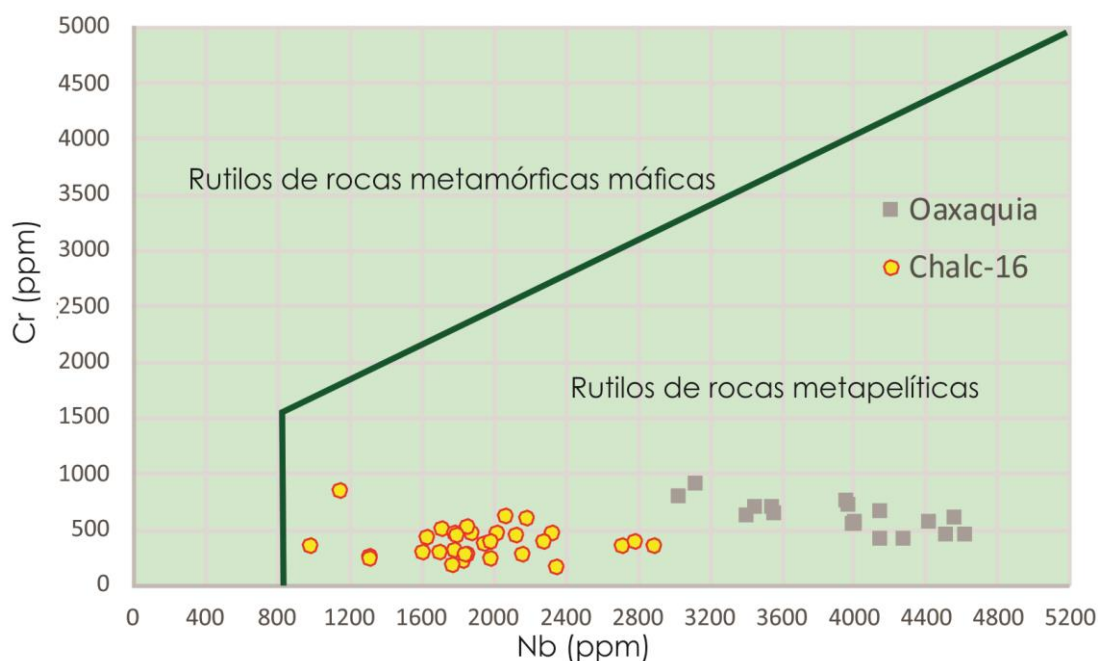


Fig. 4.19 Diagrama Cr vs Nb para rutilos (basado en Meinhold *et al.*, 2008; Meinhold, 2010). Se observa que las muestras de Chalcatzingo y Oaxaquia caen en el campo de composición de las rocas metapelíticas y que muestran dos campos de composición distintos.

4.5 Química mineral de granates

Los granates de las muestras Chalc-12a, Chalc-12c, Chalc-15a y Chalc-16 fueron analizados por IC-PMS, directos en las láminas delgadas, para obtener su composición total y los elementos traza que contenía. Como ya se describió, las rocas son ricas en granate, pero la gran mayoría de ellos es poiquilítica; como el haz del láser es de 80 μm , se eligieron los cristales con la menor cantidad de inclusiones visibles posibles, para evitar contaminación de los elementos traza y mayores. Se realizaron transectos en su mayoría de borde a borde, para observar si existía un cambio notable de composición en los granos; si el granate elegido presentaba inclusiones, el análisis terminó ahí o se evitó esa parte del transecto.

Los granates tienen una composición predominantemente almandino, con concentraciones de 53.78% a 66.96% en esta especie y concentraciones de piropero con un rango de 29.34% a 40.78%, con el resto de las demás especies en concentraciones menores, siendo la grosularia el tercer componente más abundante. Los granates caen en el campo de composición de los granates de Oaxaquia (Fig. 4.20).

Los transectos en los granates muestran un aumento en la concentración de MgO hacia los bordes (Fig.4.21a), aunque algunos de ellos tienen una concentración menor de esta especie hacia sus bordes (Fig.4.21b)

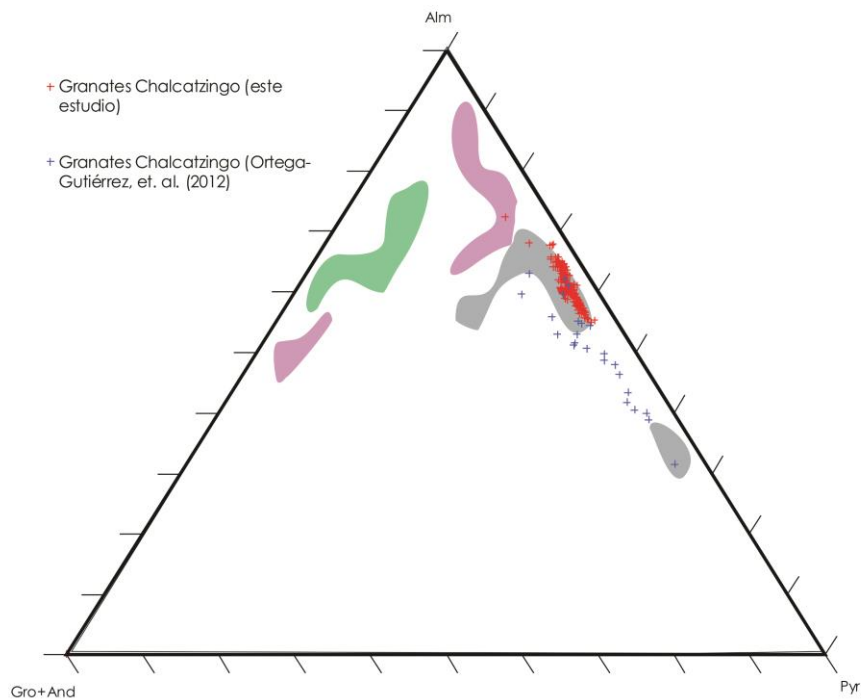


Fig. 4.20 Diagrama Alm-(Gro+And)-Py para granates comparados con otros terrenos del sur de México. Los granates de Chalcatzingo se superponen a los de Oaxaquia, incluso en las composiciones más ricas en piropero. Campo gris: Oaxaquia (Ramírez-Salazar, 2015); Campo morado: Complejo Xolapa (Corona-Chavez, *et. al.*, 2006; Estrada-Carmona *et. al.*, 2016); Campo verde: Complejo Acatlán (Ramos-Arias *et. al.*, 2012; Galaz *et. al.*, 2013)

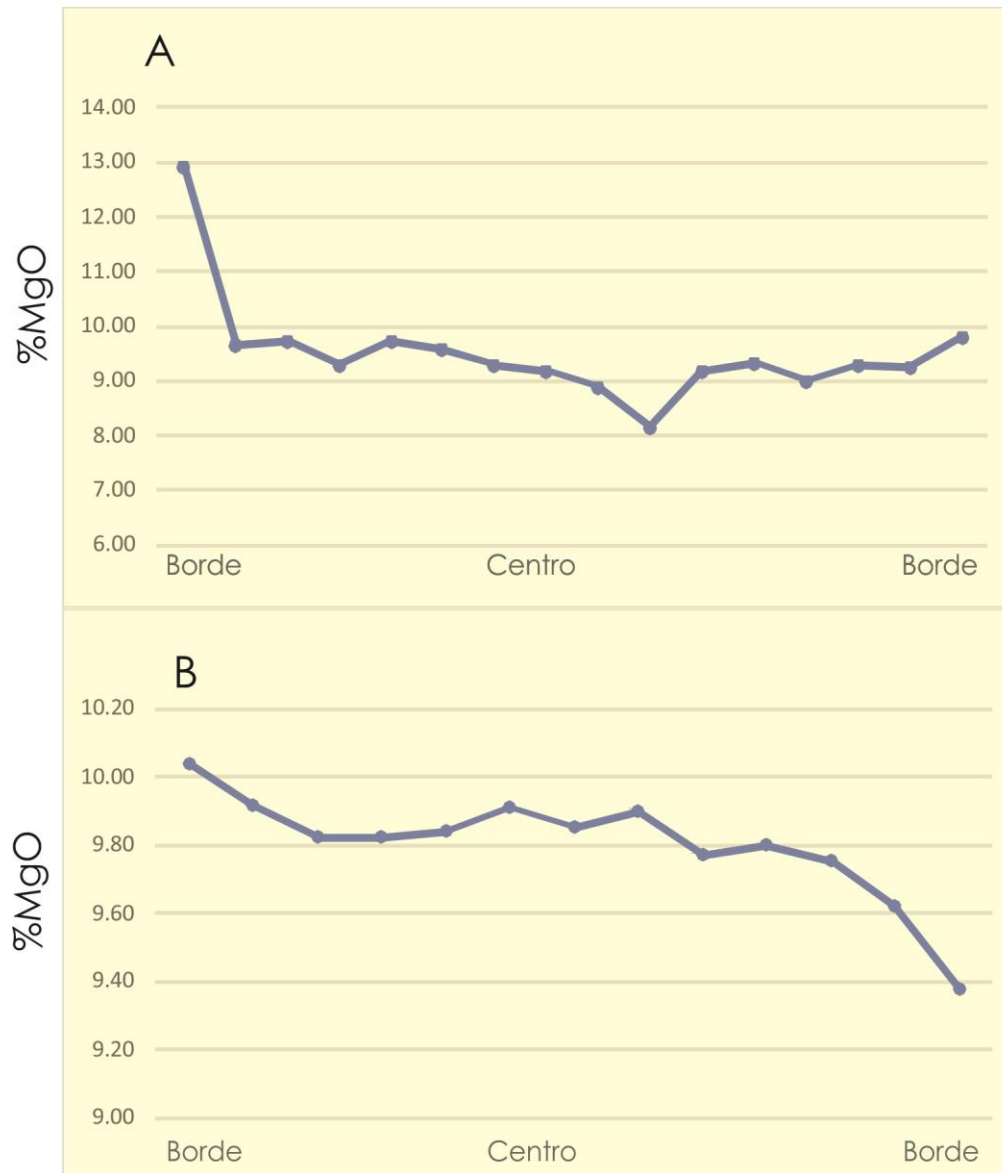


Fig. 4.21 Ejemplos del cambio de %MgO en los trasectos en granate. (A) muestra un aumento en en %MgO a los bordes, mientras que en (B) se puede apreciar que hay una disminución en la concentración de MgO en uno de los bordes.

5. Discusión

5.1 Edad del metamorfismo

Constreñir la edad de metamorfismo de una roca parecería trivial, sin embargo el uso de una sola técnica puede ser un poco engañoso, pues la firma o evidencia que deja puede ser generada por otros procesos. Uno de los discriminadores más usados en la literatura, para poder reconocer zircons metamórficos es la relación Th/U, pues se ha sugerido que durante los procesos de transformación metamórfica del circón, el Th se libera más fácilmente a la roca, debido a su tamaño atómico mayor (Hoskin & Black, 2000), lo que dejará un circón metamórfico con una relación Th/U baja; comúnmente se acepta el valor $Th/U = 0.1$ como el límite superior para distinguir zircons metamórficos de los ígneos (Rubatto, 2002). No obstante, desde hace unas décadas se ha reportado que existen zircons metamórficos con cocientes $Th/U > 0.1$ (Möller *et al.*, 2003), y se ha propuesto que las relaciones bajas se deben principalmente a la formación contemporánea de otras fases que incorporen Th en su estructura, empobreciendo así al circón durante su crecimiento (Harley, 2007 y referencias ahí citadas). Además, la aplicación de este método supone dificultades adicionales cuando se trabaja con rocas metasedimentarias, pues la fuente de los zircons puede ser muy heterogénea e involucrar granos metamórficos, que podrían poseer una relación $Th/U < 0.1$ heredada, haciendo difícil así la identificación de los granos que crecieron durante el evento metamórfico de la roca huésped. Para identificar los granos que crecieron durante el metamorfismo de la roca estudiada, se recomienda usar más de un método (Harley, 2007; Chen *et al.*, 2010; Rubatto, 2017), entre ellos las texturas de los zircons en CL o BSE (Hoskin & Black, 2000; Corfu *et al.* 2003), la química del circón (Wu & Zheng, 2004), principalmente usando las REE y relacionándolas con un crecimiento contemporáneo al granate (Rubatto, 2002; Rubatto & Hermann, 2007) y la relación petrográfica de los zircons con las fases de la paragénesis metamórfica (Dageling *et al.*, 2001; Möller *et al.*, 2003).

5.1.1. Chalcatzingo

Como ya se describió en la sección de resultados, se encontró una población de zircons jóvenes, con un rango de 47.1 ± 1.6 a 32.9 ± 2.2 Ma, que exhiben varias características que comúnmente se han asociado a zircons metamórficos. Por lo general los zircons o sobrecrecimientos metamórficos muestran texturas homogéneas o zoneamiento muy ligero (Corfu *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2015), algo que se observa en esta población de zircons. La

concentración de REE de los granos Eoceno medio-Oligoceno temprano es menor que el resto de los cristales (Fig. 4.12), característica que se esperaría en circones metamórficos, pues se ha identificado que la concentración de estos elementos puede disminuir durante el crecimiento metamórfico, sobre todo si crecen contemporáneamente al granate (Hoskin & Black, 2000; Möller *et al.*, 2003). Además al menos en la muestra Chalc-15a, la mayoría de los circones del Eoceno-Oligoceno se encuentran como inclusiones en el granate, que es parte de la paragénesis del pico metamórfico (véase abajo), sin embargo el hecho de que estos dos minerales se encuentren en equilibrio textural no garantiza que haya un equilibrio químico (Rubatto, 2017), es decir que hayan crecido juntos, puede que el circón sea previo al metamorfismo. Para comprobar si estas dos fases crecieron en equilibrio se usan comúnmente los patrones de REE del circón, si tiene un patrón de HREE plano es indicativo de que creció con el granate (Rubatto, 2002), no obstante si observamos los patrones de HREE de las muestras de Chalcatzingo, podemos notar que sólo algunos de los granos tienen patrones planos de HREE, lo cual podría indicar que estas dos fases no crecieron contemporáneamente. Por otro lado, es necesario señalar que los patrones planos de HREE en los circones generalmente se observan en rocas donde el metamorfismo ocurre en ausencia de fundido (Rubatto, 2002; Harley, 2007; Rubatto & Herman, 2007), cuando el metamorfismo es contemporáneo a la fusión parcial, como se identificó en Chalcatzingo (ver abajo), es común tener circones metamórficos con patrones de HREE típicos de circones ígneos (*e.g.* Estrada-Carmona *et al.*, 2016), por ello, comparar el coeficiente de partición de las REE entre circón y granate con algunos ya conocidos es más confiable. En la Fig. 5.1 se grafican los coeficientes de partición obtenidos para los circones eocénicos-oligocénicos y los granates de los xenolitos metapelíticos. Se calcularon los coeficientes de partición para cada muestra. Se puede observar que para las muestras Chalc-15a y Chalc-16 los patrones de equilibrio son muy semejantes a los obtenidos experimentalmente por Rubatto & Hermann (2007) a 1000°C, exceptuando el Sm que se encuentra empobrecido en el circón. Para las muestras Chalc-12a y 12c, los patrones de $D_{Zrn/Grt}$ tienen una forma muy similar a los calculados por Rubatto (2002) en muestras naturales con $T \approx 800^\circ \text{C}$. La similitud en los coeficientes $D_{Zrn/Grt}$, confirman que el circón y granate crecieron en equilibrio. Los rasgos enlistados, junto con el hecho de que gran cantidad de los circones jóvenes tienen relaciones $\text{Th/U} < 0.1$, permiten ubicar el evento que metamorfizó las rocas metapelíticas de

Chalcatzingo entre el Eoceno y Oligoceno Temprano (47.1-32.9 Ma). Esta edad es previa a la del evento de maduración termomecánica de la corteza reportado por Mori *et al.*, (2012), el cual formó las calderas Eocénico-Oligocénicas de la SMS, una de las cuales es la roca

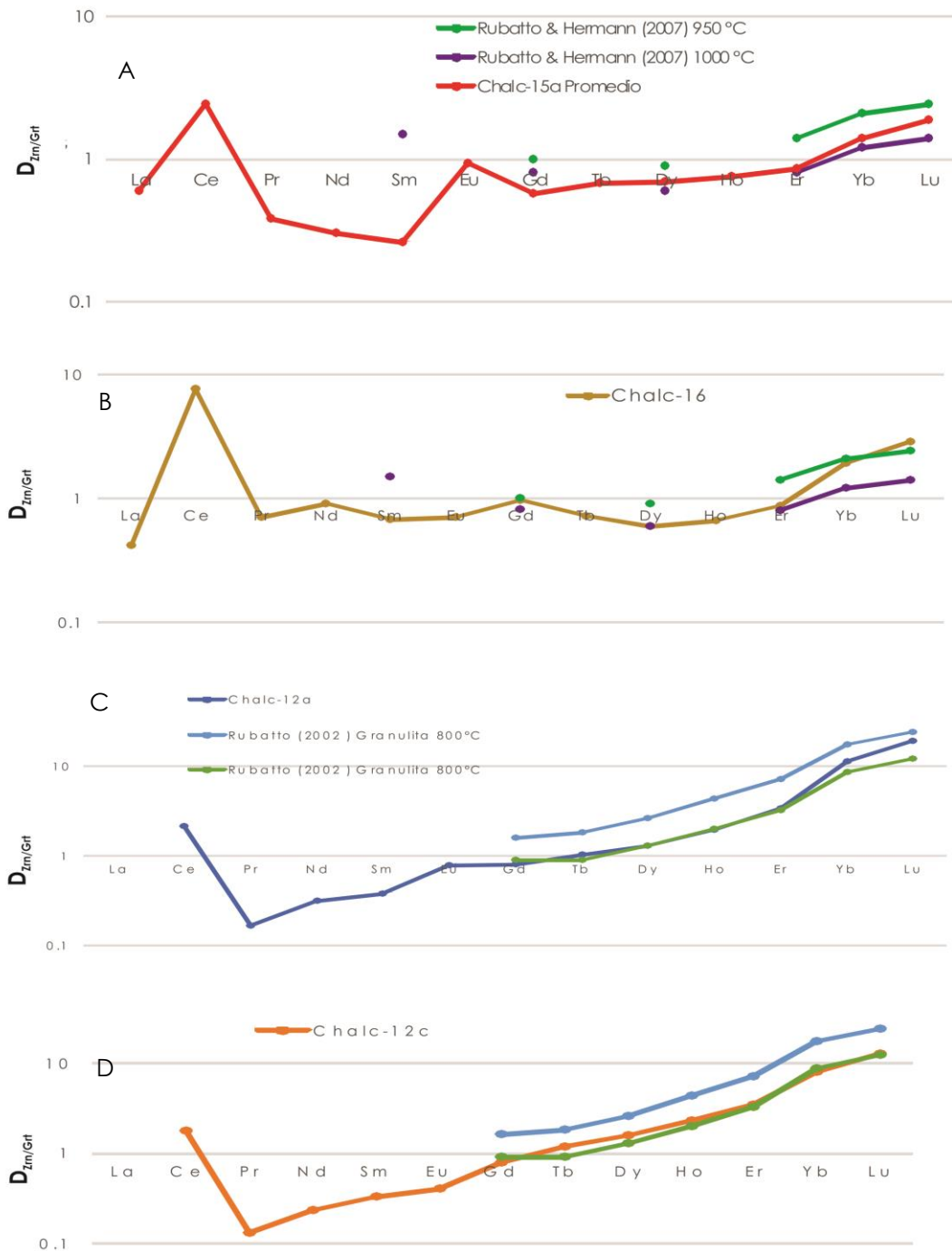


Fig. 5.1 Coeficientes de partición de REE entre circón y granate ($D_{Zrn/Grt}$), comparados con coeficientes obtenidos experimentalmente (Rubatto & Hermann, 2007) y empíricamente (Rubatto, 2008). Se puede observar que Chalc-15a (A) y Chalc-16 (B) son muy parecidos a los coeficientes obtenidos a 1000°C y Chalc-12a (C) y -12c (D) son similares a los de 800 °C

huésped de los xenolitos del Picacho de Pepechuca (Campo volcánico de la Goleta) (Elías-Herrera & Ortega-Gutiérrez, 1997; Díaz-Bravo & Morán-Zenteno, 2011).

5.1.2. Picacho de Pepechuca

La edad del metamorfismo en los xenolitos del Picacho de Pepechuca es más difícil de establecer, pues la falta de granate limita las características que podrían ayudar a identificar los circones metamórficos. Por tanto, los rasgos que se usaron para discriminar los circones fueron sus texturas y su relación Th/U. Para el caso del xenolito metapelítico PEP-2a, las texturas homogéneas en los circones son comunes, lo cual podría significar su carácter metamórfico, sin embargo estas características también pueden ser halladas en granos ígneos (Corfu *et al.*, 2003), por otro lado la relación Th/U es > 0.1 en casi todos los cristales y, como ya se dijo, normalmente se interpretan estos circones como de origen ígneo, no obstante hay rocas de alto grado donde sus circones crecen con cocientes Th/U > 0.1 , pero se ha reportado que cuando esto sucede es porque no hay fases que incorporen Th en su estructura (Möller *et al.*, 2003; Harley, 2007; Rubatto, 2017). Si los circones de Pep-2a hubieran crecido durante el evento que metamorfizó al xenolito, se esperarían relaciones Th/U < 0.1 , pues se halló monazita como parte de la asociación metamórfica, que es uno de los minerales en los que el Th es compatible. Por esta razón, se interpreta que todos los circones de la muestra son del protolito y ninguno fecha el evento metamórfico en Pepechuca, como lo habían interpretado trabajos anteriores (Elías-Herrera, 2004; Elías-Herrera *et al.*, 2009). En cuanto a Pep-7, también casi todos sus circones poseen Th/U > 0.1 , como el metamorfismo no es tan desarrollado aquí, como en las otras muestras, se interpreta que también todos los circones son detríticos.

Aun cuando los datos recopilados en los xenolitos metapelíticos no permiten establecer la edad de metamorfismo M₂ de las rocas, este podría estar relacionado a la intrusión del granito eocénico (Pep-8, 56.1 a 47.4Ma) que también fue muestreado como xenolito o ser un metamorfismo contemporáneo al gran evento de maduración termo-mecánica de la corteza mexicana (Mori *et al.*, 2012), pues la metapelitas del Picacho de Pepechuca tienen una relación genéticas con las rocas volcánicas de la caldera de Tilzapotla (véase abajo).

5.2 Procesos metamórficos y condiciones del metamorfismo

5.2.1 Chalcatzingo

Ortega-Gutiérrez *et al.*, (2012) hicieron una disertación sobre las condiciones metamórficas de los xenolitos de Chalcatzingo. En este trabajo se intentó describir un poco más sobre los procesos involucrados en el metamorfismo granulítico, así como describir las reacciones ocurridas en la trayectoria metamórfica. Uno de los objetivos principales era delimitar las condiciones de presión y temperatura que experimentaron las metapelitas, mediante el uso de pseudosecciones con el programa Perple_X (Connolly, 2005), sin embargo no se consiguieron diagramas satisfactorios; los únicos datos de temperatura calculados fueron aquellos obtenidos gracias al termómetro de Zr en rutilo (ZIR; Watson *et al.*, 2006; Ferry & Watson, 2007; Tomkins *et al.*, 2007).

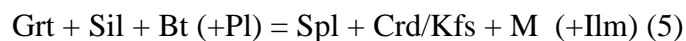
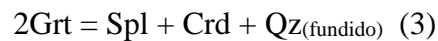
Al igual que Ortega-Gutiérrez *et al.* (2012) se lograron identificar tres fases de metamorfismo. La primera (M_1) está conformada por las inclusiones minerales en los granates, que exhiben una foliación con dirección distinta a la de la matriz de la roca, la asociación está determinada por fibrolita + cuarzo + plagioclasa + biotita.

La segunda fase de metamorfismo (M_2) es la más evidente y penetrante en toda la roca, en ella el granate es muy abundante (hasta 50% en algunas muestras), y está representada por la siguiente asociación mineral: granate + plagioclasa + biotita + silimanita + circón + ilmenita ± feldespato alcalino ± espinela ± cordierita ± monazita ± rutilo. La foliación de esta asociación es penetrativa en toda la roca y está marcada por silimanita prismática, biotita y granates alargados, los cuales muestran estructuras tipo *pinch-swell*, que han sido reportadas en rocas que alcanzaron temperaturas $>900^\circ\text{C}$ (Ji & Martignole, 1994). En la muestra Chalc-16 se identificaron mantos de granate rodeando silimanita de la foliación, muy parecidas a las encontradas en algunos xenolitos de la localidad del Hoyazo en España (Álvarez-Valero *et al.*, 2005), que han sido identificados como producto de disolución-precipitación asistida por un fundido; de hecho los xenolitos de esta localidad comparten varias características con los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo (*c.f.* Cesare *et al.*, 1997; Cesare 2000; Álvarez-Valero *et al.*, 2007; Álvarez-Valero & Kringsman 2007). Como ya habían puntualizado Ortega-Gutiérrez *et al.* (2012), el aumento de MgO en los bordes de los granates sugiere un aumento de temperatura durante el metamorfismo M_2 . Los transectos composicionales realizados en los granates en este trabajo (Fig. 4.21) muestran que efectivamente hay un

ligero aumento en la concentración de MgO al borde de los granos de granate, sin embargo este cambio no es simétrico en todo el granate, pues muchos de ellos muestran aumento en MgO en un borde, mientras que en el otro se mantiene constante con respecto al núcleo o incluso disminuye (Fig. 4.17), lo que podría explicarse por reabsorción o retrogresión. Como ya se argumentó arriba, estos granates crecieron contemporáneamente con los circones eocénico-oligocénico tempranos (47.1-32.9 Ma) de las muestras, por lo que la edad de los circones fecha este evento metamórfico.

La formación de un fundido durante el metamorfismo M₂ se pudo identificar gracias a la presencia de plagioclasas, feldespatos y cuarzos euedrales y subedrales, así como películas de cuarzo rodeando minerales o en el borde de ellos (Fig. 4.3), todos ellos indicios de fusión parcial (Vernon, 2011; Holness *et al.*, 2011).

Una tercera fase metamórfica (M₃) puede ser identificada en las coronas y fracturas rellenas de los granates, las cuales presentan la asociación espinela ± cordierita ± plagioclasa ± silimanita ± feldespato alcalino (aunque Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012, identificaron además Opx, Crn y Qz). Las coronas podrían ser producto de las siguientes reacciones:



Como se puede ver en las reacciones, muchas de ellas involucran la formación de un fundido, el cual es evidente gracias a las características antes mencionadas, así como la presencia de biotita esqueletal (Fig. 4.3) que indica la descomposición de este mineral con la formación de un fundido (Cesare *et al.*, 2015). Estas reacciones pueden ocurrir tanto por descompresión como por aumento de temperatura, en este sentido Ortega-Gutiérrez *et al.*, (2012) asociaron la formación de coronas a la descompresión rápida de los xenolitos, sin embargo ni sus datos ni los aquí presentados pueden asegurar dicha hipótesis. El fundido generado durante las fases metamórficas M₁ y M₂ fue extraído, lo cual se puede inferir gracias a las asociaciones muy aluminosas de los xenolitos (ejemplo CH-10), además de que las concentraciones de elementos traza medidos en este trabajo reflejan la extracción de elementos móviles como U,

Pb, K, Rb y Sr (Fig. 5.2), los cuales se empobrecen en los sedimentos durante la fusión parcial y remoción del fundido (Johnson & Plank, 2000). Este procesos pudo haber contribuido a la formación de la foliación de los xenolitos, como se ha visto en otras localidades (Álvarez-Valero *et al.*, 2005).

Una tercera generación de silimanita evidencia una última deformación dúctil. Estos cristales cortan a la foliación de M₂ y pueden ser observados las muestras Chalc-16 y CH-10 (Fig.4.4D), son granos de mayor tamaño que los de la silimanita₂ están ligeramente plegados.

Para calcular los datos de temperatura del evento M₂, se utilizaron los granos de rutilo de la muestra Chalc-16 que se son parte de la paragénesis de esta fase metamórfica. También se intentó fechar la edad de cristalización de los granos de rutilo, sin embargo, los datos arrojaron edades muy dispersas (43 ± 21 Ma hasta 5 ± 14 Ma), algunas de ellas virtualmente iguales a las de los del intrusivo hospedero (~ 21 Ma; Gómez-Tuena *et al.*, 2008; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012), por lo que se interpreta como un reequilibrio del sistema U-Pb en el rutilo, que generalmente se abre a 650°C (Vry & Baker, 2006), debido al calentamiento del magma al tomar los xenolitos. Las temperaturas que se calcularon con el termómetro ZIR (Watson *et al.*, 2006; Ferry & Watson, 2007; Tomkins *et al.*, 2007), se encuentran en un rango de 698 a 781°C . El tratamiento de estos resultados debe ser con cuidado, pues para aplicar el termómetro

directamente, como se está haciendo aquí, la roca debe contener cuarzo y circón en equilibrio con el rutilo, para que la actividad de SiO₂ y ZrO₂ pueda ser considerada igual a 1, sin embargo, como ya se describió anteriormente, esta muestra carece de cuarzo en la matriz, que

Diagrama de caja de las T de los Rt de Chalc-16

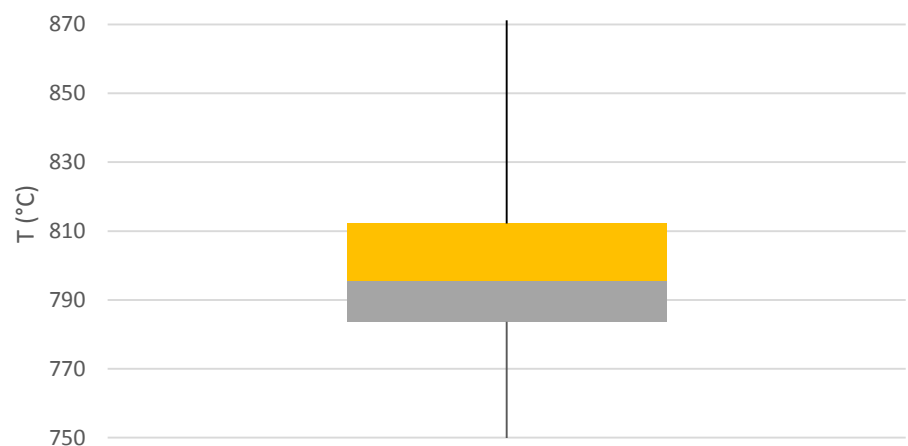


Fig. 5.2 Diagrama de caja de las temperaturas calculadas con ZIR (Ferry & Watson, 2007), el tercer intercuartil (límite superior de la caja amarilla) arroja una $T = 812 \pm 25^{\circ}\text{C}$, la temperatura mayor es de $871 \pm 25^{\circ}\text{C}$.

es donde se encuentran la mayoría de granos de rutilo, y sólo se puede hallar como inclusión en algunos granos de granate. Para evitar la sobre o subestimación de las temperaturas, Taylor-Jones & Powell (2015) sugieren usar el enfoque de Tomkins *et al.*, (2007), en el que se usa un diagrama de caja, donde el intercuartil del límite superior sería la mejor estimación de la temperatura de formación del rutilo. En este caso, usando la calibración de Ferry & Watson (2007), que no depende de la presión, el geotermómetro arroja una temperatura de 812 ± 25 °C (Fig. 5.2). Esta temperatura podría ser mínima, pues se ha observado que la retrogresión en los granos de rutilo es frecuente (Taylor-Jones & Powell, 2015), además de que el rutilo de mayor temperatura (871°C), se encuentra como inclusión en granate, donde también hay circón y cuarzo. Por otro lado los cocientes de partición de granate/circón son muy parecidos a los encontrados experimentalmente Rubatto & Hermann (2007) para $T = 1000^{\circ}\text{C}$ (Fig. 5.1), los cuales parecen no depender de la composición y sólo de la temperatura de equilibrio de los minerales.

En el caso de la presión, Ortega-Gutiérrez *et al.*, (2012) estimaron valores de hasta 11 kbar, con el geobarómetro GRIL, pero la asociación carece de cuarzo, por lo que no se puede asegurar que los valores son los correctos. En este trabajo no se logró calcular ningún valor de presión para corroborar o refutar los resultados previamente obtenidos.

5.2.2 Picacho de Pepechuca

En los xenolitos del Picacho sólo se identificaron dos eventos metamórficos, el primero (M_1) está definido por la asociación cuarzo + plagioclasa + feldespato alcalino \pm biotita, que forma las bandas ricas en cuarzo con textura granoblástica poligonal bien definida.

El segundo evento metamórfico está representado por la paragénesis feldespato alcalino + albita biotita \pm cordierita \pm espinela \pm coridón \pm apatito + fundido. Este evento metamórfico está concentrado en las bandas de grano fino ricas en aluminio que muestran una foliación muy bien marcada. Elías-Herrera & Ortega-Gutiérrez (1997) habían sugerido que las bandas aluminosas eran un producto restítico, pero dijeron que las relaciones texturales diagnósticas de una cristalización de un fundido no estaban presentes. Sin embargo, la presencia de plagioclasas y cuarzoesuedrales, los cuales están texturalmente asociados a las bandas de grano fino, evidencian la fusión parcial de las rocas metapelíticas del Picacho de Pepechuca durante M_2 . Además en la muestra P99B se pudieron identificar inclusiones sólidas con texturas ígneas dentro de apatitos (Fig. 4.7), lo cual indica que la cristalización del apatito

fue contemporánea a la formación de un fundido, que es un fenómeno muy común durante la fusión parcial de rocas de alto grado (Cesare *et al.*, 2015). Los patrones de elementos traza sugieren que el fundido no fue extraído de la roca, al menos no una cantidad considerable, pues son casi idénticos a los de la corteza superior promedio (Fig. 4.1). De hecho el fundido se encuentra concentrado en los porfiroblastos que están asociados a las bandas ricas en aluminio. Esta concentración mayoritaria del fundido en los porfiroblastos pudo haber sido lo que enriqueció en aluminio al resto de las bandas.

Las condiciones de temperatura sólo se lograron obtener cualitativamente, con datos de biotitas obtenido por EDS; la biotita con mayor contenido en Ti de la muestra P99 arroja temperaturas de 768 ± 50 °C, que es virtualmente el mismo valor que el que infirieron Elías-Herrera & Ortega-Gutiérrez (1997).

5.3 Naturaleza de los protolitos

Para comprender la naturaleza de los protolitos en una roca metasedimentaria es esencial que se distingan los circones metamórficos de los detríticos, la edad máxima de sedimentación será una edad que se encuentre entre el circón metamórfico más viejo y el circón detrítico más joven.

5.3.1 Chalcatzingo

Ortega-Gutiérrez *et al.* (2012) concluyeron que los xenolitos de Chalcatzingo son una extensión del microcontinente Oaxaquia, que forma la columna vertebral del sur y este de México (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1995; Keppie & Ortega-Gutiérrez, 2010), sin embargo no realizaron ningún fechamiento U-Pb para corroborar su hipótesis.

Las características isotópicas de los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo sugieren que la hipótesis de que son una extensión del microcontinente Oaxaquia es cierta, pues los xenolitos tienen una composición isotópica muy parecida a las rocas de Oaxaquia (Fig. 4.9 y 4.10), a excepción de la relación $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, que es más alta en los xenolitos (Fig. 4.10b) (la comparación en Hf fue imposible por la falta de datos de Oaxaquia). Además la composición química de los granates de los xenolitos se traslapa con datos obtenidos para el Complejo Oaxaqueño (Fig. 4.20), no obstante esto último no supone ningún problema pues dichas composiciones son comunes en las rocas de grado alto. Sin embargo, existe una gran diferencia una gran diferencia en las edades de ambas localidades: mientras que Oaxaquia tiene una edad Mesoproterozoica-Neoproterozoica (≈ 1000 Ma; Solari *et al.*, 2003; Weber *et*

al., 2010), los xenolitos de Chalcatzingo tienen una población muy pequeña alrededor de los 1000 Ma, y la mayoría de sus circones detríticos se concentra por debajo de los 400 Ma (Fig. 4.14 y 4.15), además de que su metamorfismo es Eocénico-Oligocénico temprano (47.1-32.9 Ma), lo que evidencia que los xenolitos de Chalcatzingo no pertenecen a Oaxaquia. Además, la química de elementos traza de los rutilos de ambas localidades muestra dos campos distintos (Fig 4.19).

No obstante, las edades pre-metamórficas obtenidas para las rocas de Chalcatzingo podrían estar comprometidas, pues una gran parte de las edades U-Pb de los circones es discordante (Fig. 4.11), lo que podría indicar pérdida de Pb; esta aparente pervasividad de pérdida de Pb podría también haber afectado a los granos concordantes, pues se ha reportado que un circón que ha perdido Pb puede caer en la concordia y arrojar edades aparentemente confiables (Hoskin & Black, 2000; Gehrels, 2012), por lo que convencionalmente se opta por seguir el camino “conservador”, donde se requieren al menos tres circones de la misma edad para afianzar una población (Gehrels, 2012; Dickinson & Gehrels, 2009), aún cuando se ha demostrado que un solo circón puede fechar muy bien las edades máximas de sedimentación en rocas sedimentarias (Dickinson & Gehrels, 2009). Debido a la preponderante discordancia en las edades de Chalcatzingo y a que estas rocas fueron afectadas por un evento metamórfico de grado alto (>812°C), se explora la posibilidad de que todos los granos de esta localidad hayan sufrido pérdida de Pb.

La identificación de la pérdida de Pb es una tarea que puede ser complicada. Aunque generalmente se le atribuye a edades discordantes, es bien sabido que estas se pueden deber a una mezcla de dominios en el circón (Gehrels, 2012; 2014). Además, como ya se mencionó, la pérdida de Pb también puede generar edades concordantes, por lo que se ha optado por usar los isótopos de Hf para identificar el fenómeno (*e.g.* Weber, *et. al.*, 2010). En un grupo de circones que se formaron en un mismo magma se espera que las relaciones isotópicas de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ sean muy homogéneas (Griffin *et al.*, 2002; Belousova *et al.*, 2006) y que estas no cambien en varios de los procesos metamórficos que afectan a los circones (Hoskin & Black, 2000; Belousova *et al.*, 2006), mientras que la edad de U-Pb sí se ve afectada, es decir, el sistema isotópico U-Pb será abierto a todos las alteraciones metamórficas, mientras que el sistema Hf permanecerá cerrado a varios de estos procesos (Hoskin & Black, 2000). Gracias al comportamiento diferencial de ambos sistemas isotópicos, esperaríamos poder identificar

la pérdida de Pb en un grupo de circones si vemos variaciones de edad U-Pb a cocientes $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ equivalentes. Este método ha sido una herramienta poderosa para identificar la disrupción de las edades U-Pb, no obstante, como la mayoría de los métodos que tratan de identificar la pérdida de Pb, es solamente aplicable en rocas ígneas (*e.g.* Wu & Zheng, 2004; Chen *et al.*, 2010), o rocas sedimentarias con una población de circones homogénea provenientes de una sola fuente (*e.g.* Zhao, *et al.*, 2015). La población de circones de Chalcatzingo no parece homogénea, pero aplicando esta lógica se puede ver que hay un ligero cambio de edades U-Pb a relaciones $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ parecidas (Fig. 4.16), lo cual podría indicar pérdida de Pb. Si efectivamente los circones de los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo sufrieron pérdida de Pb y estas rocas son parte del microcontinente Oaxaquia como lo sugieren sus isótopos, las edades modelo de Hf en los estapas (T_{DM}^{C}) de los circones de Chalcatzingo deberían ser más viejas que las edades modelo de los circones de Oaxaquia (Weber *et al.*, 2010), pues una pérdida de Pb causaría que estas edades se hicieran cada vez más viejas a edades U-Pb más jóvenes (Vervoot & Kemp, 2016). Sin embargo, como se observa en la Fig. 5.4, las edades modelo T_{DM}^{C} de Chalcatzingo son ligeramente más jóvenes que las de Oaxaquia, las cuales muestran valores por encima de 1650 Ma, mientras que en Chalcatzingo hay una población importante debajo de esta edad. Por otro lado, si comparamos sus edades modelo T_{DM} (que no se calculan con la edad U-Pb), la diferencia es aún más obvia, pues los granos de Oaxaquia (Weber *et al.*, 2010) grafican en su mayoría a edades modelo >1400 Ma, mientras que los de Chalcatzingo se concentran principalmente debajo de este valor (Fig. 4.17). Por lo tanto, aun si todos cristales de esta localidad están afectados por pérdida de Pb, y si la isotopía de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ se mantuvo constante, los datos aquí presentados muestran que los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo no pertenecen al microcontinente Oaxaquia.

Ortega-Gutiérrez *et al.* (2012), propusieron otras dos posibilidades, que finalmente descartaron, para el protolito de los xenolitos: que sean sedimentos subducidos y relaminados o una sucesión pre-albiano-cenomaniano. Debido a que la pérdida de Pb no puede ser refutada ni comprobada por la naturaleza de los circones de los xenolitos ambas opciones pueden ser viables como se explica a continuación.

La primera opción podría ser posible debido al hecho de que los xenolitos presentan edades detríticas menores, con al menos tres granos concordantes (64 ± 1.7 , 76.4 ± 3.4 , 89.3 ± 6.6 ,

91.3 ± 2.5 Ma), a la plataforma Morelos-Guerrero (Albiano-Cenomaniano; Fries, 1960), que es donde se encuentran emplazados los domos de Chalcatzingo. La única forma en la que en el sur de México haya rocas meta-sedimentarias más jóvenes que la plataforma Morelos-Guerrero debajo de ella misma, es que estas hayan sido subducidas y relaminadas en la base de la corteza. Este modelo explicaría, además de las edades, las múltiples deformaciones que presentan los xenolitos, pues estas se pudieron desarrollar durante el ascenso en forma de diapiros y por extracción de fundido. Los procesos de erosión por subducción y subducción de sedimentos (Von Huene & Scholl, 1991; Clift & Vannucchi, 2004; Stern, 2011) son muy activos en los límites convergentes activos de todo el mundo, y se espera que este proceso haya actuado en el pasado (Scholl & Von Huene, 2007), además el ascenso de los materiales menos densos a través del manto se ha hipotetizado desde hace algunos años (Gerya *et al.*, 2004) y se cree que podría ser uno de los procesos que ayudan al crecimiento de la corteza (Hacker *et al.*, 2011; 2015). Además se ha comprobado que el margen continental mexicano ha sufrido erosión por subducción, lo que sugeriría que también hay procesos de relaminación actuando debajo de la corteza mexicana. Este modelo también se apoya en las presiones estimadas previamente para los xenolitos (<11 kbar), que reflejarían profundidades cercanas a la base de la corteza, sin embargo, como ya se discutió brevemente no son datos totalmente certeros.

Si efectivamente ocurrió la pérdida de Pb, la hipótesis de que los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo sean rocas sedimentarias pre-albianas-cenomanianas metamorfizadas sería más viable. El posible protolito de estas rocas podría ser el mismo que el de los xenolitos metapelíticos del Picacho de Pepechuca (las sucesiones sedimentarias depositadas en el paleomargen mexicano antes de la acreción del Terreno Guerrero) lo que se ve sustentado en las similitudes que comparten las localidades: (i) Ambas tienen xenolitos metapelíticos de alta temperatura; (ii) trajeron a superficie xenolitos plutónicos que están asociados directamente con las rocas félsicas de las calderas Eocénicas de la SMS (Mori, *et. al.*, 2012); (iii) la isotopía de Hf de sus circones es parecida, de hecho las poblaciones de edades modelo T_{DM} (Fig.4.17) que se calcularon para ambas localidades son muy similares (sobre todo Pep-2a y Chalcatzingo). Todo ello podría sugerir que los xenolitos (meta)-ígneos y metasedimentarios provienen del mismo nivel cortical, donde las metapelitas serían el encajonante de los plutones, que después fueron llevados a superficie por sus respectivos

magmas hospederos. Además, al sur de la localidad, las rocas metasedimentarias del Complejo Ayú han sido relacionadas también con el Abanico Potosí y las rocas relacionadas al sistema de drenaje que lo generó (Helbig *et al.*, 2012), lo que sugiere que estas sucesiones pueden encontrarse más al sur y oriente de lo que comúnmente se ha reportado.

5.3.2 Picacho de Pepechuca

En el caso de Pepechuca es claro que los xenolitos metapelíticos fechados tienen poblaciones distintas. Como ya se abordó antes, las evidencias observadas y reportadas en este trabajo sugieren que todos los circones fechados en estas rocas son detríticos y, por tanto, pueden ser usados para identificar el protolito.

La muestra Pep-7 presenta varias de las poblaciones de circones típicas de las secuencias sedimentarias de la margen continental occidental del triásico en México, con la población más abundante en un rango de 243-295 Ma (Fig. 4.14 y 4.15), además de que hay poblaciones más pequeñas que están en los grupos del Neoproterozoico tardío-Ordovícico (700-450 Ma) y Mesoproterozoico medio-Neoproterozoico temprano (1250-900 Ma) identificados por Ortega-Flores *et al.* (2015) para las sucesiones triásicas. Los datos de $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$ para la población más joven tienen valores que van de + 2.04 a -5.59, traslapándose con los granos de las formaciones Placeres, Complejo Chillar y Fm. Charcas (Fig.5.3, Ortega-Flores, 2017), aunque son menos variables que todos estos últimos. Estas similitudes permiten correlacionar a Pep-7 con las secuencias permo-triásicas, del paleo-margen oeste de México.

El xenolito Pep-2a tiene una población dominante en el Jurásico inferior (Fig. 4.14 y 4.15). Durante el Jurásico temprano se ha identificado que hubo un episodio magmático relacionado con la apertura del Golfo de México y la subducción de la placa de Farallón, denominado recientemente como la provincia ígnea de Nazas (Martini & Ortega-Guetiérrez, 2017), la cual fue reciclada en sucesiones sedimentarias del margen oriental de la Cuenca de Arperos (Martini *et al.*, 2014; Ortega-Flores, 2017). La metapelita Pep-2a entonces representaría estas sucesiones ahora metamorfizadas, aunque por su contenido en circones parecerían sucesiones que tuvieron un aporte muy local. En resumen todas las rocas metapelíticas del Picacho de Pepechuca representan las sucesiones del margen continental Mexicano depositadas previamente a la acreción del Terreno Guerrero.

5.4 Relación de los xenolitos con sus magmas hospederos y rocas cercanas

5.4.1 Chalcatzingo

Para el caso del ortogneis máfico, los circones más jóvenes arrojan una edades de 37-33-4 Ma, a pesar de que su relación $\text{Th/U} < 0.1$, los granos son euedrales y muestran zonación oscilatoria muy marcada, característica típica de los circones magmático, por esta razón se considera que esta edad es la de cristalización de la roca. Como ya habían puntualizado trabajos anteriores (Mori *et al.*, 2012; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012), el ortogneis tiene una isotopía de Sr y Nd y una edad muy parecidas a las rocas de las calderas eocénicas del sur de México, sobre todo a las de la Muñeca y Tilzapotla, esta última ubicada a ~50 km al WSW de la localidad de Chalcatzingo (Morán-Zenteno, *et al.*, 2004).

Los rasgos compartidos sugieren que los xenolitos ortogneíscos máficos de Chalcatzingo, pertenecen al mismo sistema magmático que la Caldera de Tilzapotla o las rocas asociadas a ella, siendo los xenolitos la parte plutónica del sistema. De hecho Martiny *et al.*, (2013), relacionaron de esta misma manera a la caldera Tilzapotla y sus plutones periféricos, gracias a los datos presentados aquí es posible decir que este sistema plutónico se extendió hasta la zona de Chalcatzingo. Los circones heredados que presenta CH-1 son parecidos a los encontrados en los plutones de Coxcatlán (Martiny *et al.*, 2013), lo que refuerza la idea de que pertenecen al mismo sistema intrusivo. Aunque por otro lado, los xenolitos metapelíticos nos parecen tener ninguna relación genética con las rocas ígneas de Tilzapotla, como lo muestran sus relaciones isotópicas y químicas (Fig. 4.9)

5.4.2 Picacho de Pepechuca

El granito analizado en este trabajo tiene una edad de cristalización de 56.1-47.4 Ma, obtenida gracias a los circones más abundantes y euedrales de la muestra. Esta roca presenta casi las mismas relaciones de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ que las rocas del CVLG, pero con un menor enriquecimiento en Sr. Mori *et al.*, (2012) habían sugerido que las rocas de La Goleta eran producto de la fusión parcial de una roca granítica perteneciente a los plutones de la SMS, el parecido isotópico que tienen las rocas extrusivas y el granito, así como el hecho de que este último haya sido traído a la superficie como xenolito indican que este es la roca fuente de la cual se derivaron las sucesiones volcánicas de La Goleta. La fusión del granito se ve apoyada en la presencia de biotita con textura esqueletal.

La posibilidad que los xenolitos metapelíticos se hayan fundido para generar estas litologías queda descartada pues la isotopía de las rocas ígneas y las metapelitas no concuerda. No obstante el enriquecimiento de Rb/Nd de las rocas ígneas de Tilzapotla genera una tendencia que ligeramente se acerca a los datos de los xenolitos metapelíticos obtenidos en este trabajo (Fig. 5.4), por lo que estos metasedimentos sí podrían ser la fuente que contaminó los magmas de la Caldera Tilzapotla, como ya habían sugerido Mori *et. al.*, (2012).

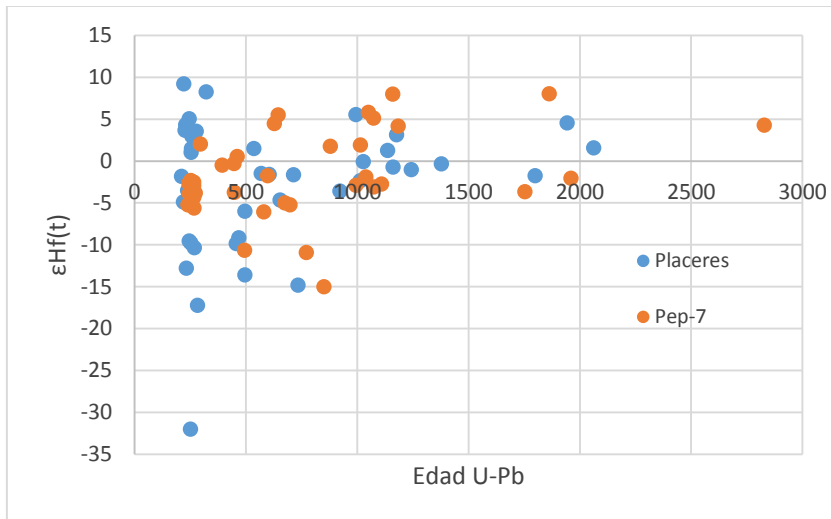


Fig. 5.3 Comparación entre edades U-Pb vs $\epsilon_{Hf}(t)$ de la muestra Pep-7 y las sucesiones triásicas del paleomargen occidental de México (Ortega-Flores, 2017)

5.5 Modelo genético

Ya desde el trabajo de Mori *et al.*, (2012) varios estudios han reportado que la parte sur de la corteza continental de México sufrió un calentamiento continuo del Eoceno tardío-Oligoceno temprano (Martiny *et al.*, 2013; Ferrari *et al.*, 2014; Morán-Zenteno *et al.*, 2017), lo que provocó la formación de las grandes calderas y otras estructuras volcánicas del sur de México, pertenecientes a la SMS. En este trabajo se reporta el efecto de este calentamiento en rocas metamórficas y permite confirmar que la maduración termo-mecánica de la corteza comenzó al menos desde el Eoceno medio. Los xenolitos de Chalcatzingo y del Picacho de Pepechuca, muestran que las gran introducción de calor a la corteza debida a la constante inyección de magmas derivados del manto provocaron un metamorfismo pervasivo en la corteza mexicana, al menos desde el Picacho hasta Chalcatzingo, sin embargo este metamorfismo pudo haberse extendido hasta la localidad de Valle de Santiago, donde se han reportado xenolitos granulíticos en los que se interpretó que el metamorfismo ocurrió recientemente (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2014), no obstante, los datos que presentan los autores muestran una población de circones importantes alrededor de 45 Ma, que ellos interpretaron

como pérdida de Pb, pero que bien podrían ser los circones metamórficos que fecharían el evento granulítico sucediendo al mismo tiempo que en el resto de la corteza al sur de la FVTM.

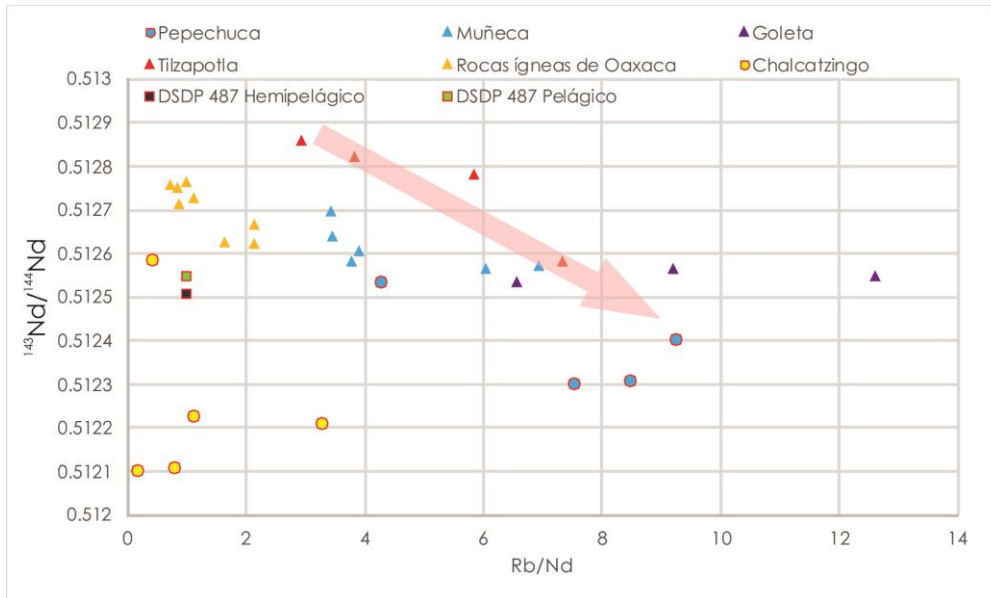


Fig. 5.4 Diagrama Rb/Nd vs $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de las rocas de las calderas oligocénicas de la SMS. Las rocas de Tilzapotla marcan una ligera tendencia hacia los valores de Pepechuca. Modificado de Mori *et al.*, (2012). Datos de DSDP de LaGatta, (2003)

Debido a la falta de certidumbre en la naturaleza del protolito de la localidad de Chalcatzingo se presentan dos variantes de un mismo modelo, aunque por los datos recabamos en este trabajo el primero es más parsimonioso.

En la primera variante el calentamiento del que ya se habló habría comenzado a metamorfizar las rocas de la corteza superior en el Eoceno medio (reflejado en el M_1 y M_2 de ambas localidades) causando fusión parcial en ellas. El calentamiento continuó provocando una mayor fusión parcial en la localidad de Chalcatzingo (M_3) y posteriormente la fusión de grandes zonas de la corteza para generar los centros volcánicos del Eoceno tardío de la SMS. Como ya se dijo es posible que las metapelítas del Picacho de Pepechuca hayan contribuido a la generación de las rocas de Tilzapotla, sin embargo, a pesar de que en Chalcatzingo la fusión fue mayor y sí hubo una extracción de fundido, estas rocas no contribuyeron a los magmas identificados hasta ahora. En Pepechuca los xenolitos son llevados superficie durante la explosión de la caldera La Goleta, mientras que en Chalcatzingo son traídos por los cuerpos trondhjemíticos ~10 Ma después.

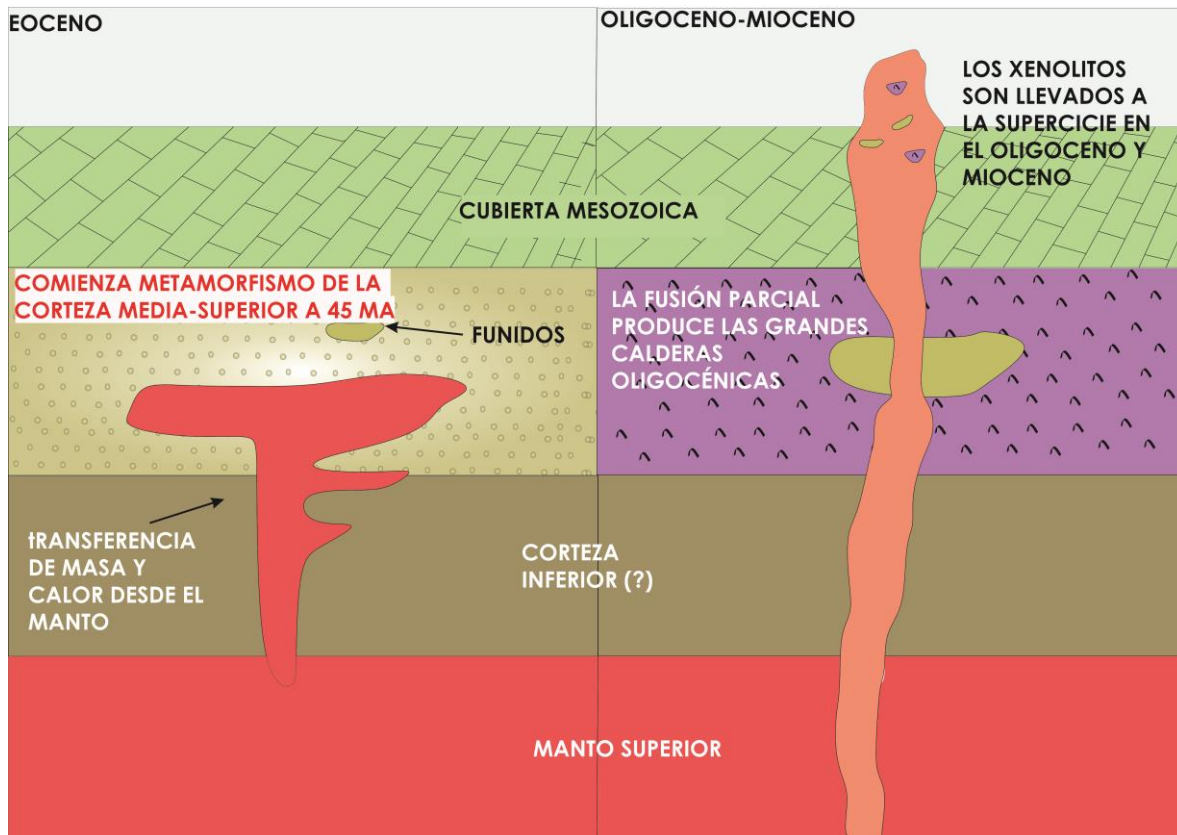


Fig. 5.5 Modelo 1, donde los xenolitos de Chalcatzingo y Pepechuca provienen del mismo nivel cortical.

En la segunda variante los sedimentos son subducidos en la zona de convergencia entre Farallón y Norteamérica, estos son relaminados antes o contemporáneamente a la introducción de magmas mantélicos a la a la corteza mexicana. El calentamiento comienza en el Eoceno medio en la base de la corteza y causa el metamorfismo más penetrante de las rocas de Chalcatzingo (M_1 y M_2). La maduración termo-mecánica continúa hasta alcanzar la corteza superior donde provoca el metamorfismo y fusión parcial de esa zona (Picacho de Pepechuca M_1 y M_2); la fusión de la corteza superior permite que sean traídos a superficie los xenolitos de Pepechuca y genera los plutones asociados a la Caldera Tilzapotla (xenolito ortognésico de Chalcatzingo; CH-1). Durante el Mioceno los magmas del campo volcánico de Chacatzingo atraviesan toda la corteza y muestran la corteza inferior (xenolitos metapelíticos) y la corteza superior (xenolitos ortognésicos).

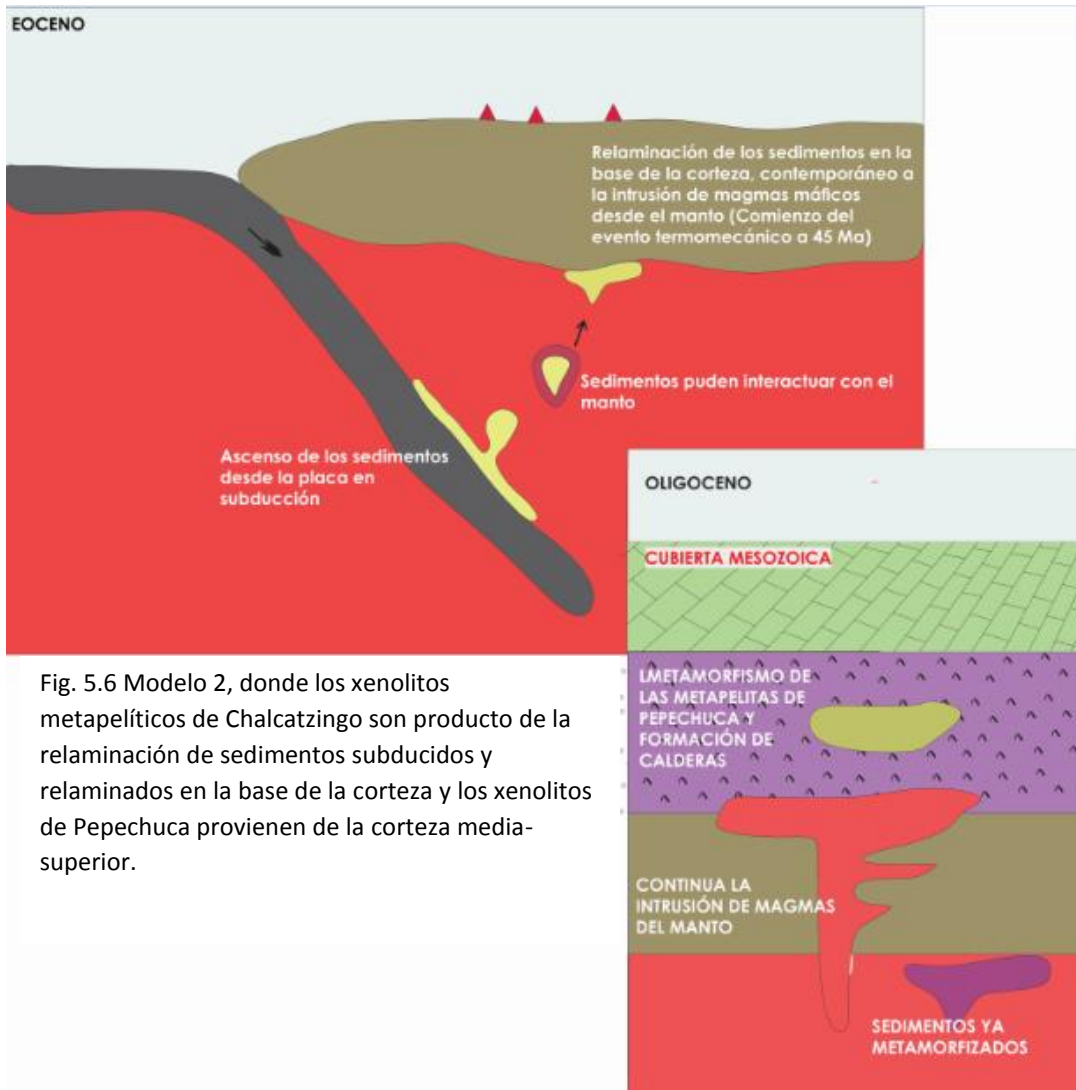


Fig. 5.6 Modelo 2, donde los xenolitos metapelíticos de Chalcatzingo son producto de la relaminación de sedimentos subducidos y relaminados en la base de la corteza y los xenolitos de Pepechuca provienen de la corteza media-superior.

6. Conclusiones

El trabajo arrojó evidencia sobre el efecto metamórfico que tuvo el gran evento de maduración termo-mecánica que sufrió la corteza mexicana durante el Eoceno-Oligoceno (Mori *et al.*, 2012), además de que se logró identificar el comienzo de la maduración de la corteza en el Eoceno medio ($47.1 \pm 1.6 - 32.9 \pm 2.2$ Ma) gracias al fechamiento del metamorfismo (M_2) de las metapelitas de Chalcatzingo.

Se identificaron tres eventos metamórficos en la localidad de Chalcatzingo y dos en la del Picacho de Pepechuca. Las condiciones de temperatura a las que fueron sometidas las rocas durante el evento M_2 , el cual se interpreta como contemporáneo o casi contemporáneo en ambas localidades, fueron calculadas, siendo mayor en la localidad de Chalcatzingo (812-871 °C) que en la del Picacho de Pepechuca (768 °C), sugiriendo así un calentamiento diferencial en la corteza sur mexicana. Además se logró documentar que las rocas metapelíticas sufrieron fusión parcial durante el metamorfismo, proceso común en las condiciones de facies de granulita.

El estudio integral de los xenolitos en ambas localidades permitió mostrar que las rocas del Picacho de Pepechuca representan porciones de las secuencias sedimentarias de la paleomargen continental de Oaxaquia previas a la acreción del Terreno Guerrero, mientras en Chalcatzingo se sugirió que podrían tener el mismo origen que las anteriores, o bien representar porciones de sedimentos subducidos y relaminados en la base de la corteza. La conjunción de datos permitió mostrar que el uso de un solo conjunto de ellos puede llevar a malinterpretaciones de las rocas y permiten descartar la hipótesis de que los xenolitos representan porciones del microcontinente Oaxaquia como se había sugerido anteriormente (Elías-Herrera & Ortega-Gutiérrez, 1997; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2012). Los datos obtenidos aquí podrían ser de gran utilidad para futuros trabajos que busquen relacionar el basamento de la zona con otros procesos geológicos (*e.g.*, posible contaminación de magmas) Además se logró establecer una relación genética entre los xenolitos ígneos y metaígneos de ambas localidades, con las calderas del Eoceno tardío de la SMS.

A pesar de que no se presentó un solo modelo genético para la localidad de Chalcatzingo, cualquier de los dos tendría grandes implicaciones para el entendimiento de fenómenos

geológicos: El primero arrojaría evidencias sobre la deformación de la corteza superior mexicana durante el evento Eocénico-Oligocénico, la cual debería haber sido muy penetrante y tal vez pudo haber sido facilitada por la presencia y extracción de un fundido durante el metamorfismo de los xenolitos; la segunda variante del modelo sería una prueba geológica de que la relaminación en la corteza inferior de sedimentos y materiales de baja densidad está ocurriendo en los márgenes continentales activos, y que podría ser un factor importante para el crecimiento de los continentes como ya se ha hipotetizado (Hacker *et al.*, 2011; 2015), además de que sería una prueba de que la corteza continental podría ser de carácter más félsico de lo que se ha inferido. Ambas localidades ejemplifican que el estudio de xenolitos ofrece una gran cantidad de información útil para entender la evolución de nuestro planeta.

REFERENCIAS

- ⊙ Álvarez-Valero, A. M., & Kriegsman, L. M. (2007). Crustal thinning and mafic underplating beneath the Neogene Volcanic Province (Betic Cordillera, SE Spain): evidence from crustal xenoliths. *Terra Nova*, 19(4), 266-271.
- ⊙ Álvarez-Valero, A. M., Cesare, B., & Kriegsman, L. M. (2005). Formation of elliptical garnet in a metapelitic enclave by melt-assisted dissolution and reprecipitation. *Journal of Metamorphic Geology*, 23(2), 65-74.
- ⊙ Álvarez-Valero, A. M., Cesare, B., & Kriegsman, L. M. (2007). Formation of spinel-cordierite-feldspar-glass coronas after garnet in metapelitic xenoliths: reaction modelling and geodynamic implications. *Journal of Metamorphic Geology*, 25(3), 305-320.
- ⊙ Bebout, G. E. (2013). Chemical and isotopic cycling in subduction zones. In *Treatise on Geochemistry: Second Edition*. Elsevier Inc..
- ⊙ Behn, M. D., Kelemen, P. B., Hirth, G., Hacker, B. R., & Massonne, H. J. (2011). Diapirs as the source of the sediment signature in arc lavas. *Nature Geoscience*, 4(9), 641-646.
- ⊙ Bellon, H., Maury, R.C., Stephan, J.F., 1982. Dioritic basement, site-493 - petrology, geochemistry, and geodynamics. Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj. 66 (Feb):723-730
- ⊙ Belousova, E. A., Griffin, W. L., & O'Reilly, S. Y. (2006). Zircon Crystal Morphology, Trace Element Signatures and Hf Isotope Composition as a Tool for Petrogenetic Modelling: Examples From Eastern Australian Granitoids. *Journal of Petrology*, 47(2), 329-353.
- ⊙ Campa, M. F., & Coney, P. J. (1983). Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20(6), 1040-1051.
- ⊙ Centeno-García, E., Ruíz, J., Coney, P. J., Patchett, P. J., & Ortega-Gutiérrez, F. (1993). Guerrero terrane of Mexico: Its role in the Southern, Cordillera from new geochemical data. *Geology*, 21(5), 419
- ⊙ Cesare, B. (2000). Incongruent melting of biotite to spinel in a quartz-free restite at El Joyazo (SE Spain): Textures and reaction characterization. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139(3), 273-284.
- ⊙ Cesare, B., Acosta-Vigil, A., Bartoli, O., & Ferrero, S. (2015). What can we learn from melt inclusions in migmatites and granulites? *Lithos*, 239, 186-216.
- ⊙ Cesare, B., Mariani, E. S., & Venturelli, G. (1997). Crustal anatexis and melt extraction during deformation in the restitic xenoliths at El Joyazo (SE Spain). *Mineralogical Magazine*, 61(1), 15-27.
- ⊙ Chen, R. X., Zheng, Y. F., & Xie, L. (2010). Metamorphic growth and recrystallization of zircon: distinction by simultaneous in-situ analyses of trace elements, U-Th-Pb and Lu-Hf isotopes in zircons from eclogite-facies rocks in the Sulu orogen. *Lithos*, 114(1), 132-154.
- ⊙ Chen, R.-X., Zheng, Y.-F., & Xie, L. (2010). Metamorphic growth and recrystallization of zircon: Distinction by simultaneous in-situ analyses of trace elements, U-Th-Pb and Lu-Hf isotopes in zircons from eclogite-facies rocks in the Sulu orogen. *Lithos*, 114(1-2), 132-154
- ⊙ Chen, R.-X., Zheng, Y.-F., & Xie, L. (2010). Metamorphic growth and recrystallization of zircon: Distinction by simultaneous in-situ analyses of trace elements, U-Th-Pb and Lu-Hf isotopes in zircons from eclogite-facies rocks in the Sulu orogen. *Lithos*, 114(1-2), 132-154.
- ⊙ Clift, P. D., Schouten, H., & Vannucchi, P. (2009). Arc-continent collisions, sediment recycling and the maintenance of the continental crust. *Geological Society, London, Special Publications*, 318(1), 75-103.
- ⊙ Clift, P., & Vannucchi, P. (2004). Controls on tectonic accretion versus erosion in subduction zones: Implications for the origin and recycling of the continental crust. *Reviews of Geophysics*, 42(2).
- ⊙ Connolly, J. A. (2005). Computation of phase equilibria by linear programming: a tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. *Earth and Planetary Science Letters*, 236(1), 524-541.
- ⊙ Corfu, F., Hanchar, J. M., Hoskin, P. W., & Kinny, P. (2003). Atlas of zircon textures. *Reviews in mineralogy and geochemistry*, 53(1), 469-500.

- ⊙ Corona-Chavez, P., Poli, S., & Bigioggero, B. (2006). Syn-deformational migmatites and magmatic-arc metamorphism in the Xolapa Complex, southern Mexico. *Journal of Metamorphic Geology*, 24(3), 169-191.
- ⊙ De Cserna, Z., 1965, Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, estado de Guerrero: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 62, 77 p.
- ⊙ Degeling, H., Eggins, S., & Ellis, D. J. (2001). Zr budgets for metamorphic reactions, and the formation of zircon from garnet breakdown. *Mineralogical Magazine*, 65(6), 749-758.
- ⊙ Demant, A., 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación: *Revista Instituto de Geología*, v. 2, p. 172-187
- ⊙ DeMets, C., & Traylen, S. (2000). Motion of the Rivera plate since 10 Ma relative to the Pacific and North American plates and the mantle. *Tectonophysics*, 318(1), 119-159.
- ⊙ Díaz-Bravo, B. A., & Morán-Zenteno, D. J. (2011). The exhumed Eocene Sultepec-Goleta Volcanic Center of southern Mexico: Record of partial collapse and ignimbritic volcanism fed by wide pyroclastic dike complexes. *Bulletin of volcanology*, 73(7), 917.
- ⊙ Dickinson, W. R., & Gehrels, G. E. (2009). Use of U-Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: a test against a Colorado Plateau Mesozoic database. *Earth and Planetary Science Letters*, 288(1), 115-125.
- ⊙ Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F. (1997) Petrology of high-grade metapelitic xenoliths in an Oligocene rhyolite plug-Precambrian crust beneath the Southern Guerrero Terrane, Mexico?: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 14, No. 1, 101-109.
- ⊙ Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F., Macías-Romo, C. (2009) Geocronología U-Pb del Esquisto Tejupilco: implicaciones tectónicas prealbianas para el terreno Guerrero, sur de México: *GeoGuerrero, Simposio: El origen, naturaleza y evolución geológica del Terreno Guerrero y sus conexiones regionales*, México, 16-20 feb.
- ⊙ Elías-Herrera, M., Sánchez-Zavala, J. L., & Macias-Romo, C. (2000). Geologic and geochronologic data from the Guerrero terrane in the Tejupilco area, southern Mexico: new constraints on its tectonic interpretation. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(4-5), 355-375
- ⊙ Estrada-Carmona, J., Solari, L. A., & Ortega-Obregón, C. (2016). Petrochronology of the migmatization event of the Xolapa Complex, Mexico, microchemistry and equilibrium growth of zircon and garnet. *International Geology Review*, 58(11), 1382-1397.
- ⊙ Ferrari, L., Bergomi, M., Martini, M., Tunesi, A., Orozco-Esquivel, T., & López-Martínez, M. (2014). Late Cretaceous-Oligocene magmatic record in southern Mexico: The case for a temporal slab window along the evolving Caribbean-North America-Farallon triple boundary. *Tectonics*, 33(9), 1738-1765.
- ⊙ Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., & Manea, M. (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics*, 522, 122-149.
- ⊙ Ferry, J. M., & Watson, E. B. (2007). New thermodynamic models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 154(4), 429-437.
- ⊙ Fisher, C. M., Hanchar, J. M., Samson, S. D., Dhuime, B., Blichert-Toft, J., Vervoort, J. D., & Lam, R. (2011). Synthetic zircon doped with hafnium and rare earth elements: a reference material for in situ hafnium isotope analysis. *Chemical Geology*, 286(1), 32-47.
- ⊙ Fries, C., Jr., 1960, Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México: *Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, v. 60, 236 p., 5 láms.
- ⊙ Fyfe, W. S. (1973) The granulite facies, partial melting and the Archean crust: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 273, No. 1235, pp. 457-461.
- ⊙ Galaz E, G., Keppie, J. D., Lee, J. K. W., & Ortega-Rivera, A. (2013). A high-pressure folded klippe at Tehuitzingo on the western margin of an extrusion zone, Acatlán Complex, southern México. *Gondwana Research*, 23(2), 641-660.

- ⊙ Gehrels, G. (2012). Detrital zircon U-Pb geochronology: Current methods and new opportunities. *Tectonics of sedimentary basins: recent advances*, 45-62.
- ⊙ Gehrels, G. (2014). Detrital zircon U-Pb geochronology applied to tectonics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42, 127-149.
- ⊙ Gerya, T. V., Yuen, D. A., & Sevre, E. O. (2004). Dynamical causes for incipient magma chambers above slabs. *Geology*, 32(1), 89-92.
- ⊙ Gómez-Tuena, A., Mori, L., & Straub, S. M. (2016). Geochemical and petrological insights into the tectonic origin of the Transmexican Volcanic Belt. *Earth-Science Reviews*.
- ⊙ Gómez-Tuena, A.; Mori, L.; Ricón-Herrera, N. E.; Ortega-Gutiérrez, F.; Solé, J.; Iriondo, A. (2008) The origin of a primitive trondhjemite from the Trans-Mexican Volcanic Belt and its implications for the construction of a modern continental arc: *Geology*, vol. 36; no. 36; pp. 471-474.
- ⊙ Griffin, W. L., Wang, X., Jackson, S. E., Pearson, N. J., O'Reilly, S. Y., Xu, X., & Zhou, X. (2002). Zircon chemistry and magma mixing, SE China: in-situ analysis of Hf isotopes, Tonglu and Pingtan igneous complexes. *Lithos*, 61(3), 237-269.
- ⊙ Hacker, B. R., Kelemen, P. B., & Behn, M. D. (2011). Differentiation of the continental crust by reamination. *Earth and Planetary Science Letters*, 307(3), 501-516.
- ⊙ Hacker, B. R., Kelemen, P. B., & Behn, M. D. (2015). Continental Lower Crust. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43(1), 167-205.
- ⊙ Harley, S. L., Kelly, N. M., & Möller, A. (2007). Zircon behaviour and the thermal histories of mountain chains. *Elements*, 3(1), 25-30.
- ⊙ Hayob, J. L., Essene, E. J., Ruiz, J., Ortega-Gutiérrez, F., Aranda-Gomez, J.J. (1989) Young high-temperatur granulites from the base of the crust in central Mexico: *Nature* 342, 265-268
- ⊙ Holness, M. B., Cesare, B., & Sawyer, E. W. (2011). Melted rocks under the microscope: microstructures and their interpretation. *Elements*, 7(4), 247-252.
- ⊙ Hoskin, P. W. O., & Black, L. P. (2000). Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon. *Journal of metamorphic Geology*, 18(4), 423-439.
- ⊙ Ji, S., & Martignole, J. (1994). Ductility of garnet as an indicator of extremely high temperature deformation. *Journal of Structural Geology*, 16(7), 985-996.
- ⊙ Johnson, M. C., & Plank, T. (2000). Dehydration and melting experiments constrain the fate of subducted sediments. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 1(12),
- ⊙ Karig, D. E., Cardwell, R. K., Moore, G. F., & Moore, D. G. (1978). Late Cenozoic subduction and continental margin truncation along the northern Middle America Trench. *Geological Society of America Bulletin*, 89(2), 265-276.
- ⊙ Kay, R. W., & Mahlburg-Kay, S. (1991). Creation and destruction of lower continental crust. *Geologische Rundschau*, 80(2), 259-278.
- ⊙ Keppie, D. F., Hynes, A. J., Lee, J. K., & Norman, M. (2012). Oligocene-Miocene back-thrusting in southern Mexico linked to the rapid subduction erosion of a large forearc block. *Tectonics*, 31(2).
- ⊙ Keppie, J. D., & Morán-Zenteno, D. J. (2005). Tectonic implications of alternative Cenozoic reconstructions for southern Mexico and the Chortis Block. *International Geology Review*, 47(5), 473-491.
- ⊙ Keppie, J. D., & Ortega-Gutiérrez, F. (2010). 1.3–0.9 Ga Oaxaquia (Mexico): remnant of an arc/backarc on the northern margin of Amazonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(1), 21-27.
- ⊙ Keppie, J. D., Dostal, J., & Shellnutt, J. G. (2016). Old and juvenile source of Paleozoic and Mesozoic basaltic magmas in the Acatlán and Ayú complexes, Southern Mexico: Nd isotopic constraints. *Tectonophysics*, 681, 376-384.
- ⊙ Kim, Y., Miller, M. S., Pearce, F., & Clayton, R. W. (2012). Seismic imaging of the Cocos plate subduction zone system in central Mexico. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13(7)
- ⊙ LaGatta, 2003, Arc magma genesis in the eastern Mexican volcanic belt: New York, NY, Columbia University, PhD. Thesis , 365 p.

- ⊙ Lawlor, P. J., Ortega-Gutiérrez, F., Cameron, K. L., Ochoa-Camarillo, H., Lopez, R., & Sampson, D. E. (1999). U–Pb geochronology, geochemistry, and provenance of the Grenvillian Huiznopala Gneiss of Eastern Mexico. *Precambrian Research*, 94(1), 73-99.
- ⊙ Ludwig, K. R. (2008). Isoplot/Ex version 3.7. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Centre, Special Publication.
- ⊙ Luhr, J. F., Pier, J. G., Aranda-Gómez, J. J., Podosek, F. A. (1995) Crustal contamination in early Basin-and-Range hawaiites of Los Encinos Volcanic Field, central Mexico; *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 118, 321-339
- ⊙ Manea, V. C., Manea, M., & Ferrari, L. (2013). A geodynamical perspective on the subduction of Cocos and Rivera plates beneath Mexico and Central America. *Tectonophysics*, 609, 56-81.
- ⊙ Martini, M., & Ortega-Gutiérrez, F. (2016). Tectono-stratigraphic evolution of eastern Mexico during the break-up of Pangea: A review. *Earth-Science Reviews*
- ⊙ Martini, M., Ferrari, L., López-Martínez, M., Cerca-Martínez, M., Valencia, V. A., & Serrano-Durán, L. (2009). Cretaceous–Eocene magmatism and Laramide deformation in southwestern Mexico: No role for terrane accretion. *Geological Society of America Memoirs*, 204, 151-182.
- ⊙ Martini, M., Ramírez-Calderón, M., Solari, L., Villanueva-Amadoz, U., Zepeda-Martínez, M., Ortega-Gutiérrez, F., & Elías-Herrera, M. (2016). Provenance analysis of Jurassic sandstones from the Otlaltepec Basin, southern Mexico: Implications for the reconstruction of Pangea breakup. *Geosphere*, GES01366-1.
- ⊙ Martini, M., Segura, S. Ortega-Rivera, A. (2017) Tectono-stratigraphic reassessment of the eastern part of the Guerrero Terrane Base don new ⁴⁰Ar/³⁹Ar data: Single arc vs Multiple-arc model. GSA Cordilleran Section-113th Annual Meeting
- ⊙ Martini, M., Solari, L., & López-Martínez, M. (2014). Correlating the Arperos Basin from Guanajuato, central Mexico, to Santo Tomás, southern Mexico: Implications for the paleogeography and origin of the Guerrero terrane. *Geosphere*, 10(6), 1385-1401.
- ⊙ Martiny, B. M., Morán-Zenteno, D. J., Solari, L., López-Martínez, M., de Silva, S. L., Flores-Huerta, D., ... & Luna-González, L. (2013). Caldera formation and progressive batholith construction: Geochronological, petrographic and stratigraphic constraints from the Coxcatlán-Tilzapotla area, Sierra Madre del Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 30(2), 247-267.
- ⊙ Martiny, B., Martínez-Serrano, R.G., Morán-Zenteno, D.J., Macías-Romo, C. and Ayuso, R.A., 2000. Stratigraphy, geochemistry and tectonic significance of the Oligocene magmatic rocks of western Oaxaca, southern Mexico. *Tectonophysics*, 318(1–4): 71–98.
- ⊙ McBirney, A. R., Taylor, H. P., & Armstrong, R. L. (1987). Paricutin re-examined: a classic example of crustal assimilation in calc-alkaline magma. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95(1), 4-20.
- ⊙ McDonough, W. F., & Sun, S. S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120(3-4), 223-253.
- ⊙ Meinhold, G. (2010). Rutile and its applications in earth sciences. *Earth-Science Reviews*, 102(1-2), 1-28
- ⊙ Meinhold, G., Anders, B., Kostopoulos, D., & Reischmann, T. (2008). Rutile chemistry and thermometry as provenance indicator: an example from Chios Island, Greece. *Sedimentary Geology*, 203(1), 98-111.
- ⊙ Melgar, D., & Pérez-Campos, X. (2010). Imaging the Moho and Subducted Oceanic Crust at the Isthmus of Tehuantepec, Mexico, from Receiver Functions. *Pure and Applied Geophysics*, 168(8-9), 1449-1460.
- ⊙ Mendoza, O. T., & Suastegui, M. G. (2000). Geochemistry and isotopic composition of the Guerrero Terrane (western Mexico): implications for the tectono-magmatic evolution of southwestern North America during the Late Mesozoic. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(4), 297-324.
- ⊙ Möller, A., O'Brien, P. J., Kennedy, A., & Kröner, A. (2003). Linking growth episodes of zircon and metamorphic textures to zircon chemistry: an example from the ultrahigh-temperature granulites of Rogaland (SW Norway). *Geological Society, London, Special Publications*, 220(1), 65-81.

- ⊙ Morán-Zenteno, D. J., Alba-Aldave, L. A., Solé, J., & Iriondo, A. (2004). A major resurgent caldera in southern Mexico: the source of the late Eocene Tilzapotla ignimbrite. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 136(1-2), 97-119
- ⊙ Morán-Zenteno, D. J., Cerca, M., & Keppie, J. D. (2007). The Cenozoic tectonic and magmatic evolution of southwestern Mexico: Advances and problems of interpretation. *Geological Society of America Special Papers*, 422, 71-91.
- ⊙ Morán-Zenteno, D. J., Corona-Chavez, P., & Tolson, G. (1996). Uplift and subduction erosion in southwestern Mexico since the Oligocene: pluton geobarometry constraints. *Earth and Planetary Science Letters*, 141(1-4), 51-65.
- ⊙ Morán-Zenteno, D. J., Martiny, B. M., Solari, L., Mori, L., Luna-González, L., & González-Torres, E. A. (2017). Cenozoic magmatism of the Sierra Madre del Sur and tectonic truncation of the Pacific margin of southern Mexico. *Earth-Science Reviews*. doi: 10.1016/j.earscirev.2017.01.01
- ⊙ Morán-Zenteno, D. J., Tolson, G., Martínez-Serrano, R. G., Martiny, B., Schaaf, P., Silva-Romo, G., ... & Solís-Pichardo, G. N. (1999). Tertiary arc-magmatism of the Sierra Madre del Sur, Mexico, and its transition to the volcanic activity of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 12(6), 513-535.
- ⊙ Mori, L., Morán-Zenteno, D. J., Martiny, B. M., González-Torres, E. A., Chapela-Lara, M., Díaz-Bravo, B. A., & Roberge, J. (2012). Thermomechanical maturation of the continental crust and its effects on the late Eocene–early Oligocene volcanic record of the Sierra Madre del Sur Province, southern Mexico. *International Geology Review*, 54(13), 1475-1496.
- ⊙ Nixon, G. T., Demant, A., Armstrong, R. L., & Harakal, J. E. (1987). K-Ar and geologic data bearing on the age and evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional*, 26(1).
- ⊙ Ortega-Flores, B. (2017) Caracterización del límite este del terreno Guerrero mediante isotopía y geocronología U-Pb en zirrones detríticos. UNAM, Tesis de doctorado, p. 255.
- ⊙ Ortega-Flores, B., Solari, L. A., & Escalona-Alcázar, F. D. E. J. (2015). The Mesozoic successions of western Sierra de Zacatecas, Central Mexico: provenance and tectonic implications. *Geological Magazine*, 153(04), 696-717
- ⊙ Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., & Dávalos-Elizondo, M. G. (2008). On the nature and role of the lower crust in the volcanic front of the Trans-Mexican Volcanic Belt and its fore-arc region, southern and central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(2).
- ⊙ Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., Reyes-Salas, M., Macías-Romo, C., & López, R. (1999). Late Ordovician–Early Silurian continental collisional orogeny in southern Mexico and its bearing on Gondwana-Laurentia connections. *Geology*, 27(8), 719-722.
- ⊙ Ortega-Gutiérrez, F.; Elías-Herrera, M; Gómez-Tuena, A; Mori, L; Reyes-Salas, M; Macías-Romo, C; Solari, L. A. (2012) Petrology of high-grade xenoliths in the Chalcatzingo Miocene subvolcanic field, southern Mexico: buried basement of the Guerrero-Morelos platform and tectonostratigraphic implications: *International Geology Review*, Vol. 54, no. 14, pp. 1597-1634.
- ⊙ Ortega-Gutiérrez, F; Martiny, B. M; Morán-Zenteno, D. J; Reyes-Salas, A. M; Solé-Viñas, J. (2011) Petrology of very high temperature xenoliths in the Puente Negro, intrusión: a sapphire-spinel-bearing oligocene andesite Mixteco terrane, southern Mexico: *revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 28, no. 3, pp. 593-629.
- ⊙ Ortega-Gutiérrez, F; Ruiz, J; Centeno-García, E. (1995) Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the Paleozoic: *Geology* 23, 1127-1130.
- ⊙ Ortega-Obregón, C., Solari, L., Gómez-Tuena, A., Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F., & Macías-Romo, C. (2014). Permian–Carboniferous arc magmatism in southern Mexico: U–Pb dating, trace element and Hf isotopic evidence on zircons of earliest subduction beneath the western margin of Gondwana. *International Journal of Earth Sciences*, 103(5), 1287-1300.
- ⊙ Pantoja-Alor, J., & Robison, R. A. (1967). Paleozoic sedimentary rocks in Oaxaca, Mexico. *Science*, 157(3792), 1033-1035.

- ⊙ Pardo, M., & Suárez, G. (1995). Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implications. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 100(B7), 12357-12373.
- ⊙ Pasquaré, G., Vezzoli, L., & Zanchi, A. (1987). Morphological and structural model of Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional*, 26(2).
- ⊙ Patchett, P. J., & Ruiz, J. (1987). Nd isotopic ages of crust formation and metamorphism in the Precambrian of eastern and southern Mexico. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 96(4), 523-528.
- ⊙ Paton, C., Hellstrom, J., Paul, B., Woodhead, J., & Hergt, J. (2011). Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26(12), 2508-2518.
- ⊙ Pindell, J.L., Cande, S.C., Pitman, W.C., Rowley, D.B., Dewey, J.F., Labrecque, J., Haxby, W. (1988) A plate-kinematic framework for models of Caribbean evolution. *Tectonophysics* 155 (1–4):121–138
- ⊙ Plank, T., & Langmuir, C. H. (1998). The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chemical geology*, 145(3), 325-394.
- ⊙ Potra, A., Hickey-Vargas, R., Macfarlane, A. W., & Salters, V. J. (2014). Pb, Sr, and Nd isotopic characteristics of a variety of lithologies from the Guerrero composite terrane, west-central Mexico: constraints on their origin. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(2).
- ⊙ Ramírez-Salazar, A. (2015) Petrología de las Granulitas del Complejo Oaxaqueño. Área Nochixtlán-Telixtlahuaca. Tesis de Licenciatura
- ⊙ Ramos-Arias, M. A., Keppie, J. D., Lee, J. K., & Ortega-Rivera, A. (2012). A Carboniferous high-pressure klippe in the western Acatlán Complex of southern México: Implications for the tectonothermal development and palaeogeography of Pangea. *International Geology Review*, 54(7), 779-798.
- ⊙ Reimink, J. R., Davies, J. H., Waldron, J. W., & Rojas, X. (2016). Dealing with discordance: a novel approach for analysing U–Pb detrital zircon datasets. *Journal of the Geological Society*, 173(4), 577-585.
- ⊙ Rubatto, D. (2002). Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology*, 184(1-2), 123-138. doi: 10.1016/s0009-2541(01)00355-2
- ⊙ Rubatto, D. (2017). Zircon: the metamorphic mineral. *Reviews in mineralogy and geochemistry*, 83(1), 261-295.
- ⊙ Rubatto, D., & Hermann, J. (2007). Experimental zircon/melt and zircon/garnet trace element partitioning and implications for the geochronology of crustal rocks. *Chemical Geology*, 241(1-2), 38-61. doi: 10.1016/j.chemgeo.2007.01.027
- ⊙ Rudnick, R. L., & Gao, S. (2004). Composition of the continental crust. *Treatise on geochemistry*, 3, 659.
- ⊙ Ruiz, J., Patchett, P. J., & Ortega-Gutiérrez, F. (1988). Proterozoic and Phanerozoic basement terranes of Mexico from Nd isotopic studies. *Geological Society of America Bulletin*, 100(2), 274-281.
- ⊙ Ruiz, J., Tosdal, R. M., Restrepo, P. A., & Murillo-Muñetón, G. (1999). Pb isotope evidence for Colombia-southern Mexico connections in the Proterozoic. *SPECIAL PAPERS-GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA*, 183-198.
- ⊙ Schaaf, P., Morán-Zenteno, D., Hernández-Bernal, M. D. S., Solís-Pichardo, G., Tolson, G., & Köhler, H. (1995). Paleogene continental margin truncation in southwestern Mexico: Geochronological evidence. *Tectonics*, 14(6), 1339-1350.
- ⊙ Scholl, D. W., & von Huene, R. (2007). Crustal recycling at modern subduction zones applied to the past—Issues of growth and preservation of continental basement crust, mantle geochemistry, and supercontinent reconstruction. *Geological Society of America Memoirs*, 200, 9-32.

- ⊙ Scholl, D. W., & von Huene, R. (2008). Subduction erosion transports large volumes of forearc crust to the mantle—Does the influx of this material tint the geochemical signature of arc magma or influence its production?(en línea): Rice University, Department of Earth Science.
- ⊙ Sedlock, R. L., Ortega-Gutiérrez, F., & Speed, R. C. (1993). Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. *Geological Society of America Special Papers*, 278, 1-153.
- ⊙ Sláma, J., Košler, J., Condon, D. J., Crowley, J. L., Gerdes, A., Hanchar, J. M., ... & Schaltegger, U. (2008). Plešovice zircon—a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, 249(1), 1-35.
- ⊙ Solari, L. A., Gómez-Tuena, A., Bernal, J. P., Pérez-Arvizu, O., & Tanner, M. (2010). U–Pb Zircon Geochronology with an Integrated LA-ICP-MS Microanalytical Workstation: Achievements in Precision and Accuracy. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 34(1), 5-18.
- ⊙ Solari, L. A., Keppie, J. D., Ortega-Gutiérrez, F., Cameron, K. L., Lopez, R., & Hames, W. E. (2003). 990 and 1100 Ma Grenvillian tectonothermal events in the northern Oaxacan Complex, southern Mexico: roots of an orogen. *Tectonophysics*, 365(1), 257-282.
- ⊙ Stern, C. R. (2011). Subduction erosion: Rates, mechanisms, and its role in arc magmatism and the evolution of the continental crust and mantle. *Gondwana Research*, 20(2-3), 284-308.
- ⊙ Straub, S. M., LaGatta, A. B., Martin-Del Pozzo, A. L., & Langmuir, C. H. (2008). Evidence from high-Ni olivines for a hybridized peridotite/pyroxenite source for orogenic andesites from the central Mexican Volcanic Belt. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9(3)
- ⊙ Straub, S.; Gómez-Tuena, A.; Bindeman, I. N.; Bolge, L. L.; Brandl, P. A.; Espinasa-Perena, R.; Solari, L.; Stuart, F. M.; Vannucchi, P.; Zellmer, G. F. (2015) Crustal recycling by subduction erosion in the central Mexican Volcanic Belt: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 166, pp. 29-52.
- ⊙ Talavera-Mendoza, O., Ruiz, J., Gehrels, G. E., Meza-Figueroa, D. M., Vega-Granillo, R., & Campa-Uranga, M. F. (2005). U–Pb geochronology of the Acatlán Complex and implications for the Paleozoic paleogeography and tectonic evolution of southern Mexico. *Earth and Planetary Science Letters*, 235(3-4), 682-699.
- ⊙ Taylor, S. R., & McLennan, S. M. (1985). The continental crust: its composition and evolution.
- ⊙ Taylor, S. R., & McLennan, S. M. (1995). The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics*, 33(2), 241-265.
- ⊙ Taylor-Jones, K., & Powell, R. (2015). Interpreting zirconium-in-rutile thermometric results. *Journal of Metamorphic Geology*, 33(2), 115-122.
- ⊙ Tomkins, H. S., Powell, R., & Ellis, D. J. (2007). The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer. *Journal of metamorphic Geology*, 25(6), 703-713.
- ⊙ Vega-Granillo, R., Talavera-Mendoza, O., Meza-Figueroa, D., Ruiz, J., Gehrels, G. E., López-Martínez, M., & Julio, C. (2007). Pressure-temperature-time evolution of Paleozoic high-pressure rocks of the Acatlán Complex (southern Mexico): Implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans. *Geological Society of America Bulletin*, 119(9-10), 1249-1264.
- ⊙ Verma, S.P., 2000. Geochemistry of the subducting Cocos plate and the origin of subduction-unrelated mafic volcanism at the front of the central Mexican Volcanic Belt. In: Delgado-Granados, H., Aguirre-Díaz, G., Stock, J.M. (Eds.), *Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico*. Geological Society of America Special Paper Vol. 334, pp. 1–28.
- ⊙ Vermeesch, P. (2012). On the visualisation of detrital age distributions. *Chemical Geology*, 312, 190-194.
- ⊙ Vernon, R. H. (2011). Microstructures of melt-bearing regional metamorphic rocks. *Geological Society of America Memoirs*, 207, 1-11.
- ⊙ Vervoort, J. D., & Kemp, A. I. (2016). Clarifying the zircon Hf isotope record of crust–mantle evolution. *Chemical Geology*, 425, 65-75.
- ⊙ Vervoort, J. D., Plank, T., & Prytulak, J. (2011). The Hf–Nd isotopic composition of marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(20), 5903-5926

- ⊙ Vry, J. K., & Baker, J. A. (2006). LA-MC-ICPMS Pb–Pb dating of rutile from slowly cooled granulites: confirmation of the high closure temperature for Pb diffusion in rutile. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(7), 1807-1820.
- ⊙ Watson, E. B., Wark, D. A., & Thomas, J. B. (2006). Crystallization thermometers for zircon and rutile. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 151(4), 413.
- ⊙ Weber, B., & Köhler, H. (1999). Sm–Nd, Rb–Sr and U–Pb geochronology of a Grenville Terrane in Southern Mexico: origin and geologic history of the Guichicovi Complex. *Precambrian Research*, 96(3), 245-262.
- ⊙ Weber, B., Scherer, E. E., Schulze, C., Valencia, V. A., Montecinos, P., Mezger, K., & Ruiz, J. (2010). U–Pb and Lu–Hf isotope systematics of lower crust from central-southern Mexico–Geodynamic significance of Oaxaquia in a Rodinia Realm. *Precambrian Research*, 182(1), 149-162.
- ⊙ Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochimica et cosmochimica Acta*, 59(7), 1217-1232.
- ⊙ Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist*, 95(1), 185-187.
- ⊙ Wu, Y., & Zheng, Y. (2004). Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age. *Chinese Science Bulletin*, 49(15), 1554-1569.
- ⊙ Wu, Y., & Zheng, Y. (2004). Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age. *Chinese Science Bulletin*, 49(15), 1554-1569.
- ⊙ Yang, T., Grand, S. P., Wilson, D., Guzman-Speziale, M., Gomez-Gonzalez, J. M., Dominguez-Reyes, T., & Ni, J. (2009). Seismic structure beneath the Rivera subduction zone from finite-frequency seismic tomography. *Journal of Geophysical Research*, 114(B1).
- ⊙ Yañez, P., Ruiz, J., Patchett, P. J., Ortega-Gutierrez, F., & Gehrels, G. E. (1991). Isotopic studies of the Acatlan complex, southern Mexico: Implications for Paleozoic North American tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 103(6), 817-828.
- ⊙ Zhao, L., Li, T., Peng, P., Guo, J., Wang, W., Wang, H., Zhai, M. (2015). Anatomy of zircon growth in high pressure granulites: SIMS U–Pb geochronology and Lu–Hf isotopes from the Jiaobei Terrane, eastern North China Craton. *Gondwana Research*, 28(4)

ANEXO 1 Geoquímica e isotopía

Coordenadas: Alrededor de 18.62 N y 98.76 W					Entre: 18° 47' 17.36''N, 100° 04' 07.92''W; 18° 47' 12.47''N, 100° 04' 05.00''W				
Muestra	CH-10	CH-3	CH-8-1601	CHALC-18	P99B	PEP-2a	PEP-4	PEP-8	
#Mg	48.2098251	41.3710307	45.5252038	53.0470959	51.6275424	49.7119871	47.6805228	41.1909458	
SiO ₂	55.93	51.21	62.83	61.84	71.44	69.26	70.56	70.76	
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.704526	0.710280	0.713518	0.712379	0.726017	0.719154	0.724976	0.708237	
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	19.1258	18.9212	18.8223	18.8183	18.9627	18.9542	18.9299	18.9665	
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15.5750	15.6295	15.6329	15.6301	15.6517	15.6588	15.6505	15.6560	
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	38.8561	39.0262	38.6164	38.7964	38.7848	38.7806	38.7675	38.7983	
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0.512096	0.512103	0.512221	0.512204	0.512399	0.512302	0.512295	0.512530	
¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	0.282478	0.282523	0.282437	0.282442	0.282625	0.282501	0.282506	0.282703	
SiO ₂	55.926	51.215	62.827	61.837	71.445	69.256	70.555	70.762	
TiO ₂	1.893	1.906	1.387	1.125	0.517	0.650	0.661	0.551	
Al ₂ O ₃	20.689	23.561	14.119	15.960	14.832	14.728	14.601	14.539	
Fe ₂ O ₃ *	9.956	11.380	11.529	7.320	2.449	4.270	3.976	3.447	
MnO	0.187	0.138	0.193	0.097	0.035	0.067	0.068	0.063	
MgO	3.976	3.445	4.133	3.548	1.121	1.811	1.555	1.036	
CaO	1.825	2.372	1.719	3.843	1.439	1.134	1.392	2.046	
Na ₂ O	4.689	4.798	1.886	3.134	3.607	2.366	2.815	3.493	
K ₂ O	0.794	1.122	2.130	2.582	4.381	5.553	4.185	3.888	
P ₂ O ₅	0.067	0.062	0.076	0.555	0.173	0.166	0.193	0.175	
Sc	25.23	21.82	26.48	16.32	9.63	11.72	12.62	10.33	
V	342.93	367.16	305.44	189.19	41.12	70.42	72.79	46.02	
Cr	183.97	203.35	200.56	98.98	24.80	46.87	49.45	16.81	
Co	31.08	51.31	33.69	19.91	4.03	8.39	7.57	5.20	
Ni	76.35	122.16	116.00	45.04	6.10	16.19	16.54	4.37	
Cu	1599.21	525.11	62.88	17.74	1.37	7.49	16.19	4.01	
Zn	209.54	363.54	158.55	113.29	66.27	97.14	205.52	89.17	
Ga	37.42	41.52	15.89	19.71	14.16	16.74	15.25	17.08	
Li	128.12	70.43	16.89	10.43	101.24	191.08	228.19	97.32	
Be	2.46	0.99	0.76	1.25	1.99	2.71	1.61	2.38	
Cs	7.44	4.20	2.27	7.40	12.95	48.29	23.37	10.83	
Ba	1647.97	936.37	762.73	933.79	459.59	899.22	857.92	902.97	

U	4.82	2.37	1.48	1.23	4.10	3.45	3.14	4.67
Tl	0.16	0.32	0.47	0.59	1.80	2.31	2.13	1.33
Rb	18.82	54.12	94.02	119.09	222.46	255.05	217.15	162.39
W	0.18	0.19	0.57	0.12	0.91	0.98	1.12	0.35
Th	37.16	26.51	34.18	8.63	10.34	13.55	9.80	14.72
Nb	34.96	37.84	20.41	16.20	12.72	14.73	15.67	14.89
Ta	1.73	2.26	1.46	0.69	1.20	1.17	1.25	1.29
La	102.63	73.32	86.25	30.74	23.10	29.23	27.95	43.42
Ce	220.87	155.78	183.38	70.42	52.77	65.90	60.12	92.86
Pb	8.61	6.64	9.74	10.59	26.53	25.17	33.18	20.78
Pr	24.94	17.68	21.17	8.89	6.29	7.88	7.48	10.46
Mo	1.47	1.70	0.73	0.39	3.33	0.92	1.79	1.30
Sr	401.10	393.17	144.05	272.77	73.79	136.66	128.62	263.01
Nd	93.96	66.00	81.56	36.06	23.96	29.93	28.66	37.65
Sm	18.33	13.37	14.33	9.18	5.90	6.83	6.59	7.14
Hf	13.19	11.15	6.26	5.64	4.70	4.66	4.57	6.27
Zr	515.15	413.74	247.76	222.63	176.93	178.58	175.49	251.24
Eu	1.67	2.03	1.15	1.75	0.84	1.10	1.16	1.28
Sn	0.50	0.73	1.09	0.95	3.17	16.62	15.55	8.54
Sb	0.12	0.14	0.09	0.13	0.18	0.30	0.53	0.43
Gd	15.24	11.12	11.57	9.24	5.96	6.47	6.38	6.04
Tb	2.19	1.60	1.71	1.40	1.09	1.04	1.07	0.91
Dy	11.62	8.37	9.91	7.42	7.13	6.04	6.49	4.87
Y	62.49	43.01	60.45	35.67	43.41	36.08	36.99	26.47
Ho	2.28	1.58	2.07	1.28	1.43	1.14	1.27	0.93
Er	6.61	4.36	6.17	3.20	4.10	3.07	3.50	2.58
Yb	6.02	3.90	6.09	2.73	4.10	2.70	3.33	2.42
Lu	0.85	0.56	0.88	0.40	0.60	0.39	0.48	0.36

ANEXO 2 CIRCONES

SAMPLE	207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th		Rho	206Pb/238U		207Pb235U		207Pb206Pb		Best age (Ma)		Disc %
	6Pb	±2s abs	35U	±2s abs	8U	±2s abs	2Th	±2s abs		/238U	±2s	35U	±2s	06Pb	±2s	(Ma)	±2s	
Chalcatzingo																		
Zircon_01_Chalc-16	0.0557	0.0066	0.2830	0.0260	0.0364	0.0015	0.0175	0.0047	0.029993	230.4	9.6	253	23	430	170	230.4	9.6	8.93
Zircon_02	0.0640	0.0090	0.0570	0.0290	0.0065	0.0013	0.0055	0.0016	0.10624	41.5	8.5	56	25	730	190	41.5	8.5	25.89
Zircon_03	0.0768	0.0018	1.2290	0.0570	0.1162	0.0054	0.0373	0.0016	-0.12539	709	32	814	29	1113	47	709.0	32.0	12.90
Zircon_04	0.0600	0.1400	0.1000	6.4000	0.0060	0.0640	0.0300	0.1400	0.53151	40	360	50	620	600	1100	40.0	360.0	20.00
Zircon_05	0.0573	0.0031	0.3330	0.0200	0.0430	0.0020	0.0165	0.0019	0.33313	271	12	293	15	470	120	271.0	12.0	7.51
Zircon_06	0.0742	0.0026	1.0250	0.0400	0.0989	0.0033	0.0349	0.0014	-0.01739	608	20	715	21	1063	70	608.0	20.0	14.97
Zircon_07	0.0555	0.0026	0.0820	0.0200	0.0105	0.0025	0.0157	0.0014	0.33226	67	16	80	17	370	100	67.0	16.0	16.25
Zircon_08	0.0623	0.0053	0.3840	0.0210	0.0448	0.0019	0.0271	0.0019	0.29256	283	12	330	15	670	100	283.0	12.0	14.24
Zircon_09	0.2903	0.0029	0.3020	0.0600	0.0074	0.0038	0.0238	0.0038	0.68136	48	23	292	30	3348	51	3348.0	23.0	83.56
Zircon_10	0.0951	0.0026	0.9580	0.0240	0.0727	0.0018	0.0412	0.0030	0.17371	453	11	684	12	1525	53	453.0	11.0	33.77
Zircon_11	0.0646	0.0021	0.2710	0.0460	0.0295	0.0044	0.0054	0.0030	0.63654	187	27	244	32	747	63	187.0	27.0	23.36
Zircon_12	0.0713	0.0029	0.7620	0.0310	0.0763	0.0024	0.0280	0.0031	0.36345	474	14	572	18	931	88	474.0	14.0	17.13
Zircon_13	0.0732	0.0029	0.3500	0.0170	0.0354	0.0013	0.0020	0.0005	0.28594	224	8.2	307	13	998	83	224.0	8.2	27.04
Zircon_14	0.0488	0.0021	0.0678	0.0030	0.0100	0.0003	0.0092	0.0008	0.20678	64	1.7	66.5	2.9	124	93	64.0	1.7	3.76
Zircon_15	0.0830	0.0140	0.1280	0.0510	0.0110	0.0015	0.0382	0.0083	-0.01853	70.3	9.2	122	39	1220	210	70.3	9.2	42.38
Zircon_16	0.0652	0.0031	0.8020	0.0340	0.0896	0.0027	0.0359	0.0022	0.16901	553	16	596	19	779	96	553.0	16.0	7.21
Zircon_18	0.1152	0.0035	0.9460	0.0780	0.0592	0.0050	0.0328	0.0015	0.77365	371	31	682	50	1909	55	371.0	31.0	45.60
Zircon_19	0.0531	0.0071	0.0487	0.0077	0.0071	0.0005	0.0054	0.0016	0.003381	45.8	3.3	49.2	7.4	220	240	45.8	3.3	6.91
Zircon_20	0.0565	0.0016	0.5420	0.0140	0.0698	0.0018	0.0239	0.0010	0.39647	435	11	439.4	8.9	474	62	435.0	11.0	1.00
Zircon_21	0.1144	0.0024	1.4960	0.0510	0.0951	0.0032	0.0367	0.0015	0.83342	586	19	927	21	1867	40	586.0	19.0	36.79
Zircon_22	0.0880	0.0580	0.0600	0.0340	0.0053	0.0006	0.0064	0.0038	-0.21897	34.2	3.8	61	26	1230	430	34.2	3.8	43.93
Zircon_23	0.1700	0.1300	0.4000	3.5000	0.0170	0.0300	0.0400	0.4800	0.054696	110	170	320	490	1950	520	110.0	170.0	65.63
Zircon_24	0.1093	0.0021	4.0200	0.3900	0.2670	0.0250	0.0842	0.0034	0.8846	1520	140	1640	120	1785	36	1785.0	140.0	7.32
Zircon_25	0.0685	0.0052	0.0573	0.0042	0.0064	0.0002	0.0069	0.0010	0.27547	41	1.6	56.5	3.9	870	130	41.0	1.6	27.43
Zircon_26	0.0591	0.0013	0.5720	0.0150	0.0708	0.0021	0.0183	0.0012	0.51535	441	13	461	10	567	50	441.0	13.0	4.34

SAMPLE	207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th			Rho	206Pb/238U	207Pb2		207Pb2		Best age (Ma)		Disc %
	±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs	±2s		abs	±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs	
Zircon_27_Chalc16	0.0533	0.0019	0.1760	0.0071	0.0242	0.0009	0.0156	0.0011	0.17759	154.2	5.4	164.6	6.2	332	71	154.2	5.4	6.32
CHALC-15A																		
Zircon_115_Chalc-15A	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
Zircon_116	0.0840	0.0016	1.0690	0.0250	0.0916	0.0024	0.0535	0.0021	0.39325	565	14	738	12	1288	38	565.0	14.0	23.44
Zircon_117	0.0746	0.0017	1.2770	0.0450	0.1240	0.0046	0.0476	0.0019	0.57563	753	27	834	22	1049	46	753.0	27.0	9.71
Zircon_118	0.1678	0.0051	0.2370	0.0160	0.0102	0.0008	0.1840	0.0120	0.063764	65.2	5.2	216	13	2509	65	65.2	5.2	69.81
Zircon_119	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
Zircon_120	0.0630	0.0140	0.0800	0.0290	0.0093	0.0010	0.0140	0.0082	-0.44318	59.7	6.2	78	18	580	310	59.7	6.2	23.46
Zircon_121	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
Zircon_122	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
Zircon_123	0.0466	0.0076	0.0416	0.0092	0.0063	0.0005	0.0060	0.0026	0.81234	40.5	3	41	8.8	-30	290	40.5	3.0	1.22
Zircon_124	0.0500	0.0290	0.0340	0.0200	0.0051	0.0003	0.0040	0.0120	0.27342	32.9	2.2	34	18	150	400	32.9	2.2	3.24
Zircon_125	0.0481	0.0044	0.0486	0.0046	0.0073	0.0003	0.0150	0.0031	0.27657	46.9	2.1	48.8	4.4	90	180	46.9	2.1	3.89
Zircon_126	0.0476	0.0056	0.0421	0.0051	0.0065	0.0003	0.0038	0.0021	0.20265	41.8	2.1	41.8	5	30	230	41.8	2.1	0.00
Zircon_127	0.1880	0.0150	0.2300	0.0230	0.0092	0.0017	0.0660	0.0046	-0.07749	59	11	210	19	2700	150	59.0	11.0	71.90
Zircon_128	0.0562	0.0022	0.4600	0.0180	0.0601	0.0019	0.0204	0.0011	0.3502	376	12	386	13	449	91	376.0	12.0	2.59
Zircon_129	0.0560	0.0031	0.2320	0.0110	0.0303	0.0008	0.0144	0.0007	-0.08405	192.3	5	211.3	9.3	400	120	192.3	5.0	8.99
Zircon_130	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
Zircon_131	0.0495	0.0038	0.0507	0.004	0.00733	0.00025	0.0145	0.0029	0.11964	47.1	1.6	50.2	3.9	180	140	47.1	1.6	6.18
Zircon_132	0.0514	0.0024	0.208	0.011	0.02951	0.00097	0.019	0.00093	0.18249	187.5	6.1	191.5	8.9	219	98	187.5	6.1	2.09
Zircon_133_Chalc-15a	0.058	0.029	0.118	0.037	0.01457	0.00067	0.0213	0.0064	0.36613	93.3	4.3	113	30	540	350	93.3	4.3	17.43
CHALC-12A																		
Zircon_01_Chalc12a	0.0664	0.0032	0.272	0.016	0.03051	0.0009	0.0126	0.00069	0.59546	193.7	5.6	252	13	849	62	193.7	5.6	23.13492
Zircon_02	0.217	0.041	0.291	0.096	0.00976	0.00069	0.0466	0.0079	0.25892	62.6	4.4	257	58	3000	180	3000	180	75.64202
Zircon_03	0.0525	0.0021	0.185	0.013	0.0266	0.001	0.0114	0.00091	0.67168	169.2	6.3	172	11	330	65	169.2	6.3	1.627907
Zircon_04	0.0654	0.0025	0.1923	0.0084	0.02152	0.00042	0.0218	0.0017	0.20584	137.3	2.7	178.4	7.2	804	44	137.3	2.7	23.03812
Zircon_05	0.0596	0.0015	0.361	0.023	0.0447	0.0027	0.02947	0.0013	0.64113	281.8	17	313	19	617	26	281.8	17	9.968051
Zircon_06	0.0645	0.0022	0.2251	0.011	0.02549	0.00064	0.015	0.0017	0.17058	162.3	4	205.8	9.4	777	57	162.3	4	21.13703

SAMPLE	207Pb/20		207Pb/2		206Pb/23		208Pb/23			206Pb		207Pb2		207Pb2		Best age		Disc %
	6Pb	±2s abs	35U	±2s abs	8U	±2s abs	2Th	±2s abs	Rho	/238U	±2s	35U	±2s	06Pb	±2s	(Ma)	±2s	
Zircon_07	0.083	0.0038	0.07	0.038	0.00628	0.0048	0.0071	0.0024	0.057316	40.4	31	68	31	1150	110	40.4	31	40.58824
Zircon_08	0.093	0.026	0.09	0.041	0.00753	0.00042	0.00215	0.00011	0.52419	48.3	2.7	87	33	1390	180	48.3	2.7	44.48276
Zircon_09	0.0749	0.0011	1.115	0.073	0.1076	0.0065	0.04191	0.0021	0.45233	659	37	760	31	1058	16	659	37	13.28947
Zircon_10	0.0676	0.0017	0.421	0.015	0.04525	0.00075	0.0464	0.0023	0.372	285.3	4.6	356.3	11	852	18	285.3	4.6	19.92703
Zircon_11	0.318	0.043	0.497	0.077	0.01177	0.0014	0.062	0.0072	0.038791	75.4	9.2	405	43	3480	320	3480	320	81.38272
Zircon_12	0.217	0.014	0.417	0.021	0.01401	0.001	0.0853	0.0072	-0.36919	89.7	6.4	353	14	2960	110	2960	110	74.58924
Zircon_13	0.0573	0.0043	0.148	0.014	0.01798	0.00049	0.0357	0.002 0.00007	0.044717	114.9	3.1	140	12	620	110	114.9	3.1	17.92857
Zircon_14	0.0534	0.003	0.0424	0.0035	0.005693	0.00012	0.001623	1	0.054445	36.59	0.77	42.2	3.4	352	96	36.59	0.77	13.29384
Zircon_15	0.0527	0.0029	0.1101	0.0072	0.01495	0.00045	0.0437	0.0049	-0.02226	95.7	2.8	105.9	6.5	393	66	95.7	2.8	9.631728
Zircon_16	0.0556	0.0069	0.0476	0.0056	0.00593	0.00018	0.0135	0.002	0.051682	38.1	1.2	47	5.3	620	140	38.1	1.2	18.93617
Zircon_17	0.059	0.0048	0.0474	0.0048	0.00575	0.00025	0.0207	0.004	-0.12683	37	1.6	47	4.6	600	88	37	1.6	21.2766
Zircon_18	0.0586	0.0032	0.183	0.01	0.02238	0.00053	0.00799	0.0004	-0.37438	142.7	3.3	171	8.8	610	71	142.7	3.3	16.54971
Zircon_19	0.0699	0.051	0.1181	0.026	0.01232	0.00076	0.0243	0.066	-0.12041	79	4.8	113.2	21	914	180	79	4.8	30.21201
Zircon_20	0.132	0.062	0.0539	0.14	0.00315	0.00098	0.001055	0.00015	0.16016	20.26	6.3	53.2	57	2150	290	20.26	6.3	61.91729
Zircon_21	0.0564	0.0036	0.1224	0.0069	0.01578	0.00056	0.00838	0.00082	0.18875	101	3.6	117.1	6.3	485	79	101	3.6	13.74893
Zircon_22	0.0595	0.004	0.0464	0.0055	0.00586	0.00064	0.0092	0.0026	0.1618	37.6	4.1	46	5.2	590	92	37.6	4.1	18.26087
Zircon_23_Chalc12a	0.0524	0.0047	0.0441	0.0048	0.00606	0.00048	0.0055	0.0011	0.28926	38.9	3.1	43.8	4.6	410	140	38.9	3.1	11.18721
CHALC-12C																		
Zircon_24_Chalc12c	0.089	0.013	0.0612	0.0076	0.00483	0.00029	0.00349	0.00049	0.2065	31.1	1.9	59.8	6.9	1460	180	31.1	1.9	47.99331
Zircon_25	0.0557	0.0041	0.0533	0.0082	0.00677	0.00072	0.006	0.0018	0.32518	43.5	4.6	52.6	7.8	490	71	43.5	4.6	17.30038
Zircon_26	0.0848	0.0065	0.12	0.011	0.00997	0.0019	0.0114	0.00093	0.043352	64	12	115	10	1290	170	64	12	44.34783
Zircon_27	0.116	0.0075	0.108	0.036	0.00686	0.0034	0.0137	0.0029	-0.14988	44	22	104	31	1930	150	44	22	57.69231
Zircon_28	0.313	0.048	0.408	0.07	0.0097	0.0051	0.136	0.015	0.17323	62	32	346	39	3590	410	3590	410	82.08092
Zircon_29	0.0731	0.0073	0.44	0.036	0.0447	0.0012	0.0279	0.0034	0.069975	282	7.3	370	24	1065	140	282	7.3	23.78378
Zircon_30	0.0675	0.0045	0.141	0.029	0.01558	0.0014	0.00425	0.0014	0.50671	99.6	8.8	134	23	820	96	99.6	8.8	25.67164
Zircon_31	0.0533	0.0061	0.0997	0.0067	0.01394	0.001	0.0195	0.0025	0.2527	89.3	6.6	96.5	6.3	371	140	89.3	6.6	7.46114
Zircon_32	0.094	0.06	0.0829	0.13	0.0067	0.00096	0.0334	0.012 0.00007	0.019958	43	6.1	80.7	85	1460	360	43	6.1	46.71623
Zircon_33	0.0619	0.005	0.045	0.0053	0.00565	0.00019	0.001743	6 0.00006	0.48118	36.3	1.2	44.7	5	610	120	36.3	1.2	18.79195
Zircon_34	0.0499	0.0019	0.0384	0.0018	0.005655	0.00009	0.001709	1	0.39507	36.35	0.58	38.2	1.7	280	42	36.35	0.58	4.842932
Zircon_35	0.199	0.0099	0.216	0.024	0.0081	0.00088	0.1057	0.0075	0.30805	52	5.6	198	19	2782	59	2782	59	73.73737
Zircon_36	0.1044	0.012	0.1097	0.019	0.00782	0.00035	0.136	0.017	-0.0439	50.2	2.2	105.6	16	1716	130	50.2	2.2	52.46212
Zircon_37	0.0565	0.0067	0.041	0.0047	0.00537	0.00022	0.00304	0.00039	-0.00357	34.5	1.4	40.7	4.6	650	150	34.5	1.4	15.23342

SAMPLE	207Pb/20		207Pb/2		206Pb/23		208Pb/23			206Pb		207Pb2		207Pb2		Best age		Disc %
	6Pb	±2s abs	35U	±2s abs	8U	±2s abs	2Th	±2s abs	Rho	/238U	±2s	35U	±2s	06Pb	±2s	(Ma)	±2s	
Zircon_38	0.095	0.019	0.0696	0.017	0.00546	0.0002	0.0149	0.0014	0.11469	35.1	1.3	68.1	16	1480	260	35.1	1.3	48.45815
Zircon_39	0.0916	0.0086	0.235	0.02	0.01937	0.0011	0.061	0.013	0.023026	123.6	7.2	214	16	1430	140	123.6	7.2	42.24299
Zircon_40	0.104	0.0024	0.104	0.13	0.00715	0.01	0.0167	0.0035	-0.21445	45.9	64	100	82	1650	39	45.9	64	54.1
Zircon_41	0.757	0.058	11.2	10	0.108	0.12	1.44	1.4	0.98769	650	590	2490	540	4875	41	4875	41	73.89558
Zircon_42	0.1051	0.0041	0.472	0.029	0.0316	0.0011	0.0388	0.0017	0.45095	200.6	6.8	392	20	1728	53	200.6	6.8	48.82653
Zircon_43	0.0868	0.0025	1.034	0.058	0.0858	0.0036	0.0658	0.0028	0.34388	530.8	22	719	32	1339	36	530.8	22	26.17524
Zircon_44	0.0478	0.005	0.0284	0.0044	0.00425	0.00015	0.001701	0.0002	0.15455	27.33	0.99	28.4	4.3	254	180	27.33	0.99	3.767606
Zircon_45	0.051	0.0016	0.2029	0.009	0.02845	0.00045	0.01141	0.00062	0.46147	180.8	2.8	187.4	7.5	232	58	180.8	2.8	3.521878
Zircon_46	0.0779	0.013	0.0743	0.013	0.00693	0.00025	0.0084	0.0031	0.53758	44.5	1.6	72.5	12	1150	190	44.5	1.6	38.62069
Zircon_47	0.0592	0.0043	0.191	0.013	0.0228	0.00077	0.0427	0.017	-0.12922	145.3	4.8	177	11	590	110	145.3	4.8	17.9096
Zircon_48	0.147	0.01	0.0725	0.0059	0.00354	0.00012	0.000959	0.00003	0.037458	22.76	0.77	71	5.6	2305	73	22.76	0.77	67.94366
Zircon_49	0.071	0.04	0.157	0.08	0.0155	0.0018	0.0385	0.01	0.14561	99	11	157	55	1010	330	99	11	36.94268
Zircon_50	0.0528	0.0023	0.1492	0.0084	0.01975	0.00053	0.0166	0.00098	0.15089	126	3.4	141.1	7.6	348	52	126	3.4	10.70163
Zircon_51	0.0552	0.0018	0.251	0.026	0.03346	0.0028	0.0209	0.0011	0.24345	212.2	17	227	19	403	44	212.2	17	6.519824
Zircon_52	0.119	0.01	0.114	0.028	0.00721	0.0041	0.0244	0.0016	-0.18504	46.3	26	109	24	1700	190	46.3	26	57.52294
Zircon_53	0.0552	0.0036	0.1678	0.0087	0.02199	0.001	0.01241	0.0015	-0.08335	140.2	6.4	157.4	7.6	530	87	140.2	6.4	10.92757
Zircon_54	0.0611	0.0025	0.307	0.017	0.03686	0.0013	0.0212	0.0016	0.4324	233.3	8.1	273	13	660	58	233.3	8.1	14.54212
Zircon_55	0.0643	0.0027	0.229	0.014	0.0265	0.00066	0.0254	0.0017	-0.03099	168.6	4.2	209	11	800	58	168.6	4.2	19.33014
Zircon_56	0.0799	0.0017	1.062	0.04	0.0986	0.0017	0.0456	0.0019	0.086448	605.9	10	734	20	1165	26	605.9	10	17.45232
Zircon_57	0.0567	0.0015	0.0458	0.0019	0.00591	0.00014	0.001738	0.00007	0.31293	37.96	0.87	45.5	1.9	496	40	37.96	0.87	16.57143
Zircon_58	0.0801	0.042	0.162	0.046	0.01495	0.0009	0.0186	0.0024	0.50248	95.6	5.7	152	34	1248	340	95.6	5.7	37.10526
Zircon_59	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
Zircon_60	0.0584	0.0046	0.352	0.11	0.0423	0.0062	0.0046	0.0094	0.41147	267.1	38	306	57	558	95	267.1	38	12.71242
Zircon_61	0.158	0.011	0.1485	0.011	0.00648	0.0002	0.01051	0.00075	0.32497	41.6	1.3	140.2	9	2457	80	41.6	1.3	70.3281
Zircon_62	0.0725	0.003	0.197	0.015	0.0177	0.0016	0.00687	0.00054	0.14485	113.1	10	182	12	990	65	113.1	10	37.85714
Zircon_63	0.316	0.035	0.451	0.048	0.01029	0.00067	0.0336	0.0031	0.2134	66	4.3	371	32	3480	190	3480	190	82.21024
Zircon_64	0.662	0.051	2.74	0.29	0.0281	0.0029	0.198	0.025	0.6101	179	18	1322	91	4677	91	4677	91	86.45991
Zircon_65	0.127	0.013	0.142	0.28	0.00806	0.011	0.0205	0.0089	0.07996	51.7	70	135	140	1980	110	51.7	70	61.7037
Zircon_66	0.0541	0.0029	0.192	0.012	0.02512	0.0014	0.0118	0.0022	0.36692	159.9	8.8	178	11	437	60	159.9	8.8	10.16854
Zircon_67	0.0876	0.0039	0.538	0.034	0.044	0.0013	0.0515	0.0032	0.6238	277.6	8.3	439	22	1364	71	277.6	8.3	36.76538
Zircon_68	0.16	0.01	0.195	0.014	0.00884	0.00028	0.1312	0.009	0.066068	56.7	1.8	182	12	2458	100	56.7	1.8	68.84615
Zircon_69	0.0985	0.0061	0.293	0.013	0.02142	0.00086	0.0343	0.0023	-0.23453	136.6	5.4	261	10	1631	90	136.6	5.4	47.66284

SAMPLE	207Pb/20		207Pb/2		206Pb/23		208Pb/23			Rho	206Pb		207Pb2		207Pb2		Best age	
	6Pb	±2s abs	35U	±2s abs	8U	±2s abs	2Th	±2s abs	/238U		±2s	35U	±2s	06Pb	±2s	(Ma)	±2s	Disc %
Zircon_70	0.0787	0.017	0.434	0.07	0.0401	0.0041	0.0376	0.012	0.81908	253.6	26	365	48	1177	180	253.6	26	30.52055
Zircon_71_Chalc12c	0.305	0.064	2.15	1.5	0.0523	0.012	0.743	0.14	0.82725	328	70	1151	200	3480	190	3480	190	71.50304
CHALC-18																		
Zircon_72_Chalc18	0.0896	0.012	0.435	0.031	0.0356	0.0023	0.029	0.047	-0.05836	225.3	14	364	21	1400	180	225.3	14	38.1044
Zircon_73	0.382	0.052	0.786	0.28	0.01516	0.002	1.58	0.59	0.24467	97	13	585	110	3840	160	3840	160	83.4188
Zircon_74	0.1086	0.063	0.127	0.12	0.00863	0.00059	0.001792	0.00007	0.70337	55.4	3.7	121.2	78	1853	350	55.4	3.7	54.29043
Zircon_75	0.0791	0.0053	0.0478	0.0034	0.00459	0.00013	0.001388	0.00005	0.13467	29.52	0.81	47.4	3.3	1160	87	29.52	0.81	37.72152
Zircon_76	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#jVALOR!		#jVALOR!
Zircon_77	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#jVALOR!		#jVALOR!
Zircon_78	0.0902	0.0048	0.292	0.014	0.02376	0.00066	0.199	0.016	-0.2124	151.4	4.2	262	11	1472	71	151.4	4.2	42.21374
Zircon_79	0.0704	0.0025	0.295	0.013	0.03076	0.00062	0.1242	0.0076	-0.06581	195.3	3.8	262.3	10	926	39	195.3	3.8	25.54327
Zircon_80	0.0568	0.0039	0.251	0.0099	0.03189	0.0015	0.0313	0.01	0.33798	202.4	9.1	227	8.1	530	100	202.4	9.1	10.837
Zircon_81	0.394	0.047	0.589	0.6	0.01027	0.0075	0.001866	0.0013	-0.05706	65.9	46	469	180	3950	99	3950	99	85.94883
Zircon_82	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#jVALOR!		#jVALOR!
Zircon_83	0.218	0.018	0.905	0.14	0.02823	0.0017	1.25	0.14	-0.09924	179.4	10	652	56	3000	120	3000	120	72.48466
Zircon_84	0.172	0.036	0.186	0.067	0.00689	0.001	0.096	0.041	0.35929	44.3	6.4	171	48	2790	200	2790	200	74.09357
Zircon_85	0.476	0.037	0.873	0.54	0.01294	0.0061	0.509	0.17	0.25341	82.8	29	635	130	4160	74	4160	74	86.96063
Zircon_86	0.0555	0.0022	0.2041	0.011	0.02611	0.00056	0.0505	0.0062	0.1214	166.1	3.5	190	8.9	448	56	166.1	3.5	12.57895
Zircon_87	0.699	0.026	5.79	0.74	0.0588	0.0056	3.94	0.21	0.46914	368	33	1942	59	4711	32	4711	32	81.05046
Zircon_88_Chalc18	0.297	0.049	1.45	1.1	0.0351	0.011	0.44	0.64	0.083009	222	68	907	160	3430	180	3430	180	75.5237
C8-A-1601																		
C8-A-1601_01	0.0528	0.0091	0.0870	0.0140	0.0119	0.0005	0.0166	0.0071	-0.24043	76.4	3.4	84	13	420	340	76.4	3.4	9.05
C8-A-1601_02	0.0535	0.0099	0.1720	0.0320	0.0237	0.0016	0.0092	0.0014	0.11077	151	10	166	30	310	400	151.0	10.0	9.04
C8-A-1601_03	0.0725	0.0021	1.5870	0.0730	0.1591	0.0065	0.0462	0.0040	0.67944	951	36	962	28	990	57	951.0	36.0	1.14
C8-A-1601_04	0.0730	0.0390	0.0570	0.0290	0.0059	0.0010	0.0036	0.0019	0.001076	38	6.5	56	27	710	910	38.0	6.5	32.14
C8-A-1601_05	0.0712	0.0028	1.4220	0.0670	0.1440	0.0038	0.0446	0.0037	0.057668	867	21	897	28	955	80	867.0	21.0	3.34
C8-A-1601_06	0.0832	0.0058	0.2400	0.0230	0.0210	0.0016	0.0320	0.0059	0.41926	133.7	9.9	218	19	1260	140	133.7	9.9	38.67
C8-A-1601_07	0.0516	0.0017	0.1722	0.0095	0.0252	0.0011	0.0091	0.0005	0.80658	160.2	6.7	161.1	8.2	274	72	160.2	6.7	0.56
C8-A-1601_08	0.0709	0.0018	1.4640	0.0460	0.1497	0.0035	0.0503	0.0025	0.12073	899	19	915	19	947	53	899.0	19.0	1.75
C8-A-1601_09	0.0676	0.0033	0.5610	0.0260	0.0619	0.0016	0.0353	0.0021	0.25165	387	9.7	459	17	830	100	387.0	9.7	15.69
C8-A-1601_10	0.0536	0.0041	0.2710	0.0260	0.0380	0.0013	0.0118	0.0008	0.48331	240.1	8.1	245	19	290	160	240.1	8.1	2.00

SAMPLE	207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th			Rho	206Pb/238U		207Pb2/35U		207Pb2/06Pb		Best age (Ma)		Disc %
	value	±2s abs	value	±2s abs	value	±2s abs	value	±2s abs	value		±2s abs	value	±2s abs	value	±2s abs	value	±2s abs	value	
C8-A-1601_11	0.0590	0.0014	0.7260	0.0230	0.0892	0.0021	0.0278	0.0024	0.59804	551	13	554	14	561	54	551.0	13.0	0.54	
C8-A-1601_12	0.0520	0.0240	0.0450	0.0190	0.0064	0.0007	0.0051	0.0010	-0.03569	40.8	4.4	44	18	440	770	40.8	4.4	7.27	
C8-A-1601_13	0.0565	0.0080	0.1790	0.0210	0.0231	0.0014	0.0550	0.0120	-0.03926	147.2	9	167	18	440	320	147.2	9.0	11.86	
C8-A-1601_14	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!	
C8-A-1601_15	0.0653	0.0021	0.8980	0.0320	0.0981	0.0025	0.0318	0.0022	0.28858	603	15	650	17	778	68	603.0	15.0	7.23	
C8-A-1601_16	0.1380	0.0230	0.3230	0.0320	0.0170	0.0030	0.0361	0.0059	0.060321	109	19	291	21	2110	310	109.0	19.0	62.54	
C8-A-1601_17	0.0576	0.0062	0.5340	0.0530	0.0680	0.0020	0.0231	0.0013	-0.2846	424	12	432	36	450	240	424.0	12.0	1.85	
C8-A-1601_18	0.0550	0.0120	0.0436	0.0090	0.0062	0.0005	0.0022	0.0007	-0.05609	40	3.4	43.1	8.8	230	460	40.0	3.4	7.19	
C8-A-1601_19	0.0586	0.0023	0.5990	0.0260	0.0736	0.0021	0.0229	0.0020	-0.07207	458	12	476	16	576	85	458.0	12.0	3.78	
C8-A-1601_20	0.0527	0.0047	0.1830	0.0150	0.0254	0.0009	0.0196	0.0031	0.17479	161.5	5.5	170	13	280	190	161.5	5.5	5.00	
C8-A-1601_21	0.0707	0.0039	1.3420	0.0750	0.1404	0.0042	0.0318	0.0026	0.33961	847	24	863	33	940	110	847.0	24.0	1.85	
C8-A-1601_22	0.0548	0.0028	0.1348	0.0068	0.0181	0.0005	0.0082	0.0012	0.1071	115.9	2.8	129.6	6.6	400	120	115.9	2.8	10.57	
C8-A-1601_23	0.0654	0.0085	0.1050	0.0140	0.0113	0.0006	0.0044	0.0004	0.009064	72.2	4	101	13	740	300	72.2	4.0	28.51	
C8-A-1601_24	0.0880	0.0190	0.0638	0.0094	0.0053	0.0004	0.0061	0.0017	-0.28859	33.9	2.7	62.5	9	1270	440	33.9	2.7	45.76	
C8-A-1601_25	0.0594	0.0023	0.6680	0.0330	0.0824	0.0023	0.0259	0.0015	0.47681	511	14	518	20	565	85	511.0	14.0	1.35	
C8-A-1601_26	0.0576	0.0027	0.3660	0.0140	0.0464	0.0015	0.0242	0.0017	0.098968	292.2	9	317	10	500	100	292.2	9.0	7.82	
C8-A-1601_27	0.0580	0.0210	0.0470	0.0170	0.0058	0.0004	0.0035	0.0014	-0.05231	37.4	2.4	46	17	340	780	37.4	2.4	18.70	
C8-A-1601_28	0.0613	0.0040	0.1940	0.0110	0.0229	0.0008	0.0147	0.0016	-0.19341	146	4.8	182	10	670	150	146.0	4.8	19.78	
C8-A-1601_29	0.0642	0.0053	0.4230	0.0350	0.0486	0.0018	0.0189	0.0025	0.42796	306	11	357	25	770	140	306.0	11.0	14.29	
C8-A-1601_30	0.0690	0.0021	1.1450	0.0390	0.1181	0.0029	0.0378	0.0024	0.35929	720	17	774	18	891	64	720.0	17.0	6.98	
C8-A-1601_31	0.0748	0.0025	0.9300	0.0370	0.0911	0.0021	0.0337	0.0021	0.30597	562	13	667	19	1053	70	562.0	13.0	15.74	
C8-A-1601_32	0.0792	0.0030	0.5590	0.0350	0.0499	0.0017	0.0374	0.0047	0.32633	314	11	450	23	1172	76	314.0	11.0	30.22	
C8-A-1601_33	0.0831	0.0035	2.1150	0.0770	0.1849	0.0043	0.0550	0.0035	-0.22987	1094	23	1153	25	1261	84	1094.0	23.0	5.12	
C8-A-1601_34	0.0827	0.0013	1.9860	0.0600	0.1738	0.0041	0.0472	0.0029	0.41732	1033	23	1110	20	1261	32	1033.0	23.0	6.94	
C8-A-1601_35	0.0745	0.0042	0.3580	0.0240	0.0354	0.0015	0.0429	0.0050	0.2692	224.3	9.5	310	18	1020	120	224.3	9.5	27.65	
C8-A-1601_36	0.0888	0.0091	0.3380	0.0510	0.0277	0.0026	0.0100	0.0023	0.60036	176	16	295	39	1380	190	176.0	16.0	40.34	
C8-A-1601_37	0.0707	0.0030	0.4710	0.0220	0.0478	0.0013	0.0297	0.0018	0.38148	300.9	8.1	391	15	941	85	300.9	8.1	23.04	
C8-A-1601_38	0.0633	0.0039	0.8350	0.0500	0.0960	0.0033	0.0318	0.0017	0.042586	591	19	615	28	690	140	591.0	19.0	3.90	

SAMPLE	207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th			Rho	206Pb/238U	207Pb2		207Pb2		Best age (Ma)		Disc %
	±2s abs	35U	±2s abs	8U	±2s abs	2Th	±2s abs	±2s	35U		±2s	06Pb	±2s	±2s	±2s			
C8-A-1601_39	0.0510	0.0140	0.1960	0.0560	0.0280	0.0027	0.0051	0.0021	0.19836	178	17	179	47	160	530	178.0	17.0	0.56
C8-A-1601_40	0.0553	0.0088	0.2040	0.0290	0.0272	0.0011	0.0086	0.0021	-0.49798	173.3	7.1	188	24	340	340	173.3	7.1	7.82
C8-A-1601_41	0.0800	0.0110	0.0822	0.0091	0.0077	0.0007	0.0140	0.0026	-0.28495	49.2	4.6	80.1	8.5	1130	270	49.2	4.6	38.58
C8-A-1601_42	0.0640	0.0130	0.0710	0.0150	0.0082	0.0008	0.0247	0.0042	0.23272	52.4	4.9	70	15	650	470	52.4	4.9	25.14
C8-A-1601_43	0.0601	0.0046	0.4030	0.0290	0.0478	0.0011	0.0153	0.0010	0.11396	301.2	6.7	343	21	590	160	301.2	6.7	12.19
C8-A-1601_44	0.0596	0.0017	0.4910	0.0160	0.0594	0.0014	0.0187	0.0009	0.40883	372	8.4	405	11	597	57	372.0	8.4	8.15
C8-A-1601_45	0.0730	0.0073	0.9750	0.0970	0.0943	0.0029	0.0367	0.0021	0.24452	581	17	688	50	980	210	581.0	17.0	15.55
C8-A-1601_46	0.0764	0.0018	1.9000	0.0540	0.1819	0.0042	0.0523	0.0028	0.15144	1077	23	1080	19	1104	47	1077.0	23.0	0.28
C8-A-1601_47	0.0676	0.0039	0.4240	0.0240	0.0454	0.0014	0.0191	0.0024	0.017209	285.9	8.5	362	15	900	130	285.9	8.5	21.02
C8-A-1601_48	0.0636	0.0046	0.6350	0.0490	0.0744	0.0023	0.0219	0.0015	0.21361	463	14	497	31	690	160	463.0	14.0	6.84
C8-A-1601_49	0.0747	0.0030	1.6370	0.0710	0.1620	0.0039	0.0500	0.0033	0.19444	968	21	991	29	1055	83	968.0	21.0	2.32
C8-A-1601_50	0.0569	0.0073	0.1850	0.0240	0.0238	0.0011	0.0077	0.0015	0.25397	151.6	7.1	171	20	400	270	151.6	7.1	11.35
C8-A-1601_51	0.1247	0.0064	5.7300	0.2700	0.3354	0.0081	0.0945	0.0048	-0.2888	1864	39	1939	38	2006	92	2006.0	39.0	3.87
C8-A-1601_52	0.0720	0.0160	0.0540	0.0110	0.0056	0.0003	0.0048	0.0013	-0.22779	35.9	1.7	53	11	980	390	35.9	1.7	32.26
C8-A-1601_53	0.0988	0.0018	2.1200	0.0570	0.1555	0.0042	0.0615	0.0032	0.508	932	23	1158	18	1604	32	932.0	23.0	19.52
C8-A-1601_54	0.0492	0.0025	0.0965	0.0048	0.0143	0.0004	0.0105	0.0027	0.024773	91.3	2.5	93.4	4.4	140	110	91.3	2.5	2.25
C8-A-1601_55	0.1180	0.0270	0.1020	0.0260	0.0059	0.0003	0.0050	0.0009	0.22078	37.8	2	97	23	1850	410	37.8	2.0	61.03
C8-A-1601_56	0.0624	0.0010	0.9490	0.0250	0.1107	0.0023	0.0329	0.0015	0.28186	677	13	679	12	682	36	677.0	13.0	0.29
C8-A-1601_57	0.0729	0.0039	0.5190	0.0240	0.0511	0.0018	0.0221	0.0013	-0.07645	321	11	428	14	1043	90	321.0	11.0	25.00
C8-A-1601_58	0.1620	0.0280	0.2350	0.0350	0.0102	0.0006	0.0383	0.0053	-0.48804	65.4	4	213	28	2400	290	65.4	4.0	69.30
C8-A-1601_59	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN		NAN	no value	NAN	no value	NAN	#iVALOR!		#iVALOR!
C8-A-1601_60	0.5800	0.1900	1.4600	0.2800	0.0181	0.0033	0.1910	0.0730	0.34133	116	21	890	130	4460	500	4460.0	21.0	86.97
C8-A-1601_61	0.1127	0.0021	2.6500	0.1600	0.1721	0.0093	0.0759	0.0036	0.94206	1022	51	1309	45	1839	34	1839.0	51.0	21.93
C8-A-1601_62	0.1330	0.0280	0.1200	0.0230	0.0066	0.0006	0.0374	0.0077	0.40504	42.3	4.1	114	20	1950	350	42.3	4.1	62.89
C8-A-1601_63	0.0707	0.0020	1.4010	0.0420	0.1444	0.0033	0.0439	0.0020	0.082108	869	19	889	18	943	59	869.0	19.0	2.25
C8-A-1601_64	0.0817	0.0038	0.4750	0.0200	0.0418	0.0012	0.0446	0.0026	0.11777	264.2	7.4	394	14	1245	92	264.2	7.4	32.94
C8-A-1601_65	0.0536	0.0046	0.3360	0.0290	0.0447	0.0014	0.0149	0.0011	-0.11391	281.8	8.7	292	22	330	190	281.8	8.7	3.49
C8-A-1601_66	0.0506	0.0013	0.2785	0.0079	0.0399	0.0008	0.0120	0.0006	-0.20863	252.3	5.1	249.3	6.3	221	55	252.3	5.1	-1.20

SAMPLE	207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th			Rho	206Pb/238U		207Pb2/35U		207Pb2/206Pb		Best age (Ma)		Disc %
	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs		±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs		
C8-A-1601_67	0.0713	0.0017	1.4570	0.0500	0.1491	0.0053	0.0517	0.0047	0.49855	896	30	913	21	963	49	896.0	30.0	1.86	
C8-A-1601_68	0.0699	0.0028	1.3140	0.0510	0.1334	0.0037	0.0389	0.0023	0.003452	807	21	851	22	955	68	807.0	21.0	5.17	
C8-A-1601_69	0.0649	0.0089	0.0589	0.0074	0.0067	0.0004	0.0143	0.0034	-0.13644	42.8	2.4	57.9	7.1	600	290	42.8	2.4	26.08	
C8-A-1601_70	0.0615	0.0032	0.8130	0.0470	0.0973	0.0027	0.0323	0.0020	0.17758	599	16	607	25	630	120	599.0	16.0	1.32	
C8-A-1601_71	0.0634	0.0089	0.0715	0.0093	0.0082	0.0004	0.0062	0.0014	-0.02803	52.8	2.6	71.1	8.6	580	290	52.8	2.6	25.74	
C8-A-1601_72	0.1318	0.0034	6.5000	0.2000	0.3616	0.0074	0.0978	0.0046	0.31886	1990	35	2045	27	2119	45	2119.0	35.0	2.69	
C8-A-1601_73	0.1284	0.0048	2.2400	0.1200	0.1304	0.0055	0.0831	0.0046	0.60638	790	31	1192	37	2069	67	2069.0	31.0	33.72	
CH1_20	0.0501	0.0018	0.1719	0.0066	0.0250	0.0006	0.0070	0.0008	0.02261	159.3	3.8	160.9	5.7	186	79	159.3	3.8	0.99	
CH1_21	0.0607	0.0086	0.0810	0.0110	0.0096	0.0005	0.0079	0.0016	0.1437	61.2	3	78	11	640	280	61.2	3.0	21.54	
CH1_22	0.0684	0.0049	0.0578	0.0039	0.0059	0.0002	0.0100	0.0017	0.33079	37.9	1.4	57	3.7	880	130	37.9	1.4	33.51	
CH1_23	0.0891	0.0078	0.0688	0.0052	0.0056	0.0002	0.0128	0.0018	-0.10917	35.7	1.5	67.5	4.9	1370	170	35.7	1.5	47.11	
CH1_24	0.0476	0.0035	0.0357	0.0027	0.0054	0.0002	0.0019	0.0006	0.19412	34.8	1.1	35.6	2.7	70	160	34.8	1.1	2.25	
CH1_25	0.0565	0.0066	0.0406	0.0044	0.0052	0.0002	0.0035	0.0008	-0.0378	33.4	1.3	40.4	4.3	380	260	33.4	1.3	17.33	
CH1_26	0.0543	0.0069	0.0262	0.0036	0.0035	0.0001	0.0014	0.0001	0.46315	22.49	0.89	26.2	3.5	420	250	22.5	0.9	14.16	
CH1_27	0.1370	0.0230	0.0592	0.0062	0.0034	0.0002	0.0028	0.0005	0.003008	21.9	1.2	58.3	5.9	2100	230	21.9	1.2	62.44	
CH1_28	-0.5000	2.1000	1.9200	0.7300	0.0450	0.0210	0.1510	0.0670	0.4597	270	120	950	200	-42000	91000	270.0	.0	71.58	
CH1_29	0.0489	0.0034	0.0385	0.0028	0.0058	0.0002	0.0021	0.0003	-0.07049	37	1.3	38.3	2.7	110	140	37.0	1.3	3.39	
CH1_30	0.6390	0.0700	1.0850	0.0950	0.0127	0.0012	0.0330	0.0034	0.32403	81.4	7.5	748	44	4600	160	4600.0	7.5	89.12	
CH1_31	0.0482	0.0033	0.0351	0.0022	0.0054	0.0002	0.0028	0.0006	0.026474	34.5	1	35	2.2	90	140	34.5	1.0	1.43	
CH1_32	0.8010	0.0500	6.5300	0.2900	0.0598	0.0036	0.1530	0.0110	0.34012	374	22	2045	41	4960	110	4960.0	22.0	81.71	
CH1_33	0.0662	0.0086	0.0519	0.0074	0.0054	0.0003	0.0075	0.0010	0.10776	34.6	1.8	51.3	7.1	840	300	34.6	1.8	32.55	
CH1_34	0.0486	0.0035	0.0365	0.0027	0.0055	0.0001	0.0020	0.0002	0.59779	35.32	0.81	36.3	2.7	200	150	35.3	0.8	2.70	
CH1_35	0.7110	0.0620	1.9900	0.1200	0.0205	0.0016	0.0482	0.0033	0.075776	130.7	9.9	1115	39	4790	160	4790.0	9.9	88.28	
CH1_36	0.1160	0.0130	0.0880	0.0120	0.0054	0.0004	0.0166	0.0031	0.42919	34.6	2.6	85	11	1840	200	34.6	2.6	59.29	
CH1_37	0.0870	0.0160	0.1850	0.0300	0.0156	0.0013	0.0153	0.0026	-0.24462	99.5	8.2	170	26	1220	380	99.5	8.2	41.47	

SAMPLE	207Pb/206P		207Pb/235		206Pb/238		208Pb/232T			206Pb/23		207Pb235		207Pb206P		Best age		Disc %
	b	±2s abs	U	±2s abs	U	±2s abs	h	±2s abs	Rho	8U	±2s	U	±2s	b	±2s	(Ma)	±2s	
Pepechuca																		
Zircon_29 PEP-2a	0.0559	0.0031	0.5570	0.0340	0.0725	0.0029	0.0238	0.0015	0.37013	451	18	455	22	470	130	451.0	18.0	0.88
Zircon_30	0.0514	0.0023	0.2014	0.0091	0.0295	0.0010	0.0170	0.0015	0.1907	187.3	6.4	187.6	7.7	260	100	187.3	6.4	0.16
Zircon_31	0.0881	0.0026	1.2540	0.0570	0.1015	0.0042	0.0646	0.0032	0.25155	623	24	824	28	1394	56	623.0	24.0	24.39
Zircon_32	0.0507	0.0030	0.2140	0.0120	0.0310	0.0009	0.0114	0.0013	-0.00673	196.9	5.4	196	10	190	130	196.9	5.4	-0.46
Zircon_33	0.0507	0.0029	0.2010	0.0110	0.0286	0.0007	0.0101	0.0006	0.002528	181.8	4.6	184.9	8.8	260	120	181.8	4.6	1.68
Zircon_35	0.1390	0.0950	0.6000	4.7000	0.0310	0.0380	0.3000	1.9000	0.39612	200	200	470	400	2190	400	200.0	200.0	57.45
Zircon_36	0.0538	0.0038	0.2270	0.0160	0.0310	0.0010	0.0122	0.0013	0.21463	196.7	6.5	207	13	370	150	196.7	6.5	4.98
Zircon_37	0.0516	0.0023	0.2131	0.0083	0.0303	0.0008	0.0103	0.0013	-0.1264	192.2	4.7	195.8	6.9	258	97	192.2	4.7	1.84
Zircon_38	0.0507	0.0021	0.1956	0.0092	0.0285	0.0007	0.0138	0.0021	0.30279	181.4	4.5	181.1	7.7	208	91	181.4	4.5	-0.17
Zircon_39	0.0507	0.0030	0.1910	0.0110	0.0277	0.0007	0.0092	0.0007	-0.15687	176.2	4.5	177.2	9.3	200	110	176.2	4.5	0.56
Zircon_40	0.0538	0.0035	0.1940	0.0130	0.0273	0.0013	0.0104	0.0008	0.1101	173.9	8.4	179	11	310	130	173.9	8.4	2.85
Zircon_41	0.0530	0.0230	0.2000	0.0460	0.0281	0.0011	0.0108	0.0056	0.21379	178.9	7.2	185	33	270	320	178.9	7.2	3.30
Zircon_42	0.0510	0.0110	0.2140	0.0650	0.0285	0.0012	0.0110	0.0150	0.33468	181.3	7.8	196	44	410	240	181.3	7.8	7.50
Zircon_43	0.0550	0.0130	0.2210	0.0710	0.0288	0.0012	0.0110	0.0100	0.18348	183	7.4	202	43	390	240	183.0	7.4	9.41
Zircon_44	0.0501	0.0020	0.2293	0.0076	0.0328	0.0010	0.0137	0.0019	0.35089	208.2	6	209.5	6.3	191	85	208.2	6.0	0.62
Zircon_45	0.0930	0.0032	1.1700	0.1300	0.0906	0.0086	0.0618	0.0034	0.38695	559	50	786	54	1496	65	559.0	50.0	28.88
Zircon_46	0.0573	0.0039	0.2580	0.0360	0.0320	0.0022	0.0149	0.0028	0.1851	203	14	233	26	490	120	203.0	14.0	12.88
Zircon_47	0.1610	0.0700	0.5000	4.1000	0.0240	0.0320	0.2900	0.2100	-0.0526	150	170	440	340	2480	310	150.0	170.0	65.91
Zircon_48	0.0681	0.0038	0.8300	0.1200	0.0874	0.0042	0.0300	0.0130	0.074308	540	24	615	45	868	82	540.0	24.0	12.20
Zircon_49	0.0510	0.0290	0.2100	0.2500	0.0298	0.0021	0.0120	0.0410	-0.26749	189	13	189	94	190	370	189.0	13.0	0.00
Zircon_50	0.0574	0.0047	0.3640	0.0300	0.0458	0.0016	0.0237	0.0016	0.36376	288.5	9.8	315	20	480	130	288.5	9.8	8.41
Zircon_51	0.0510	0.0026	0.1839	0.0087	0.0264	0.0008	0.0103	0.0010	-0.09523	168	4.7	171.2	7.4	280	100	168.0	4.7	1.87
Zircon_52	0.0700	0.0110	0.3260	0.0660	0.0338	0.0012	0.0182	0.0020	-0.30691	213.9	7.5	285	40	890	220	213.9	7.5	24.95
Zircon_53	0.0847	0.0071	0.3470	0.0240	0.0297	0.0011	0.0238	0.0028	0.11826	188.8	7.1	301	18	1240	150	188.8	7.1	37.28
Zircon_54	0.0561	0.0043	0.2260	0.0140	0.0292	0.0011	0.0104	0.0009	0.23691	185.6	7.2	206	12	410	170	185.6	7.2	9.90
Zircon_56	0.0561	0.0037	0.4770	0.0210	0.0605	0.0017	0.0294	0.0014	0.065124	378	10	395	14	440	110	378.0	10.0	4.30

SAMPLE	207Pb/206P		207Pb/235		206Pb/238		208Pb/232T			206Pb/23		207Pb235		207Pb206P		Best age		Disc %
	b	±2s abs	U	±2s abs	U	±2s abs	h	±2s abs	Rho	8U	±2s	U	±2s	b	±2s	(Ma)	±2s	
Zircon_57	0.0521	0.0043	0.2120	0.0140	0.0295	0.0010	0.0108	0.0013	-0.1421	187.3	6.2	195	12	240	150	187.3	6.2	3.95
Zircon_58	0.0512	0.0027	0.2440	0.0120	0.0347	0.0011	0.0143	0.0009	0.29005	220.1	6.9	223	9.6	220	110	220.1	6.9	1.30
Zircon_59	0.0632	0.0035	0.1950	0.0150	0.0225	0.0014	0.0191	0.0012	-0.06144	143.2	8.6	180	12	730	120	143.2	8.6	20.44
Zircon_60	0.0660	0.0023	0.4580	0.0170	0.0504	0.0015	0.0265	0.0013	-0.1191	316.8	9.3	383	12	816	74	316.8	9.3	17.28
Zircon_61	0.0594	0.0041	0.3500	0.0150	0.0422	0.0017	0.0225	0.0027	0.001128	267	11	304	12	590	130	267.0	11.0	12.17
Zircon_62	0.0523	0.0032	0.2170	0.0120	0.0286	0.0008	0.0110	0.0012	0.19361	181.6	5	198.7	9.9	310	120	181.6	5.0	8.61
Zircon_64_Pep-2	0.0764	0.0032	0.3310	0.0540	0.0312	0.0050	0.0195	0.0021	0.31407	198	31	290	35	1155	79	198.0	31.0	31.72
Pep-7																		
Zircon_65_Pep-7	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	no value		no value		no value				
Zircon_66	0.1539	0.0054	3.8100	0.4800	0.1780	0.0200	0.1048	0.0090	0.88014	1060	110	1591	80	2406	62	2406.0	110.0	33.38
Zircon_67	0.4810	0.0700	5.1000	5.0000	0.0810	0.0450	0.1000	0.1800	-0.27139	500	240	1820	330	4100	230	4100.0	240.0	72.53
Zircon_68	0.0640	0.0240	0.7000	1.8000	0.0840	0.0180	0.0300	0.6400	0.3105	522	76	560	150	740	270	522.0	76.0	6.79
Zircon_69	0.0814	0.0033	2.2540	0.0840	0.2016	0.0054	0.0614	0.0030	0.084615	1184	29	1198	26	1209	88	1184.0	29.0	1.17
Zircon_70	0.1208	0.0036	2.1190	0.0500	0.1260	0.0041	0.0622	0.0032	0.028084	768	24	1154	17	1960	50	768.0	24.0	33.45
Zircon_71	0.1480	0.0140	2.3200	0.1700	0.1130	0.0034	0.1510	0.0110	0.049731	690	20	1216	46	2330	120	2330.0	20.0	43.26
Zircon_72	0.0595	0.0020	0.7860	0.0250	0.0944	0.0023	0.0299	0.0012	-0.1779	581	13	589	13	578	65	581.0	13.0	1.36
Zircon_73	0.0738	0.0016	1.7320	0.0350	0.1669	0.0040	0.0540	0.0026	0.16479	995	22	1020	13	1028	44	995.0	22.0	2.45
Zircon_74	0.0860	0.0030	1.7460	0.0490	0.1461	0.0033	0.0674	0.0039	0.064649	879	18	1025	19	1330	64	879.0	18.0	14.24
Zircon_75	0.0565	0.0018	0.5810	0.0160	0.0742	0.0017	0.0223	0.0010	-0.25629	461	10	464	10	458	70	461.0	10.0	0.65
Zircon_76	0.1203	0.0025	2.5840	0.0690	0.1564	0.0043	0.0565	0.0023	0.77095	937	24	1294	20	1961	37	1961.0	24.0	27.59
Zircon_77	0.0663	0.0079	0.4040	0.0430	0.0432	0.0015	0.0181	0.0016	-0.07308	272.9	9.1	338	30	800	230	272.9	9.1	19.26
Zircon_78	0.8300	0.1300	383.0000	40.0000	3.4100	0.4000	1.4000	0.3000	0.029013	9520	580	6030	110	5020	290	5020.0	580.0	-57.88
Zircon_79	0.0617	0.0016	0.8620	0.0190	0.1023	0.0023	0.0306	0.0011	-0.10881	628	14	631	10	666	55	628.0	14.0	0.48
Zircon_80	0.0626	0.0016	0.9060	0.0180	0.1052	0.0024	0.0331	0.0013	0.06655	645	14	656.5	9.4	696	53	645.0	14.0	1.75
Zircon_81	0.0587	0.0023	0.5710	0.0190	0.0719	0.0018	0.0228	0.0010	0.065018	448	10	458	12	541	78	448.0	10.0	2.18
Zircon_82	0.1014	0.0041	1.2040	0.0410	0.0858	0.0026	0.0390	0.0016	0.33734	530	16	800	20	1672	72	530.0	16.0	33.75
Zircon_83	0.0660	0.0021	1.1450	0.0320	0.1270	0.0029	0.0406	0.0017	-0.01125	771	16	774	15	797	62	771.0	16.0	0.39
Zircon_84	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	no value								

SAMPLE	207Pb/206P		207Pb/235		206Pb/238		208Pb/232T			206Pb/23		207Pb235		207Pb206P		Best age		
	b	±2s abs	U	±2s abs	U	±2s abs	h	±2s abs	Rho	8U	±2s	U	±2s	b	±2s	(Ma)	±2s	Disc %
Zircon_86	0.0785	0.0017	2.1360	0.0710	0.1972	0.0059	0.0569	0.0024	0.39823	1160	32	1159	24	1154	44	1160.0	32.0	-0.09
Zircon_87	0.0568	0.0017	0.5620	0.0150	0.0717	0.0016	0.0206	0.0019	0.19605	446.5	9.8	452.5	9.2	498	64	446.5	9.8	1.33
Zircon_88	0.0526	0.0016	0.3054	0.0069	0.0422	0.0010	0.0128	0.0005	-0.10197	266.7	6	270.4	5.4	321	66	266.7	6.0	1.37
Zircon_89	0.0833	0.0017	2.1580	0.0340	0.1880	0.0043	0.0543	0.0023	0.44748	1110	23	1167	11	1272	39	1110.0	23.0	4.88
Zircon_90	0.0544	0.0026	0.4690	0.0140	0.0628	0.0020	0.0229	0.0011	0.26019	393	12	389.7	9.9	392	98	393.0	12.0	-0.85
Zircon_91	0.1142	0.0024	3.1470	0.0950	0.1992	0.0058	0.0780	0.0048	0.28221	1171	31	1446	22	1863	38	1863.0	31.0	19.02
Zircon_92	0.0911	0.0017	1.7950	0.0490	0.1411	0.0048	0.0406	0.0015	0.2958	851	27	1043	16	1445	36	851.0	27.0	18.41
Zircon_93	0.0535	0.0024	0.3050	0.0120	0.0420	0.0011	0.0120	0.0006	0.035945	265.3	7	269.8	9.1	316	99	265.3	7.0	1.67
Zircon_94	0.1230	0.0150	0.6200	0.1700	0.0379	0.0020	0.0540	0.0160	0.63249	240	12	485	48	1940	150	240.0	12.0	50.52
Zircon_95	0.0543	0.0032	0.2900	0.0160	0.0390	0.0019	0.0126	0.0014	-0.49933	246	12	258	13	370	110	246.0	12.0	4.65
Zircon_96	0.0526	0.0025	0.2810	0.0120	0.0385	0.0009	0.0118	0.0006	-0.14065	243.8	5.7	250.8	9.2	330	100	243.8	5.7	2.79
Zircon_97	0.0585	0.0032	0.7880	0.0400	0.0973	0.0027	0.0297	0.0015	-0.01205	598	16	587	24	500	120	598.0	16.0	-1.87
Zircon_98	0.2004	0.0033	13.9100	0.2300	0.5060	0.0130	0.1321	0.0056	0.33251	2640	56	2744	16	2828	27	2828.0	56.0	3.79
Zircon_99	0.2180	0.0100	9.7000	0.7000	0.3200	0.0190	0.1680	0.0300	0.32643	1789	96	2404	73	2955	66	2955.0	96.0	25.58
Zircon_100	0.0614	0.0036	0.6860	0.0330	0.0796	0.0021	0.0269	0.0013	-0.09497	494	12	529	20	690	110	494.0	12.0	6.62
Zircon_101	0.1190	0.0130	1.7900	0.1700	0.1105	0.0063	0.0790	0.0150	-0.07396	675	37	1033	52	1910	160	675.0	37.0	34.66
Zircon_102	0.0685	0.0059	1.0780	0.0940	0.1145	0.0034	0.0389	0.0045	-0.11191	699	20	748	41	900	140	699.0	20.0	6.55
Zircon_103	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	no value		no value		no value				
Zircon_104	0.0727	0.0051	1.8600	0.1300	0.1814	0.0051	0.0565	0.0058	0.32839	1074	28	1067	40	1010	110	1074.0	28.0	-0.66
Zircon_105	0.0752	0.0027	1.8470	0.0440	0.1769	0.0047	0.0563	0.0026	-0.16774	1050	26	1061	16	1077	67	1050.0	26.0	1.04
Zircon_106	0.0523	0.0038	0.3080	0.0200	0.0420	0.0012	0.0134	0.0009	-0.12579	265	7.5	272	15	320	150	265.0	7.5	2.57
Zircon_107	0.0524	0.0023	0.3040	0.0130	0.0421	0.0011	0.0129	0.0007	0.1207	265.6	7.1	268.6	9.4	289	99	265.6	7.1	1.12
Zircon_108	0.1075	0.0024	4.6020	0.0800	0.3111	0.0070	0.0890	0.0033	0.44498	1746	34	1749	15	1753	41	1753.0	34.0	0.17
Zircon_109	0.0740	0.0016	1.7880	0.0290	0.1749	0.0040	0.0528	0.0022	0.12356	1039	22	1043	11	1036	45	1039.0	22.0	0.38
Zircon_110	0.0746	0.0018	1.8750	0.0420	0.1816	0.0045	0.0548	0.0022	0.50473	1075	24	1071	15	1063	48	1075.0	24.0	-0.37
Zircon_111	0.0539	0.0039	0.3470	0.0240	0.0469	0.0013	0.0148	0.0007	0.030716	295.3	8.3	301	18	320	150	295.3	8.3	1.89
Zircon_112	0.0515	0.0023	0.2860	0.0120	0.0399	0.0010	0.0125	0.0005	-0.06478	252.3	5.9	254.6	9.2	255	95	252.3	5.9	0.90
Zircon_113	0.0519	0.0022	0.2910	0.0110	0.0404	0.0010	0.0128	0.0006	0.16305	255.5	6.4	259	9	260	92	255.5	6.4	1.35

SAMPLE	207Pb/206P b	±2s abs	207Pb/235 U	±2s abs	206Pb/238 U	±2s abs	208Pb/232T h	±2s abs	Rho	206Pb/23 8U	±2s	207Pb235 U	±2s	207Pb206P b	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon_114_Pep-7	0.0725	0.0021	1.7110	0.0340	0.1705	0.0043	0.0501	0.0023	-0.09815	1015	24	1011	14	998	57	1015.0	24.0	-0.40
Pep-8																		
Zircon_89_Pep8	0.0495	0.0034	0.0573	0.004	0.00832	0.00017	0.00333	0.0002	0.0425	53.4	1.1	56.5	3.8	383	85	53.4	1.1	5.486726
Zircon_90	0.0577	0.0039	0.0723	0.0051	0.00874	0.00023	0.00579	0.00062	0.045098	56.1	1.5	70.8	4.7	606	85	56.1	1.5	20.76271
Zircon_91	0.381	0.012	0.834	0.033	0.01563	0.0004	0.1891	0.0096	0.012121	100	2.6	615	19	3864	25	3864	25	83.73984
Zircon_92	0.105	0.014	0.122	0.019	0.00855	0.00026	0.00485	0.00054	0.013684	54.9	1.6	115	17	1520	260	54.9	1.6	52.26087
Zircon_93	0.0617	0.0045	0.0683	0.0054	0.00826	0.00023	0.00305	0.00026	0.042593	53	1.5	67	5.1	630	99	53	1.5	20.89552
Zircon_94	0.059	0.0039	0.0704	0.0048	0.00856	0.00022	0.0032	0.00027	0.045833	54.9	1.4	68.9	4.6	674	67	54.9	1.4	20.31934
Zircon_95	0.05	0.0018	0.0506	0.0024	0.00748	0.00013	0.002255	0.000099	0.054167	48.04	0.83	50.1	2.3	254	48	48.04	0.83	4.111776
Zircon_96	0.0493	0.0016	0.0515	0.0022	0.0077	0.00013	0.002418	0.00011	0.059091	49.44	0.86	51	2.2	203	39	49.44	0.86	3.058824
Zircon_97	0.417	0.03	0.962	0.6	0.01662	0.0075	0.592	1.6	0.0125	106.3	46	683	130	4001	87	4001	87	84.43631
Zircon_98	0.0503	0.0034	0.0543	0.0042	0.00808	0.00021	0.00271	0.00021	0.05	51.9	1.3	53.6	4	328	71	51.9	1.3	3.171642
Zircon_99	0.0625	0.0037	0.0617	0.0038	0.0073	0.00016	0.002256	0.00008	0.042105	46.89	1	60.8	3.6	658	99	46.89	1	22.87829
Zircon_100	0.0523	0.069	0.0579	3.7	0.00817	0.033	0.002521	0.011	0.008919	52.5	190	57.1	350	340	240	52.5	190	8.056042
Zircon_101	0.051	0.0026	0.1621	0.0083	0.02329	0.00059	0.0084	0.00051	0.071084	148.4	3.7	152.2	7.3	335	54	148.4	3.7	2.496715
Zircon_102	0.2	0.056	0.285	1.1	0.01006	0.0093	0.0307	0.28	0.008455	64.5	57	254	240	2870	210	2870	210	74.6063
Zircon_103	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	#IVALOR!	no value		no value						0.8
Zircon_104	0.0479	0.0017	0.0533	0.0024	0.008079	0.00013	0.002562	0.00012	0.054167	51.87	4	52.7	2.3	170	37	51.87	0.84	1.574953
Zircon_105	0.0483	0.0021	0.0552	0.0031	0.00832	0.00016	0.00264	0.00016	0.051613	53.43	1	54.8	2.9	275	50	53.43	1	2.5
Zircon_106	0.0743	0.0018	1.556	0.059	0.1558	0.0025	0.0466	0.0019	0.042373	933	14	958	23	1031	25	933	14	2.609603
Zircon_107	0.0728	0.0021	0.898	0.045	0.0896	0.0028	0.0375	0.0022	0.062222	553	16	649	25	982	32	553	16	14.79199
Zircon_108	0.0486	0.0025	0.0557	0.0033	0.00799	0.00015	0.00272	0.00029	0.045455	51.28	9	55	3.2	246	54	51.28	0.99	6.763636
Zircon_109	0.267	0.051	0.448	0.18	0.01169	0.0026	0.0343	0.038	0.014444	74.9	16	369	69	3300	160	3300	160	79.7019

Zircon_110	0.071	0.0091	0.08	0.01	0.00873	0.0003 9	0.00478	0.00059	0.039	56	2.5	77.7	9.6	980	170	56	2.5	27.9279 3
Zircon_111	0.0732	0.0026	1.868	0.089	0.1786	0.003 0.0002 3	0.0534	0.0024	0.033708	1059	17	1066	32	1019	39	1059	17	0.65666
Zircon_112	0.0503	0.0043	0.0564	0.005	0.00777	0.0002 3	0.00321	0.00029	0.046	49.9	1.4	55.6	4.8	450	86	49.9	1.4	10.2518 16.6959
Zircon_113	0.0531	0.0077	0.0577	0.013	0.00737	0.0006 9	0.0042	0.0012	0.053077	47.4	4.4	56.9	11	346	160	47.4	4.4	46.8871 6
Zircon_114	0.0865	0.0068	0.1069	0.0088	0.00851	0.0002 4	0.0105	0.001	0.027273	54.6	1.5	102.8	8	1350	110	54.6	1.5	13.6206 6
Zircon_115	0.0516	0.0034	0.0588	0.004	0.0078	0.0001 9	0.0029	0.00017	0.0475	50.1	1.2	58	3.9	307	80	50.1	1.2	9.16808 9
Zircon_116_Pep 8	0.0485	0.0025	0.0591	0.0032	0.00833	0.0001 7	0.00332	0.00022	0.053125	53.5	1.1	58.9	3.1	305	51	53.5	1.1	1

CIRCÓN	t (age, Ma)	176Hf/177Hf	2SE	176Lu/177Hf	2SE	176Hf/177Hf	176Hf/177Hf _{CH}	176Lu/177Hf _{CH}	176Hf/177H	176Lu/177Hf _{DM}	176Lu/177Hf _{DM}	176Lu/177Hf _c	±2SE	T _{DM}	T _{DM} ^{C*}	
		Hf		zirc		Hf _t	UR, i	UR, i	f _{DM}	Hf _{DM}	77Hf _c	εHf(0)	εHf(0)	εHf(t)		
PEPECHUCA																
Zircon_29 PEP-2a	451.0	0.282457	0.00002 ₉	0.00116	0.00001 ₁	0.282447	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.60	1.03	-1.90	1128.6	1525.4
Zircon_30	187.3	0.28255	0.0001	0.001772	0.00002 ₃	0.282544	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.31	3.54	-4.37	1014.0	1475.7
Zircon_31	623.0	0.282247	0.00003	0.001286	7.2E-06	0.282232	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-19.03	1.06	-5.66	1428.3	1894.7
Zircon_32	196.9	0.282485	0.00003 ₃	0.001648	0.00004 ₅	0.282479	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.61	1.17	-6.45	1103.5	1613.9
Zircon_33	181.8	0.282532	0.00003 ₁	0.001915	0.00002 ₇	0.282525	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.95	1.10	-5.14	1043.8	1519.9
Zircon_36	196.7	0.282546	0.00002 ₉	0.001648	0.00005 ₅	0.282540	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.45	1.03	-4.30	1016.3	1478.4
Zircon_37	192.2	0.282526	0.00003 ₃	0.002135	0.00002	0.282518	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.16	1.17	-5.16	1058.8	1529.3
Zircon_38	181.4	0.282523	0.00003 ₇	0.001775	0.00003 ₉	0.282517	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.26	1.31	-5.45	1052.8	1539.1
Zircon_39	176.2	0.282455	0.00005 ₂	0.001958	0.00002	0.282449	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.67	1.84	-7.99	1155.9	1694.3
Zircon_40	173.9	0.28259	0.00007 ₁	0.001673	0.00002	0.282585	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.90	2.51	-3.23	954.0	1393.2
Zircon_41	178.9	0.282537	0.00004 ₃	0.001554	0.00004 ₈	0.282532	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.77	1.52	-4.98	1026.6	1507.6
Zircon_42	181.3	0.282386	0.00008 ₂	0.00309	0.00062	0.282376	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-14.11	2.90	-10.46	1294.8	1852.8
Zircon_43	183.0	0.282476	0.00007 ₆	0.00148	0.00003 ₄	0.282471	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.93	2.69	-7.04	1111.3	1640.4
Zircon_44	208.2	0.282567	0.00004 ₂	0.001047	4.6E-06	0.282563	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.71	1.49	-3.23	970.5	1420.0
Zircon_45	559.0	0.282402	0.00004 ₉	0.00281	0.00011	0.282373	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-13.54	1.73	-2.12	1261.2	1623.5
Zircon_46	203.0	0.282406	0.00006 ₂	0.001767	0.00005 ₈	0.282399	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-13.40	2.19	-9.13	1220.0	1786.7
Zircon_48	540.0	0.28235	0.00003 ₇	0.000599	0.00001 ₂	0.282344	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-15.38	1.31	-3.56	1260.3	1698.8
Zircon_49	189.0	0.282483	0.00004 ₈	0.001632	0.00004 ₁	0.282477	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.68	1.70	-6.69	1105.8	1622.6
Zircon_50	288.5	0.282478	0.00007	0.001516	7.3E-06	0.282470	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.86	2.48	-4.73	1109.5	1577.0
Zircon_51	168.0	0.28259	0.00012	0.00285	0.00013	0.282581	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.90	4.24	-3.48	985.3	1404.8
Zircon_52	213.9	0.282678	0.00006 ₅	0.001063	0.00002 ₂	0.282674	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.78	2.30	0.82	814.3	1168.8
Zircon_54	185.6	0.282533	0.00004 ₈	0.001705	0.00001 ₆	0.282527	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.91	1.70	-5.00	1036.5	1514.0
Zircon_56	378.0	0.28255	0.00037	0.001753	0.00002 ₄	0.282538	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.31	13.08	-0.33	1013.4	1369.9
Zircon_57	187.3	0.282496	0.00005 ₂	0.001779	0.00001 ₃	0.282490	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.22	1.84	-6.28	1091.6	1595.9
Zircon_58	220.1	0.28264	0.00007 ₃	0.002093	0.00002	0.282631	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-5.13	2.58	-0.54	892.4	1259.7
Zircon_59	143.2	0.28259	0.00021	0.0029	0.00005 ₁	0.282582	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.90	7.43	-3.99	986.7	1417.6

CIRCÓN	t (age, Ma)	176Hf/177Hf	ZSE	176Lu/177Hf	ZSE	176Hf/177Hf	176Hf/177Hf _{CH}	176Lu/177Hf _{CH}	176Hf/177Hf	176Lu/177Hf	176Lu/177Hf	±2SE	±2SE	±2SE	T _{DM}	T _{DM} ^{C*}
		Hf	zirc	zirc	Hf _t	UR, i	UR, i	UR, i	f _{DM}	Hf _{DM}	77Hf _C	εHf(0)	εHf(0)	εHf(t)		
Zircon_60	316.8	0.282456	0.00003 5	0.001821	0.00002 0.00005	0.282445	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.63	1.24	-4.97	1150.2	1613.9
Zircon_61	267.0	0.28255	0.00012 0.00005	0.001654	0.00002 7	0.282542	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.31	4.24	-2.67	1010.7	1430.3
Zircon_62	181.6	0.282622	0.00005 1	0.002339	0.00002 8	0.282614	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-5.76	1.80	-2.01	924.7	1322.6
PEP-2A																
Zircon_64_Pep-2A	198.0	0.282483	0.00004 8	0.00181	0.00003 1	0.282476	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.68	1.70	-6.52	1111.2	1619.1
Zircon_69	1184.0	0.282174	0.00005 7	0.000979	0.00001 5	0.282152	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-21.61	2.02	4.19	1518.4	1717.8
Zircon_72	581.0	0.282265	0.00004 1	0.001596	0.00001 3	0.282248	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-18.39	1.45	-6.05	1414.7	1886.4
Zircon_73	995.0	0.282075	0.00003 4	5.07E-05	0.00000 4	0.282074	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-25.11	1.20	-2.87	1616.5	2009.8
Zircon_74	879.0	0.282288	0.00003 4	0.000547	3.3E-06	0.282279	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-17.58	1.20	1.77	1344.2	1629.6
Zircon_75	461.0	0.282529	0.00003 5	0.002222	0.00001 0.00006	0.282510	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.05	1.24	0.54	1056.9	1379.6
Zircon_76	1961.0	0.281512	0.00006 3	0.001008	0.00006 8	0.281474	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-45.02	2.23	-2.05	2433.5	2714.0
Zircon_77	272.9	0.28251	0.00011 0.00002	0.000824	5.6E-06	0.282506	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.72	3.89	-3.81	1044.6	1506.7
Zircon_79	628.0	0.282521	0.00002 9	0.000447	2.1E-06	0.282516	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.34	1.03	4.50	1019.1	1260.8
Zircon_80	645.0	0.282541	0.00003 6	0.000552	2.5E-06 0.00002	0.282534	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.63	1.27	5.54	994.1	1208.5
Zircon_81	448.0	0.282414	0.00006 5	0.001927	0.00002 8	0.282398	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-13.12	2.30	-3.72	1213.8	1637.0
Zircon_83	771.0	0.282013	0.00006	0.001553	0.00001	0.281990	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-27.30	2.12	-10.89	1768.6	2333.6
Zircon_86	1160.0	0.282318	0.00002 9	0.001942	0.00007 2	0.282275	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-16.51	1.03	8.02	1352.0	1458.9
Zircon_87	446.5	0.282521	0.00004 4	0.002965	0.00007 0.00001	0.282496	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.34	1.56	-0.27	1090.7	1419.1
Zircon_88	266.7	0.282469	0.00008 0.00008	0.00197	0.00001 8	0.282459	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.17	2.83	-5.59	1136.1	1614.2
Zircon_89	1110.0	0.282039	0.00008 3	0.001649	0.00006 0.00009	0.282004	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-26.38	2.94	-2.73	1736.5	2090.7
Zircon_90	393.0	0.282543	0.00009 0.00006	0.002551	0.00005 7	0.282524	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.56	3.18	-0.47	1046.0	1390.3
Zircon_91	1863.0	0.281859	0.00006 7	0.001029	0.00005 3	0.281823	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-32.75	2.37	8.05	1957.4	2013.7
Zircon_92	851.0	0.28183	0.00062 0.00002	0.000389	0.00001 8	0.281824	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-33.77	21.92	-14.99	1964.5	2648.2
Zircon_93	265.3	0.282553	0.00002 6	0.001032	7.5E-06	0.282548	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.20	0.92	-2.49	989.8	1417.7
Zircon_94	240.0	0.282495	0.00008 5	0.00174	0.00014 0.00003	0.282487	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.26	3.01	-5.20	1091.9	1568.7
Zircon_95	246.0	0.282525	0.00002 8	0.000833	0.00003 1	0.282521	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.19	0.99	-3.86	1023.8	1489.3
Zircon_96	243.8	0.282564	0.00003 4	0.00166	0.00005 2	0.282556	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.82	1.20	-2.66	990.9	1412.1

CIRCÓN	t (age, Ma)	176Hf/177Hf		176Lu/177Hf		176Hf/177Hf		176Hf/177Hf _{CH}		176Lu/177Hf _{CH}		176Hf/177Hf		176Lu/177Hf		176Lu/177Hf		±2SE	
		Hf	ZSE	zirc	ZSE	Hf _t	UR, i	UR, i	f _{DM}	Hf _{DM}	77Hf _c	εHf(0)	εHf(0)	εHf(t)	T _{DM}	T _{DM} ^{C*}			
Zircon_97	598.0	0.282369	0.000054	0.000929	0.000029	0.282359	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-14.71	1.91	-1.74	1244.7	1629.9			
Zircon_98	2828.0	0.281139	0.000051	0.001011	0.000032	0.281084	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-58.21	1.80	4.30	2941.8	3009.8			
Zircon_100	494.0	0.282181	0.000049	0.000876	0.000025	0.282173	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-21.36	1.73	-10.65	1504.6	2105.4			
Zircon_101	675.0	0.282219	0.000037	7.64E-05	2.9E-06	0.282218	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-20.02	1.31	-4.99	1421.9	1892.9			
Zircon_102	699.0	0.282197	0.000045	3.21E-05	1.7E-06	0.282197	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-20.79	1.59	-5.21	1450.2	1925.2			
Zircon_104	1074.0	0.282226	0.000026	0.000509	9.1E-06	0.282250	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-18.57	0.92	5.15	1381.5	1571.0			
Zircon_105	1050.0	0.282295	0.000098	0.000547	6.8E-06	0.282284	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-17.33	3.47	5.83	1334.5	1509.5			
Zircon_106	265.0	0.282539	0.000026	0.000681	0.000015	0.282536	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.70	0.92	-2.93	1000.2	1445.2			
Zircon_107	265.6	0.2825	0.000029	0.000895	7.4E-06	0.282496	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.08	1.03	-4.33	1060.5	1534.1			
Zircon_108	1753.0	0.281614	0.000072	0.001504	0.000052	0.281564	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-41.41	2.55	-3.66	2323.8	2650.3			
Zircon_109	1039.0	0.282101	0.000032	0.001383	0.000018	0.282074	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-24.19	1.13	-1.88	1637.3	1982.4			
Zircon_110	1075.0	0.282048	0.000064	0.001502	0.000052	0.282018	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-26.06	2.26	-3.06	1717.0	2083.9			
Zircon_111	295.3	0.282665	0.000034	0.001466	0.000003	0.282657	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-4.24	1.20	2.04	841.7	1155.2			
Zircon_112	252.3	0.282565	0.000026	0.000727	0.000014	0.282562	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.78	0.92	-2.29	965.2	1395.4			
Zircon_113	255.5	0.28253	0.000026	0.000562	0.000011	0.282527	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.02	0.92	-3.43	1009.6	1469.7			
Zircon_114_Pe p-7	1015.0	0.282208	0.000031	0.000562	2.4E-06	0.282197	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-20.40	1.10	1.95	1455.1	1724.8			
PEP-8																			
Zircon_89_Pep 8	53.4	0.282688	0.000044	0.006195	0.000045	0.282682	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.43	1.56	-2.46	926.6	1251.6			
Zircon_90	56.1	0.282686	0.000033	0.002161	0.000053	0.282684	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.50	1.06	-2.34	827.2	1245.6			
Zircon_93	53	0.28272	0.000123	0.001586	0.000005	0.282718	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-2.30	4.24	-1.18	765.6	1169.9			
Zircon_94	54.9	0.282688	0.000033	0.001642	0.000044	0.282686	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.43	1.17	-2.27	812.7	1240.6			
Zircon_95	48.04	0.282677	0.000033	0.002032	0.000016	0.282675	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.82	1.17	-2.82	837.3	1269.8			
Zircon_96	49.44	0.282713	0.000026	0.00191	0.000019	0.282711	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-2.55	0.92	-1.51	782.5	1188.2			
Zircon_98	51.9	0.28268	0.000064	0.001709	0.000035	0.282678	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.71	2.26	-2.62	825.7	1260.3			
Zircon_101	148.4	0.282685	0.000035	0.00188	0.000041	0.282680	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.54	1.24	-0.42	822.3	1196.5			
Zircon_104	51.87	0.282742	0.000046	0.001673	0.000016	0.282740	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-1.52	1.41	-0.43	735.8	1121.4			
Zircon_105	53.43	0.282673	0.000028	0.001632	0.000016	0.282671	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.96	0.99	-2.83	834.0	1274.9			

CIRCÓN	t (age, Ma)	176Hf/177Hf	2SE	176Lu/177Hf	2SE	176Hf/177Hf	176Hf/177Hf _{CH}	176Lu/177Hf _{CH}	176Hf/177H	176Lu/177	176Lu/177Hf _C	±2SE	εHf(t)	T _{DM}	T _{DM} ^{C*}	
		Hf	zirc	Hf _t	UR, i	UR, i	f _{DM}	Hf _{DM}	77Hf _C	εHf(0)	εHf(0)	εHf(t)	T _{DM}	T _{DM} ^{C*}		
Zircon_106	933	0.282201	0.000028	0.000627	4.5E-06	0.282190	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-20.65	0.99	-0.16	1467.2	1792.7
Zircon_107	553	0.282371	0.000034	0.001011	0.000006	0.282361	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-14.64	1.20	-2.68	1244.6	1653.9
Zircon_108	51.28	0.282703	0.000025	0.001538	0.000008	0.282702	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-2.90	0.88	-1.81	789.0	1208.8
Zircon_110	56	0.282698	0.000038	0.000937	4.7E-06	0.282697	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.08	1.34	-1.87	783.5	1215.9
Zircon_111	1059	0.282694	0.000033	0.000864	4.7E-06	0.282677	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.22	1.17	19.95	787.6	622.9
Zircon_112	49.9	0.282678	0.000048	0.00186	8.4E-06	0.282676	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.78	1.70	-2.74	832.0	1266.2
Zircon_113	47.4	0.282711	0.000057	0.001787	0.000015	0.282709	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-2.62	1.77	-1.62	782.8	1193.6
Zircon_115	50.1	0.282868	0.000097	0.00329	0.00011	0.282865	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	2.94	3.43	3.94	579.6	842.6
Zircon_116_Pe p8	53.5	0.282715	0.000025	0.00159	8.9E-06	0.282713	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-2.48	0.88	-1.34	772.9	1180.8

	t (age, Ma)	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	2SE	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf _i	2SE	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf _t	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf _{CHUR, i}	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf _{CHUR, i}	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf _{DB}	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf _{DM}	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf _c	±2SE εHf(0)	±2SE εHf(t)	T _{DM}	T _{DM} C ⁺	
CHALCATZINGO																
Zircon_01_Chalc-16	230.4	0.282421	0.00005	0.001047	0.000024	0.2824164866	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-12.87	1.77	-7.91	1175.7	1731.6
Zircon_02	41.5	0.281715	0.00005	0.000734	0.000025	0.2817144311	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-37.84	1.77	-36.94	2139.5	3379.4
Zircon_03	709.0	0.282289	0.000033	0.000344	0.00003	0.2822844162	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-17.54	1.17	-1.87	1335.8	1724.6
Zircon_05	271.0	0.282473	0.000034	0.001011	0.000073	0.2824678718	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.03	1.20	-5.19	1101.7	1592.2
Zircon_06	608.0	0.281959	0.000032	0.0007	4.9E-06	0.2819510088	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-29.21	1.13	-15.95	1803.5	2521.1
Zircon_07	67.0	0.28096	0.0005	0.000835	0.000012	0.2809589549	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-64.54	17.68	-63.10	3169.5	4963.9
Zircon_08	283.0	0.282551	0.000068	0.001155	0.00003	0.2825448813	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.27	2.40	-2.20	995.9	1413.3
Zircon_11	187.0	0.282346	0.000049	0.001629	0.00005	0.282340	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-15.52	1.73	-11.57	1300.9	1927.1
Zircon_12	474.0	0.28224	0.000041	0.000778	6.5E-06	0.282233	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-19.27	1.45	-8.97	1419.0	1985.2
Zircon_13	224.0	0.28239	0.00005	0.00052	4.2E-06	0.282388	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-13.97	1.77	-9.07	1202.4	1799.1
Zircon_14	64.0	0.282581	0.000057	0.000114	0.00002	0.282581	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.21	2.02	-5.80	927.8	1470.2
Zircon_16	553.0	0.282365	0.000056	0.001288	0.000021	0.282352	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-14.85	1.98	-3.00	1262.3	1673.6
Zircon_19	45.8	0.282441	0.000059	0.000595	0.000011	0.282440	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-12.16	2.09	-11.17	1134.1	1793.2
Zircon_20	435.0	0.28255	0.00011	0.000679	0.000023	0.282544	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.31	3.89	1.18	984.9	1318.6
Zircon_24	1785	0.282033	0.000048	0.000917	0.000063	0.282002	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-26.59	1.70	12.62	1711.4	1667.1
Zircon_25	41.0	0.282484	0.00005	0.000066	0.00002	0.282484	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.64	1.77	-9.74	1059.7	1699.9
Zircon_26	441.0	0.282356	0.000039	0.001502	0.000036	0.282344	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-15.17	1.38	-5.79	1282.3	1761.6
Zircon_27_Chalc 16	154.2	0.282356	0.000039	0.001673	0.000037	0.282351	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-15.17	1.38	-11.92	1288.2	1923.4
CHALC-15A																
Zircon_116	565.0	0.282224	0.000084	0.002239	0.000044	0.282200	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-19.84	2.97	-8.09	1498.6	2000.9
Zircon_117	753.0	0.282463	0.000028	0.000688	0.000031	0.282453	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.39	0.99	5.10	1106.3	1321.2
Zircon_120	59.7	0.282595	0.000069	0.000402	0.000011	0.282595	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.72	2.44	-5.41	915.4	1442.4
Zircon_123	40.5	0.282525	0.000027	0.000374	0.000026	0.282525	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.19	0.95	-8.31	1011.6	1609.7
Zircon_124	32.9	0.28257	0.00041	0.000511	0.00002	0.282570	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.60	14.50	-6.88	952.8	1514.5
Zircon_125	46.9	0.282596	0.000035	0.000562	0.000025	0.282596	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.68	1.24	-5.66	917.9	1448.3
Zircon_126	41.8	0.282674	0.000029	0.000137	4.2E-06	0.282674	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.93	1.03	-3.00	800.3	1276.6

Zircon_128	376.0				NAN	0.000000	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015					
Zircon_129	192.3	0.282527	0.000031	0.00146	0.00004	0.282522	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.12	1.10	-5.04	1038.2	1521.6
Zircon_131	47.1	0.28182	0.00086	0.000107	0.000028	0.281820	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-34.12	30.41	-33.09	1963.8	3148.8
Zircon_132	187.5				NAN	0.000000	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015					
Zircon_133_Chalc-15a	93.3				NAN	0.000000	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015					
CHALC-12A																
Zircon_01_Chalc 12a	193.7	0.282695	0.00003	0.001045	0.000053	0.282691	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-3.18	1.06	0.99	789.9	1142.4
Zircon_03	169.2	0.282565	0.000085	0.00244	0.0003	0.282557	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.78	3.01	-4.30	1010.7	1457.0
Zircon_04	137.3	0.282481	0.000058	0.001186	0.000059	0.282478	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.75	2.05	-7.81	1095.5	1653.3
Zircon_05	281.8	0.282526	0.000034	0.000835	0.000022	0.282522	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.16	1.20	-3.05	1022.5	1465.9
Zircon_06	162.3	0.282424	0.000061	0.000844	0.000011	0.282421	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-12.77	2.16	-9.25	1165.3	1763.0
Zircon_08	48.3				NAN	0.000000	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015					
Zircon_10	285.3	0.282477	0.000031	0.000985	0.000031	0.282472	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.89	1.10	-4.73	1095.3	1574.7
Zircon_13	114.9	0.282481	0.000099	0.00105	0.000069	0.282479	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.75	3.50	-8.28	1091.6	1665.5
Zircon_14	36.59	0.28692	0.00071	0.00229	0.00016	0.286918	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	2	25.11	146.99	-5740.6	-9161.0
Zircon_15	95.7	0.282524	0.000075	0.001317	0.00009	0.282522	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.23	2.65	-7.19	1038.5	1582.2
Zircon_16	38.1	0.282539	0.000032	0.000368	0.000016	0.282539	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.70	1.13	-7.86	992.1	1580.1
Zircon_17	37	0.28242	0.000029	0.000778	0.00003	0.282419	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-12.91	1.03	-12.11	1168.8	1845.2
Zircon_18	142.7	0.282604	0.000032	0.000875	0.000013	0.282602	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.40	1.13	-3.31	914.2	1374.6
Zircon_19	79	0.28205	0.00028	0.000194	0.000014	0.282050	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-25.99	9.90	-24.25	1656.4	2631.0
Zircon_21	101	0.28252	0.000057	0.000281	0.000028	0.282519	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.37	2.02	-7.15	1016.0	1583.7
Zircon_22	37.6	0.282514	0.000048	0.000489	0.000044	0.282514	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.58	1.70	-8.76	1029.9	1636.1
Zircon_23_Chalc 12a	38.9	0.28249	0.00012	0.000448	0.000041	0.282490	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.43	4.24	-9.58	1062.0	1688.5
CHALC-12C																
Zircon_25	43.5	0.282564	0.000033	0.000536	4.6E-06	0.282564	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.82	1.17	-6.87	961.7	1521.5
Zircon_28	3590	0.282464	0.000034	0.000589	0.000027	0.282423	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.35	1.20	70.15	1102.0	-489.8
Zircon_29	282	0.282365	0.000049	0.001159	0.000038	0.282359	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-14.85	1.73	-8.80	1258.0	1827.0
Zircon_30	99.6	0.282327	0.000051	0.001304	0.000016	0.282325	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-16.20	1.80	-14.07	1316.4	2015.9
Zircon_31	89.3	0.282507	0.000038	0.00088	0.0001	0.282506	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.83	1.34	-7.90	1050.3	1622.0
Zircon_35	2782	0.282284	0.000048	0.000746	0.000099	0.282244	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-17.72	1.70	44.50	1356.8	469.7
Zircon_37	34.5	0.282593	0.000018	0.000444	0.000022	0.282593	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-6.79	0.64	-6.03	919.2	1462.2

Zircon_43	530.8	0.282396	0.000039	0.001283	0.000051	0.282383	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-13.76	1.38	-2.38	1218.4	1617.4
Zircon_45	180.8	0.282495	0.000024	0.000942	0.000039	0.282492	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-10.26	0.85	-6.35	1068.9	1595.4
Zircon_47	145.3	0.28236	0.000041	0.00112	0.000044	0.282357	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-15.03	1.45	-11.91	1263.7	1916.2
Zircon_49	99	0.282548	0.000067	0.00149	0.00012	0.282545	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-8.38	2.37	-6.28	1009.1	1527.7
Zircon_50	126		NAN		NAN	0.000000	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015					
Zircon_51	212.2	0.282511	0.000044	0.001154	0.000042	0.282506	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-9.69	1.56	-5.14	1052.3	1543.3
Zircon_53	140.2	0.282576	0.000074	0.000659	5.7E-06	0.282574	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-7.39	2.62	-4.34	948.1	1437.3
Zircon_54	233.3	0.28244	0.00022	0.000785	0.000021	0.282437	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-12.20	7.78	-7.14	1141.2	1685.2
Zircon_55	168.6	0.282462	0.000041	0.000793	0.000011	0.282459	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-11.42	1.45	-7.77	1110.7	1674.7
Zircon_56	605.9	0.282389	0.000029	0.000828	0.000023	0.282380	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-14.00	1.03	-0.82	1213.6	1578.3
Zircon_66	159.9	0.282409	0.000073	0.000908	0.000046	0.282406	0.282785	0.033600	0.283250	0.038400	0.015	-13.30	2.58	-9.84	1188.2	1798.1

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
PEPECHUCA																						
Zircon_29																						
PEP-2a	0.385173	-80	4.2	420	1.28	0	12.59	0.039	0.97	1.57	0.81	9.93	3.07	34.2	13.28	61.4	140	31.7	10830	9.55	47.8	124 .1
Zircon_30	0.068074	140	4.4	1328	1.15	0	1.08	0	0.3	1.2	0.075	12.5	6.62	98	42.9	217	536	117.7	12040	12.3	25.8	379
Zircon_31	0.269643	280	22	894	1.63	0	12.9	0.022	0.82	2.28	0.7	16.6	6.32	79	30	133	279	58.3	11370	23.025	60.4	224
Zircon_32	0.060422	350	4.6	1860	1.26	0	0.399	0.013	0.52	2.46	0.055	24.1	11.86	162	59.6	269	496	98.6	12160	11.875	22.9	379
Zircon_33	0.294811	1560	10.3	2770	1.92	0.025	1.52	0.077	2.22	5.89	0.102	49.7	19.3	241	94.9	439	785	158	10420	13.3	125	424
Zircon_35	0.036471	-470	25	537	1.29	1.84	4.07	0.53	2.15	2.05	0.71	8.3	2.94	45.6	17.9	88	262	59.6	4880	24.5	24.8	680
Zircon_36	0.188108	480	6.4	1455	1.13	0	0.768	0.033	0.69	1.91	0.051	17.7	8.31	116.8	48.1	227	441	87.6	12450	6	34.8	185
Zircon_37	0.048584	670	2.8	2320	1.26	0	0.263	0.009	0.42	2.05	0.017	20.6	11.33	174.6	75.5	366	802	165.3	11720	14.95	22.3	459
Zircon_38	0.022016	570	3.1	1860	1.21	0	0.177	0	0.29	1.41	0.01	15.9	9.37	145	62	298	730	153.6	13920	19.875	14.2	645
Zircon_39	0.241834	1050	12.4	3170	1.21	0.004	0.95	0.232	4.03	9.52	0.198	60.2	22.3	283	112.2	479	865	167.1	11380	9.725	84.4	349
Zircon_40	0.216331	1000	8.5	3310	1.35	0.003	1.45	0.329	5.17	13	0.229	78.3	27.7	308	112.8	463	788	158	11770	14.425	107.3	496
Zircon_41	0.215238	540	68	2950	1.61	0.069	1.61	0.281	6.1	11.6	0.214	69	24.9	281	105	430	722	141	11590	15.5	113	525
Zircon_42	0.178107	110	13.6	1930	1.23	0	0.67	0.058	1.22	3.9	0.031	29.1	12.7	157	66.1	292	526	104	11500	5.325	30.1	169
Zircon_43	0.12	370	5	2030	0.99	0	0.429	0.018	0.68	2.6	0.08	26.6	12.29	163	68	307	581	113.4	12490	7.225	29.4	245
Zircon_44	0.045776	370	97	1590	4.68	0	3.05	0.02	0.27	1.26	0.208	15.3	7.67	120.7	53	255	670	143	14100	38.5	53.1	116 0
Zircon_45	0.210574	-200	7.1	1830	3.85	0	11.3	0.073	1.74	4.66	0.292	30.1	11.59	147.1	60.6	280	557	116.9	11150	31.25	69.7	331
Zircon_46	0.130478	900	13.5	3560	1.94	0.03	1.46	0.071	1.45	5.8	0.16	55.6	23.8	327	131	574	1060	202	12600	18.175	79.2	607
Zircon_47	0.025316	400	8270	1072	22.8	0.249	0.67	0.086	0.35	1.17	0.092	9.2	5.24	83.2	32.5	145	247	45.5	7780	8.325	8.81	348
Zircon_48	0.199288	-310	20.4	753	3.93	0.12	3.82	0.137	1.93	4.47	0.45	24	7.47	77.9	24.9	97.4	176	37.3	12280	116.25	280	140 5
Zircon_49	0.114947	730	4.4	2060	1	0	0.61	0.022	0.62	2.76	0.087	22.8	11.69	164.2	67.8	313	589	119.2	11560	8.85	32.3	281
Zircon_50	0.204386	1140	6.3	1415	5.59	0.047	13.3	0.041	0.39	1.84	0.2	16.9	8.09	114.2	49.4	234	495	102.2	13140	15.8	69.9	342
Zircon_51	0.177378	1530	88	4430	1.84	0.047	0.89	0.092	2.07	8.2	0.168	63.7	29.5	398	160	691	1211	237	10520	11.475	69	389
Zircon_52	0.400452	210	2080	555	8.04	0.222	10.24	0.119	0.69	1.29	0.26	7.93	3.27	43.4	18.1	90.7	228	50.2	9230	7.45	88.5	221
Zircon_53	0.180513	120	4740	942	15.5	0.246	3.5	0.133	0.96	1.73	0.165	17.3	6.8	87.7	31	132	246	51.2	9250	6.45	35.2	195
Zircon_54	0.275172	2760	9.7	4140	1	0	1.23	0.152	3.06	10	0.187	76.9	29.9	390	149	608	1043	199	10080	9.275	79.8	290

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	
			0.00067																				
Zircon_56	0.320807	-210	9	839	1.25	0	15.77	0.039	0.51	1.65	0.47	9.3	4.95	64.1	27.6	135	315	72.1	12030	20.15	103.3	322	
						0.004																	
Zircon_57	0.150545	860	10.5	2500	1.34	4	0.641	0.024	0.89	3.39	0.095	33.3	14.1	204	85.5	395	773	153	10860	8.5	41.4	275	
Zircon_58	0.360502	270	12.3	2380	2.04	0.022	6.6	0.283	5.38	10.4	2.63	52.1	18.3	215	86.3	375	771	159.4	10300	11.825	115	319	
Zircon_59	0.096111	600	203	1760	1.8	0.022	1.29	0.086	1.25	2.34	0.56	24.5	10.4	140	60.4	278	652	149	11800	9.2	34.6	360	
Zircon_60	0.149254	380	17.7	2180	4.55	2.35	12.3	1.37	9.8	8.3	0.69	42.9	13.5	164	64.1	284	635	137.6	10710	29.975	80	536	
Zircon_61	0.124121	480	10.3	2030	3.81	0.008	2.04	0.055	0.69	2.65	0.24	24.5	10.59	155	69.1	330	750	163	11490	19.425	49.4	398	
Zircon_62	0.256595	860	10.8	2750	2.07	0.071	3.9	0.251	3.96	9.9	0.44	58.1	20.6	249	95.6	400	762	154	10720	12.65	107	417	
Zircon_64_P ep-2	0.167897	1550	3.9	2190	1.37	0.108	1.43	0.159	1.28	3.89	0.05	29	12.6	178	76	354	700	144	12160	8.575	45.5	271	
PEP-7																							
Zircon_65_P ep-7	0	-400	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.275	0	0.0 12
Zircon_66	0.46878	-370	39.7	1729	3.61	1.63	14.36	1.08	10.1	11.3	1.36	52.8	16.4	174	59.9	248	389	74.8	9620	36.75	96.1	205	
Zircon_67	0.665306	-1800	770	144	4.7	18.4	36.3	3.91	16.6	2.6	0.49	4.5	0.97	11.5	4.1	21.8	57	12.5	8700	3.85	32.6	49	
Zircon_68	0.096371	-320	2.6	514	2.01	0.005	3.93	0.019	0.23	1.06	0.133	8.4	3.69	45.6	17	73.1	145	32.2	12420	46	47.8	496	
Zircon_69	0.546326	-960	3.8	1562	1.46	0.019	5.06	0.246	5.25	8.48	1.17	44.6	14.03	157.5	56.4	224	374	77.4	8510	13.85	34.2	62. 6	
Zircon_70	0.408696	190	59	1188	5.32	2.52	17.5	1.56	11.2	9.8	3.43	32.9	10	112	38.6	161	342	70.2	5150	43.75	141	345	
Zircon_71	0.1848	-530	1900	220	7.44	2.91	5.71	0.58	2.55	1.12	0.95	5.76	1.79	19.5	6.93	33.2	65.8	13.8	3450	28.025	46.2	250	
Zircon_72	0.464692	380	4.1	1490	3.22	0.035	11.4	0.007	0.86	2.71	0.178	24	9.2	117	53.5	245	531	111.1	10920	42	204	439	
Zircon_73	0.091296	-610	19.2	331	1.02	0.026	2.07	0.16	2.97	4.83	0.105	15	3.48	32.1	10.72	48	127	28.2	13830	87	49.3	540	
Zircon_74	0.18871	-70	6.9	302	2.56	0.289	6.9	0.087	0.83	0.88	0.292	4.21	1.68	23.5	9.65	49.9	127.3	29.3	8620	39.6	46.8	248	
Zircon_75	0.232155	910	4.3	2630	4.25	0	6.3	0.038	0.71	2.62	0.183	24.4	12.3	193	87.2	449	992	206	11490	46.75	137.9	594	
Zircon_76	0.381265	-320	35.2	842	5.38	1.1	35.2	0.99	7.35	5.86	1.88	18.6	6.52	70.7	27.4	125.9	320	70.8	11900	67.875	156.7	411	
Zircon_77	0.531783	-260	53	801	1.6	0.031	7	0.132	1.94	3.87	0.77	20.6	6.42	75.7	27.2	118	211	44.3	8880	3.12	34.3	64. 5	
Zircon_78	3.978723	-370	14.5	1.59	0	10.3	15.14	1.38	4.3	0.78	1.42	0.69	0.043	0.245	0.042	0.125	0.064	0.009	3	0.2	3.395	1.87	0.4 7
Zircon_79	0.904366	-10	4.3	315	1.12	0.82	26.8	0.191	1.76	1.56	0.68	8.47	2.37	26.5	10.2	45.2	101.3	24.2	10240	50.25	435	481	
Zircon_80	0.830467	200	6.5	395	0.96	0	21.4	0.082	1.61	1.92	0.81	9.15	2.75	31.8	12.07	56.4	135.1	32.3	9580	44.5	338	407	
Zircon_81	0.563674	830	7.7	3730	11.69	0	10.6	0.22	3.28	10	0.54	74.8	29	350	140.3	603	1034	208	13750	34.6	270	479	

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
Zircon_82	0.765957	-40	20.5	1192	3.31	0.73	21.6	0.276	1.98	3.4	0.78	20.3	7.75	99.6	40.9	192	401	86.2	6120	20.975	180	235
Zircon_83	0.519216	740	12.4	2210	1.21	0.139	2.78	0.178	3.01	7.14	0.429	45.2	16.6	199	78.2	336	587	115.3	11590	33.175	132.4	255
Zircon_84	1.309353	-340	28	3.55	0.075	5.68	8.46	0.889	3.15	0.48	1.35	0.4	0.091	0.56	0.099	0.46	0.59	0.053	0	3.5	0.182	0.139
Zircon_86	0.329825	-170	8.4	1143	1.33	0	3.82	0.061	1.06	3.66	0.169	21.8	7.83	94.4	37.6	170	301	61.2	11270	54.75	94	285
Zircon_87	0.041257	1890	3.5	2293	2.42	0.018	1.5	0.013	0.48	1.54	0.49	16.7	10.42	171.8	78.6	423	1085	229.6	13280	38.45	21	509
Zircon_88	1.642857	610	7.5	2220	12.91	0.071	90.5	0.331	5.45	10.01	1.99	52.4	17.8	196	73.7	315	595	121.7	9280	51	1840	1120
Zircon_89	0.481651	150	14.5	2240	3.54	0.198	14.1	0.444	6.76	12.8	3.03	62.3	19.4	213	77.9	335	617	125.9	10660	83.75	210	436
Zircon_90	0.558317	1800	2.5	2160	9.51	25	70	4.2	13.5	7.3	0.86	33.3	13.02	171.5	72.8	341	722	151.5	11340	32.95	292	523
Zircon_91	1.073069	-120	648	1390	5.48	134	276	24.2	90	20.8	3.29	44.7	12.81	129.8	45.9	203	397	83.7	7630	192.5	1028	958
Zircon_92	0.8	120	17.8	697	5.67	5.2	84.9	1.55	11.9	7.1	1.68	18.5	5.04	56.7	21.1	103.1	250	58.9	11910	182.25	1096	1370
Zircon_93	0.426376	-480	1.9	975	6.69	0.32	36.5	0.083	1.07	1.99	0.353	13.6	5.24	70.4	30.4	154	368	84.5	12560	18.775	185.9	436
Zircon_94	0.124545	2590	1980	438	8.3	1.12	16.5	0.336	1.35	1.45	0.43	7.3	2.43	29.8	11.9	62.7	197	60.2	6870	26.5	82.2	660
Zircon_95	0.170968	500	9.1	730	5.3	0.035	26.1	0.075	0.98	2	0.47	10.5	3.65	51.7	21.8	114.6	311	81.2	14500	36.5	159	930
Zircon_96	0.698953	1150	7.4	1800	5.5	0.268	41.1	0.267	2.77	5.41	0.82	30.1	11.7	144	59.3	281	603	128.5	11020	16.1	267	382
Zircon_97	1.023256	110	8.2	910	1.57	0.014	19.1	0.168	2.98	5.63	1.36	22	7.2	83	29.3	131	250	51.9	8710	8.725	88	86
Zircon_98	0.827664	430	10.6	1950	2.58	1.6	54.1	1.16	13.3	18.3	6.3	65.7	19	194	68.9	273	480	92.3	10390	231.25	365	441
Zircon_99	0.538095	1070	821	358	4.54	0.68	5.8	0.174	1.04	1.9	0.9	7.6	2.68	29.1	11.7	56.9	133.9	32.5	8520	32.25	56.5	105
Zircon_100	0.542063	1630	6.8	1587	2.77	0.301	12.21	0.504	5.3	9.4	0.44	47.5	15.76	165.6	56.2	231	366	70.2	10060	19.95	136.6	252
Zircon_101	0.26569	-260	12.7	81.5	1.64	0.329	7.3	0.485	5.03	6.18	0.97	11.75	2.18	13.4	3	9.01	14.2	2.53	10570	2.6275	6.35	239
Zircon_102	0.276177	-360	13.5	89	1.2	0.147	6.83	0.306	3.51	5	0.67	10.5	2.25	14.3	3.19	9.24	11.9	2.18	11500	8.3	19.36	701
Zircon_103	0.661538	980	5.9	0.89	0	2.13	3.41	0.288	1.02	0.093	1.45	0.19	0	0.126	8	0.066	0.052	0	0	3.215	0.043	0.065
Zircon_104	0.377184	-140	14.5	617	3.34	0	15.18	0.032	0.47	1.62	0.294	11.5	4.74	53.9	20.9	95.5	200	42.3	11750	35.25	73.4	1946
Zircon_105	0.345546	-100	13.9	517	2.64	0.054	11.94	0.083	0.96	1.62	0.42	11.61	4.08	45.2	17.9	82.1	175.5	36.8	11310	27.875	54.7	1583
Zircon_106	0.358333	-90	2.2	695	4.01	0	8.73	0.016	0.24	1.22	0.077	11.2	4.12	56.7	23.7	114	237	49.4	13100	8.075	68.8	192
Zircon_107	0.470313	760	3.3	1048	5.64	0	14.89	0.029	0.8	2.66	0.189	17.4	6.97	89.2	35.4	168.6	319	67.1	12330	13.95	150.5	320
Zircon_108	0.821138	840	8.7	1540	3.88	0.021	30.8	0.103	1.6	4.31	0.79	26.3	9.6	126.2	52.3	253	531	113.5	11680	77.75	202	246
Zircon_109	0.317553	-660	3.7	1666	1.77	0.091	2.45	0.198	3.22	6.99	0.87	38.2	13.27	157.4	60.3	261	465	96.2	9600	69	119.4	376
Zircon_110	0.303542	400	4.1	1398	2.16	0	2.53	0.1	1.68	4.22	0.342	25	9.36	121.6	49.6	226	422	88.4	9350	68.5	111.4	367

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	
Zircon_111	0.917217	600	18.7	1561	1.37	0.53	19.02	0.354	5.54	8.3	1.94	36	12.62	144.7	54.3	237	423	86.5	8170	8.075	152.9	166.7	
Zircon_112	0.900277	1660	3.3	521	1.53	3.1	31.9	0.61	2.96	2.77	1.03	11.8	3.37	41.3	16.6	79.7	200.2	47	10740	14.8	325	361	
Zircon_113	0.972973	510	2.5	263.3	1	0	20.37	0.021	0.53	0.74	0.502	5	1.59	18.84	7.99	39.5	104.4	26.07	10620	16.825	396	407	
Zircon_114_Pep-7	0.331489	410	7.2	688	3.47	0	9.9	0.048	0.82	2.46	0.159	13.8	5.04	62.3	23.1	102.6	201	40.6	10740	43.575	77.9	235	
PEP-8																							
Zircon_89_Pep8	0.215699	-1240	7.5	2326	5	0.355	8.29	0.375	3.23	6.13	0.475	40.9	15.93	205.6	79.3	347	649	130.6	11170	9.6	226.7	105.1	
Zircon_90	0.109524	-360	420	1138	4.39	5.8	18.1	1.83	10.2	6.2	0.31	25	8.44	100.4	36.4	165	320	70.8	12970	7.8	92	840	
Zircon_91	0.078158	250	7770	509	56.3	1.98	5.74	0.618	2.68	2.18	0.269	9.6	3.19	42.6	16.5	76.8	159.5	33.6	8030	8.4	29.7	380	
Zircon_92	0.56713	180	13.9	2028	2.43	0.229	16.55	0.499	8.41	14.12	3.76	61.9	19.07	207.1	72.2	299	528	103.8	8750	3.8	245	432.377	
Zircon_93	0.52492	170	14.8	1840	2.6	0.101	14.8	0.368	6.9	11.9	3.45	53.9	16.4	185	63.2	271	484	97.1	9600	3.5	198	377.2	
Zircon_94	0.395699	-550	10.5	1970	5.61	2.82	12.83	0.91	7.41	8	0.695	46.8	16.1	188	69.1	295	540	108.1	9770	8.6	368	930.253	
Zircon_95	0.305841	-2610	4.3	2660	11.87	0	19.81	0.1	2.53	8.33	0.526	53.1	19.86	251	93.6	408	738	144.8	10650	20.8	775	4.359	
Zircon_96	0.353154	-1610	3.5	3700	16.63	0.016	29.6	0.152	3.71	10.59	0.6	75.3	29.1	357	132.8	566	1004	193.1	11900	33.5	1271	9.417	
Zircon_97	0.027637	650	3150	216	15.7	1.38	3	0.256	1.23	0.49	0.072	2.57	1.36	16.2	6.68	35.3	90.8	19.8	1880	7.4	11.53	417.2	
Zircon_98	0.279603	-240	7.3	1753	3.84	0.015	10.47	0.098	2.02	5.5	1.05	31.6	11.74	146.8	59.3	274.9	534	108.9	8940	4.6	154.9	554	
Zircon_99	12.34756	4700	2900	38000	13.1	0	37000	72000	28400	0	43000	520	29900	2980	11900	1620	2790	960	93	39	61.3	4050	328.0
Zircon_100																							
Zircon_101	0.276644	-1020	15.9	2360	2.14	0.045	2.54	0.147	1.99	5.36	0.145	37.2	15.15	201.6	79.5	370	735	146.5	11370	12.5	122	441	
Zircon_102	0.151333	8000	1290	4840	14.4	55.3	207	37.4	272	136	2.49	267	65.7	602	173	632	967	176	8260	17.4	176	116.3	
Zircon_103	1.967213	200	390	1.7	1.7	1.95	3.46	0.299	1.59	0.29	0.086	0.184	0.042	0.209	0.072	0.134	0.137	0.011	4	0.78	1.3	0.6	0.305
Zircon_104	0.440514	-2150	1	5110	17.6	0.025	22.8	0.244	5.01	16.09	1.06	112.2	40.8	502	189.2	813	1390	273	10220	26.3	1370	311.0	
Zircon_105	0.217778	50	2	1740	4.86	0	8.6	0.042	1.47	4.1	0.444	29.1	11.98	151.1	58.8	266.4	496	99.4	10860	13.5	343	157.5	
Zircon_106	0.384362	540	2.2	700	3.71	0	19.23	0.027	0.56	2.22	0.253	12.38	4.51	59.1	23	109.1	225	47.2	11350	47.6	93.4	243	
Zircon_107	0.183621	730	4.1	984	1.55	0	4.98	0.026	0.4	1.33	0.061	10.62	5.11	75.2	33.6	159.8	347	73.5	12180	25.1	42.6	232	
Zircon_108	0.104444	-930	1.8	1677	5.19	0.119	4.96	0.073	0.95	2.84	0.21	22.5	10.13	136.6	57	276	569	116.7	11530	10.0	122.2	117.0	
Zircon_109	0.219315	3300	1520	1720	8.5	28.6	104	16.4	109	52	1.76	88	21	184	58.6	230	393	80.2	7020	6.7	70.4	321	
Zircon_110	0.215476	710	5.6	722	1.66	0.194	3.28	0.116	1.47	2.58	0.467	14.2	5.09	63	24.2	110.5	229	47.3	9940	1.7	36.2	168	

Zircon_111	0.365578	590	3.1	129.5	1.04	0	2.43	0.0015	0.218	0.34	0.214	2.34	0.781	9.89	4.43	23.09	59.3	12.43	6130	15.6	29.1	79.6
Zircon_112	0.250181	-100	18.4	1372	2.24	0.013	7	0.134	2.65	6.2	0.97	33.3	11.18	126.2	47.7	210	397	82.3	10220	5.1	138.1	552
Zircon_113	0.160504	-400	8.2	2320	3.37	0.066	4.88	0.077	2.02	6.89	0.47	44.6	17.6	218	79.2	343	630	120.7	10510	10.8	191	1190
Zircon_114	0.13	-110	3	1400	2.63	0.154	3.32	0.119	1.5	2.89	0.176	23.5	9.21	117.9	47.6	223	443	93	11770	4.8	63.7	490
Zircon_115	0.407576	8860	9.3	5330	5.04	79.6	309	55.9	359	164	6.2	296	73.3	647	192	737	1170	217	9500	15.1	538	1320
Zircon_116_			0.00030																			
Pep8	0.14928	190	7	1834	7.17	0.94	10.42	0.374	3.19	4.44	0.245	30	12.23	155.3	62.9	290	562	114.5	12480	16.9	269.6	1806

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
CHALCATZINGO																						
Zircon_01_Chalc-16	0.079122	1100	14.8	1066	2.74	0	0.75	0.05	1.22	2.9	0.18	19.5	8.1	97	35.1	167	386	81.9	12100	28.25	59.5	752
Zircon_02	0.046006	100	8.8	404	1.61	0.083	2.47	0.079	1.19	2.06	0.103	13.3	4.11	43.6	13.8	63.6	134	27	10500	4.3	28.8	626
Zircon_03	0.46347	-900	2.7	712	5.61	0.023	18.9	0.033	0.57	1.86	0.095	12.3	4.88	56.6	23.9	117	262	51.8	13600	55.5	203	438
Zircon_04	0.014912	2700	15	520	1.95	0.09	0.5	0.05	0	0.36	0	6.3	3.56	44	16.6	75	155	32.32	9500	6.75	17	1140
Zircon_05	0.088235	280	10.8	2120	2.94	0.162	5.34	0.091	0.91	2.09	0.73	17.9	9	144	66.9	389	1150	253	12300	10.05	19.5	221
Zircon_06	1.103448	50	10.1	1440	4.43	0.74	24.1	0.515	5.22	7.2	0.62	32.8	11	130	47.4	217	411	85.3	11100	31.25	320	290
Zircon_07	0.031319	1760	2.9	467	2.04	0	1.45	0.009	0.45	0.71	0.091	10	3.47	39.2	16.7	82	166	36	11400	11.025	28.5	910
Zircon_08	0.137705	-180	38.9	1550	10	0.283	7.5	0.098	2.27	3.85	0.088	27.3	10	129	52.6	237	447	92	11700	58	168	1220
Zircon_09	0.272388	1400	26	2130	0.61	5.4	15	2.73	30	39.2	1.32	194	56	388	78	197	161	23.5	9500	1.85	73	268
Zircon_10	0.342029	680	5	1020	1.69	25	73	7	36	19.4	0.8	68	16.5	127	35.3	134	250	51.1	7910	27.175	118	345
Zircon_11	1.25	1570	6.4	2500	1.92	770	2570	360	1560	350	2.92	230	27.5	250	85	374	739	152	9500	24.75	950	760
Zircon_12	0.42	610	2.9	672	2.39	2.38	23.7	1.87	5.8	2.41	0.41	12.9	4.67	57.1	23.2	106	208	44.3	9400	12.65	60.9	145
Zircon_13	7.461538	2580	8.6	812	3.26	2720	7890	1220	5890	1130	9.3	510	29.1	98.5	28.4	128.4	244	52.5	11680	14.25	2910	390
Zircon_14	0.025213	30	68	508	3.27	0.106	1.17	0.081	0.97	0.98	0.383	9.9	3.66	47.2	17.4	84.8	236	50.2	11590	14.975	38.5	1527
Zircon_15	0.033791	-570	15.1	261	1.27	0.113	1.02	0.081	0.56	1.66	0.113	10.2	3.32	26.2	8.62	38.3	88.8	18.8	9230	5.875	19.7	583
Zircon_16	0.531797	350	9600	2280	4.63	0.192	10.09	0.309	4.85	10.2	1.51	56.8	19.9	222	82.9	337	525	98.7	8870	19.6	115.4	217
Zircon_18	0.409091	210	8.5	811	5.45	0.028	27.5	0.077	1.32	2.55	0.35	15.8	5.89	67.2	25.2	120	245	50.7	11900	30.5	180	440
Zircon_19	0.057732	-110	5.9	453	1.01	0	0.9	9	0.57	1.65	0.113	12.3	3.83	42	14.8	60.6	117	25	12090	3.625	28	485
Zircon_20	0.713855	310	4.8	1005	3.32	0.034	18.9	0.087	1.13	2.53	0.67	14.8	5.87	73.2	31.4	154	366	79.7	9990	24.675	237	332
Zircon_21	0.708678	430	17.4	1380	4.97	0.191	41.7	0.21	2.73	6.31	1.41	30.2	10.29	118.4	45.8	206	389	80.2	8610	50.75	343	484
Zircon_22	0.153776	-690	11.2	118.8	0.43	0.042	1.45	0.08	1.61	4.88	0.14	22.4	4.52	23.3	4.23	8.5	6.29	1.074	12230	1.8325	50.9	331
Zircon_23	0.096324	-500	12	185	0.54	0.06	0.48	0	0	0.6	0.25	5.2	1.69	18.7	5.05	28	64	15.2	5500	2.225	13.1	136
Zircon_24	0.85283	220	13.1	1560	1.5	0.073	19.5	0.53	7.2	9.7	1.99	39.2	12	137	52.2	241	413	86.6	8510	81	226	265
Zircon_25	0.061945	-50	6.9	175	0.93	0	0.85	0.016	0.75	3.26	0.117	13.3	2.93	22.1	6.1	26.1	63	15.6	11030	4.2	36.3	586
Zircon_26	0.127206	960	12.2	4340	2.58	60.4	143	16.7	77	20.8	0.22	68.1	29.1	404	154	676	1210	219	13700	93.75	173	

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	
Zircon_27_Ch lc-16	0.03	290	3.1	1310	2.8	0	0.68	0.031	0.75	2.03	0.14	15.1	7.6	106	42.5	205	490	105	12700	37.25	42.9	1430	
CHALC-15A																							
Zircon_115_Ch al-15A	2.559322	730	23.4	1.51	0	12.1	15.2	1.46	4.49	0.81	1.92	0.42	0.059	0.209	0.035	0.01	0.008	0.007	2	0	3.625	0.151	0.059
Zircon_116	0.266901	2270	112	1960	5.07	0.376	10.8	0.53	5.54	9.2	0.5	42.2	15.2	176	64.1	304	680	142	11050	142.25	379	1420	
Zircon_117	0.340096	1180	16.3	3490	3.41	0.022	17.58	0.4	5.46	13.5	2.35	74.2	26.4	321	122.2	527	933	187.9	9230	81.25	212.9	626	
Zircon_118	0.018758	100	13	548	0.71	0.075	0.555	0	0.23	1.2	0.221	12.1	4.86	51.7	18.5	88.8	230	49.8	12750	7.3	14.5	773	
Zircon_119	2.181818	2500	76	55.2	0.076	0.135	0.174	0	0	0.11	0	3.19	1.21	9	2.24	5.8	4.7	0.66	0	0.3925	0.024	0.011	
Zircon_120	0.045638	-100	47	286	0.58	0.073	0.72	0.039	0.22	1.93	0.145	16.2	4.68	39.3	10.09	35.6	64.2	12	5980	2.975	13.6	298	
Zircon_121	16.39706	-50	22100	0.46	57.2	1.9	3.1	0.31	0.73	0.096	0.39	0.148	0.022	0.104	1	0.048	0.041	0.013	7	0.14	5.55	0.223	0.0136
Zircon_122	0	-120	85	178.9	0	0	0.049	0	0.45	3.61	0.123	16.6	4.34	32.8	6.95	19.41	21.51	3.22	0.23	0.3575	0	0.0223	
Zircon_123	0.029412	790	16.4	336	0.453	6	0.377	0.015	0.72	1.83	0.246	18.6	6.01	49.7	10.84	31.2	35.2	5.7	10590	1.7625	8	272	
Zircon_124	0.011011	-280	33.4	334	0.51	0.118	0.63	0.033	0.54	1.54	0.16	11.2	4.08	39.7	11.5	41.5	72	13.7	7690	3	6.1	554	
Zircon_125	0.007054	-220	11.1	282	0.598	0.036	0.437	0.048	0.31	1.11	0.219	7.8	2.3	25.1	8.53	39.4	70.8	13.8	12090	5.65	5.22	740	
Zircon_126	0.018885	290	9.2	382	0.62	0	0.449	9	0.33	2.23	0.308	17	5.43	46.7	11.66	45	77.2	15.27	9830	3.85	10.5	556	
Zircon_127	0.051952	140	49	502	0.82	0.016	0.311	0.043	0.6	1.6	0.175	14.1	5.3	55.9	17	64.6	91	17.2	9620	5.4	30.6	589	
Zircon_128	0.359218	1650	7.9	2395	2.2	0	4.66	0.04	1.2	4.2	0.398	32.7	14.55	202.4	81.5	389	775	157.1	11610	22.675	128.6	358	
Zircon_129	0.470951	1250	8.6	2139	2.66	0.048	10.18	0.205	3.51	8.69	1.62	49.4	16.84	202.5	74.1	341	652	132.6	9860	12.1	183.2	389	
Zircon_130	0.295455	-740	72	207	0	0.065	0.118	0.54	1.53	2.39	0.136	15.3	4.52	36.2	7.32	18.8	15.1	2.09	0.44	0.9125	6	0.0088	
Zircon_131	0.008217	-670	370	248	1.47	0.064	0.237	0	0.19	0.56	0.29	6.79	2.16	23.5	7.25	27.8	39.6	7.6	9260	6.3	6.5	791	
Zircon_132	0.404494	800	4.2	1255	2.3	0.012	25.5	0.163	2.45	5.86	1.67	28.2	9.32	107.8	41.1	189	398	88.2	11540	16.075	216	534	
Zircon_133_Ch alc-15a	0.024327	540	8.9	617	1.18	0.033	0.51	0	0.15	0.92	0.275	9.1	3.73	50.2	19.8	84.1	162	34.2	15170	14.225	26.2	1077	
CHALC-12A																							
Zircon_01_Ch lc12a	0.859881	-400	2150	638	1.94	0.058	10.7	0.07	1.8	2.62	0.89	14	4.37	55	21.2	100.6	250	60.4	9660	7.25	130.1	151.3	
Zircon_02	0.102542	-100	700	323	2.92	0.226	0.93	0.044	0.5	0.84	0.157	6.12	2.3	26.9	10.69	49.9	106.4	22.9	8410	3.30	25.41	247.8	
Zircon_03	0.078235	330	12.2	573	6.55	0.027	1.92	0.049	0.59	1.92	0.256	11.7	4.27	44.7	17.9	105.6	435	109.8	11140	17.35	39.9	510	

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	
Zircon_04	0.053205	-330	72	642	3.88	0.051	1.09	0.04	0.55	0.94	0.132	6.74	3.1	46.2	21.3	117.1	376	88.4	12200	16.70	41.5	780	
Zircon_05	0.213569	0	13.1	923	3.71	0.022	9.54	0.115	0.92	2.22	0.78	12.4	5.3	69.5	29.6	165	482	113	11000	36.00	144.8	678	
Zircon_06	0.114353	420	8	306	1.4	0.244	1.53	0.061	1.07	2.04	0.13	8.24	2.51	26.9	10.27	51.5	147	34.2	10730	18.45	73.3	641	
Zircon_07	0.10275	690	56	397	2.18	0	1.11	0.014	0.77	2.74	0.13	17.6	5.56	47	13.3	48	82	18.2	13820	2.45	41.1	400	
Zircon_08	7.197183		440	18000	4.4					46000	1440	34000	3000	9300	760	930	210	21	65	70.00	51100	7100	
Zircon_09	0.398169	470	23.3	2070	4.5	0.7	20.8	0.511	5.29	10.7	0.94	56.6	18.9	217	77.4	319	561	108.7	9820	77.75	348	874	
Zircon_10	0.102381	-70	11.6	959	2.3	0.049	4.76	0.11	1.09	3.3	0.241	16.9	6.58	86.4	32.5	155	386	82.9	12100	38.93	73.1	714	
Zircon_11	0.125564	860	2880	564	7.13	0.33	1.44	0.099	0.72	1.44	0.39	11.39	4.27	49.7	17.8	86.3	188	38.9	8140	3.65	33.4	266	
Zircon_12	0.082288	1070	15.6	579	1.3	1.8	4.92	0.66	3.73	4.24	1.48	15.8	5.61	60.1	19.7	88.5	224	47.4	7990	5.03	22.3	271	
Zircon_13	0.033626	-200	24	478	2.96	0.018	0.28	0.012	0.14	0.24	0.083	4.5	2.44	35	15.2	85.5	315	82.2	9390	9.35	11.5	342	
Zircon_14																					74900	8700	
Zircon_15	0.006993	650	9.2	477	1.08	0.077	0.35	0.043	0.27	0.82	0.04	4.91	2.38	38.1	15.3	86.6	268	63.1	8850	8.23	3.14	449	
Zircon_16	0.019012	930	5.1	598	1.06	0	0.234	0	0.13	0.9	0.043	7.54	3.77	50.7	19.5	104.7	287	63.4	12900	3.08	7.89	415	
Zircon_17	0.009669	70	8.3	793	1.25	0	0.184	0.011	0.131	0.73	0.096	7.66	3.96	59.7	24.7	128.7	292	62.3	14440	3.75	5.84	604	
Zircon_18	0.851145	860	11.7	758	2.23	0.022	15.1	0.044	0.89	2.24	0.38	13.9	5.17	64.7	24.2	114.3	266	59.1	11120	7.05	223	262	
Zircon_19	0.026849	-410	25.1	599	1.5	0	0.406	0.017	0.29	1.13	0.073	8.48	3.56	51.4	19.88	101.6	305	66.5	13620	7.63	17.21	641	
Zircon_20	8.853211																				3860	436	
Zircon_21	0.14396	-720	8.8	666	2.94	0.033	2.57	0.044	0.9	2.63	0.24	16.8	5.75	63.3	20.18	91.3	210	46.1	11560	8.55	72.7	505	
Zircon_22	0.021212	1070	6.1	617	1.47	0	0.335	0	0.41	1.37	0.082	12.9	5.09	63.9	19.2	82.6	171	36.2	13700	3.90	12.6	594	
Zircon_23_Chalc12a	0.040819	-200	2.7	758	1.97	0	0.64	0.007	0.57	1.61	0.24	13.9	5.73	72.8	24.4	104.6	210	44.6	12140	4.60	26.9	659	
CHALC-12A																							
Zircon_24_Chalc12c	0.285621	1280	16	555	2.36	0.162	1.64	0.094	0.88	2.27	0.179	14.4	4.86	54.8	18	73.9	135	27.3	6320	1.14	43.7	153	
Zircon_25	0.045648	-680	7.6	470	1.42	0	0.341	0.026	0.34	1.71	0.074	14	5.27	55.5	14.71	56.7	104	21.7	11340	3.43	21.5	471	
Zircon_26	0.094661	150	270	618	4	0.072	0.93	0.054	0.66	1.74	0.114	11.4	4.34	52.6	19.8	97.7	261	56.2	11870	4.75	46.1	487	
Zircon_27	0.086585	3200	84	552	2.24	0.76	1.94	0.15	1.31	2.19	0.085	14.1	4.64	52.5	17.2	80.9	167	33.7	9750	3.73	35.5	410	
Zircon_28	0.04316	-700	670	454	1.88	1.28	2.07	0.16	1.03	1.27	0.261	9.3	3.14	40.5	15	66.3	120	21.6	10200	4.68	18.3	424	
Zircon_29	0.350248	720	32	1120	3.05	0.077	7.41	0.267	3.39	5.6	0.625	33.2	10.29	115.4	39.9	170	342	69	10850	19.75	113.2	323.2	
Zircon_30	0.100554	1400	10.7	916	3.95	0.008	1.18	0.057	1.23	2.92	0.182	21.3	7.34	81.5	27.6	134.7	310	68.7	12900	10.75	72.6	722	
Zircon_31	0.020674	-600	8	667	4.36	0	0.9	6	0.15	0.78	0.047	3.96	2.45	43.2	20.8	127	446	106	12800	14.95	17.8	861	
Zircon_32	0.022319	730	12.6	704	1.13	1.44	2.87	0.261	1.55	1.74	0.52	11.7	4.72	58.7	21.5	108.6	255	54.3	9160	5.95	15.4	690	

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U		
Zircon_33	5.895522		122	16200	0.01	109000	206000	23100	90000	17400	1000	14200	1560	6200	720	1080	308	27.9	23.4	48.75	31600	5360		
Zircon_34	7.767554		136	35300	0.071					31700	1570	26200	2960	12700	1600	2570	810	73	44	58.00	32080	4130		
Zircon_35	0.030048	170	7.4	483	1.42	20	34	4	17	4	0.73	10.9	4.16	42.9	15.2	77.9	208	47	9330	5.98	18.9	629		
Zircon_36	0.007689	-300	34.9	737	1.52	0.68	1.45	0.133	0.72	0.91	0.326	9.66	4.2	59	23.8	124	358	81.4	12120	8.33	7.72	1004		
Zircon_37	0.122995	90	6	547	1.46	0	0.91	0	0.37	1.25	0.087	10.3	4.11	49.6	17.13	76	155	31.7	12110	2.47	46	374		
Zircon_38	0.040573	-440	8.7	630	1.6	0.043	0.68	0.026	0.21	1.15	0.092	8.2	3.62	48.9	19.6	92.5	193.2	38.4	11530	4.38	26.9	663		
Zircon_39	0.045037	-100	233	643	3.17	0.104	1.05	0.079	0.99	1.94	0.51	10.62	4.12	54.8	21.6	108.8	296	66.4	9240	11.98	24.5	544		
Zircon_40	0.084019	-100	23.2	825	1.62	0.112	0.88	0.075	1.36	2.48	0.067	15.8	5.82	73.1	27.4	119.7	242	49.9	11060	4.43	53.1	632		
Zircon_41	0.135	100	57	75	0.65	22.3	34.9	3.3	11.8	1.9	1.6	2.43	0.71	7.1	2.21	10.7	25	5.4	760	4.00	5.4	40		
Zircon_42	0.15282	-220	9.2	1218	2.52	0.08	2.27	0.305	4.07	6.9	0.325	33.5	10.31	116.5	41.8	182.9	373	77.6	9090	18.03	81.3	532		
Zircon_43	0.250896	1840	16.9	1252	4.11	0.104	7.59	0.166	2.88	6.06	0.14	31.5	10.14	119.6	43	188	346	68	7180	30.28	70	279		
Zircon_44	0.19291																						2680	
Zircon_45	0.157144	570	15.7	974	6.28	0.102	11.06	0.067	0.53	1.43	0.14	8.42	3.97	64.3	29.5	174.4	526	123.8	12600	35.05	184	1170.9		
Zircon_46	0.083287	1060	9.8	559	1.75	0	0.72	0	0.189	0.95	0.061	8.2	3.52	45.5	18.43	91.9	220.8	47.8	11760	3.13	29.9	359		
Zircon_47	0.024585	200	29.7	430	1.75	0	1.51	0.018	0.22	0.77	0.096	4.65	2.52	35.9	14.25	73	230	53.9	6330	7.70	6.22	253		
Zircon_48	36.88245																						43300	1174
Zircon_49	0.13252	300	45	268	0.77	0.036	2.03	0.09	0.96	3.62	0.152	12.9	3.56	34.3	9.43	39.4	79	17.2	4560	2.78	16.3	123		
Zircon_50	0.277395	-100	12.2	696	3.4	0.055	4.65	0.031	0.54	1.16	0.336	10.2	4.16	54.1	22.4	114.2	293	67.7	10110	11.30	141	508.3		
Zircon_51	0.076853	-40	28.2	2450	5.93	0.051	8.64	0.308	6.29	14.2	2.37	69.4	21.7	247	88.8	382	721	146.4	10660	25.88	59.1	769		
Zircon_52	0.02811	-890	8.3	609	1.02	0.167	0.47	0.032	0.36	1.53	0.198	12.6	5.09	60.9	20.2	88	184	39	9770	2.45	10.71	381		
Zircon_53	0.840756	-600	487	1221	18	0.114	19.2	0.206	4	6.8	0.234	40.3	12.22	123.3	41	162.4	312	64.2	10790	17.78	623	741		
Zircon_54	0.217405	600	53800	1250	165	0.311	12.9	0.173	1.59	4.26	0.246	24.2	8.18	96.9	38.5	198	528	116	11850	41.75	137.4	632		
Zircon_55	0.074823	-400	8.2	1037	4.2	0.024	1.58	0.087	1.16	2.58	0.341	14.9	5.62	76.5	33.6	180.3	475	106.3	10480	23.13	52.9	707		
Zircon_56	0.267677	-410	7.7	1747	3.63	0.03	6.12	0.251	4.28	8.65	0.94	44.4	14.92	167.2	60.4	259	476	95.8	9770	43.75	106	396		
Zircon_57	10.01546																						64800	6470
Zircon_58	0.092157	700	87	560	4.04	0.09	1.47	0.075	0.84	1.81	0.229	11.6	3.97	44.8	17.9	87.7	258	59.6	9650	8.38	32.9	357		
Zircon_59	0	-600	73	4.4	0.251	0.031	0.099	0	0		0	0.36	0.101	0.49	0.21	0.51	0.41	0.073	0	0.65	0	0.003		
Zircon_60	3.18328		16	3900	4.5	1900	5700	880	4200	890	11.1	510	50	379	132	621	1290	262	8200	43.00	1980	622		
Zircon_61	0.237692	990	13	733	2.51	1.06	3.42	0.195	1.43	3.2	0.335	18.2	6.24	68.5	23.8	100.2	172	33	8390	3.05	92.7	390		
Zircon_62	0.250408	390	15.9	956	3.15	0.097	3.48	0.099	1.73	4.08	0.413	21.6	7.19	85.8	31.5	132.1	247	50	10390	9.40	138.2	551.9		
Zircon_63	0.222419	680	8.3	736	1.76	1.79	4.28	0.326	2.28	3.08	0.72	19.8	6.76	73.6	25.2	97.3	168.5	31.8	7630	4.43	75.4	339		
Zircon_64	0.24507	1200	2090	332	2.53	3.2	7.02	1.06	6.7	7.2	1.03	19.7	5.2	39.7	10.5	36.7	49.8	8.8	3930	3.30	17.4	71		
Zircon_65	0.124398	1600	8.2	662	1.57	0.331	2.47	0.099	0.78	2.39	0.291	14	5.32	58.9	20.6	88.2	150.4	29.6	11210	3.15	46.5	373.8		

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
Zircon_66	0.07817	200	6.7	304	7.1	0	0.75	0.068	0.78	1.36	0.066	9.9	2.31	22.9	8.8	63	262	64	11260	13.20	31.19	399
Zircon_67	0.12369	-300	1520	1141	3.99	0.038	3.08	0.13	2.21	4.38	0.701	23	8.18	96.1	37.8	175	378	82.7	10030	26.30	59	477
Zircon_68	0.020637	210	3240	550	3.92	0.088	0.272	1	0.14	0.34	0.123	4.19	2.28	38.2	17.5	97.4	279	63.8	8800	5.00	10.05	487
Zircon_69	0.094944	-300	13.9	940	3.22	3.11	7.24	0.99	6.26	7.1	2.14	27.5	8.81	87.3	30.6	132	306	70	8300	16.05	67.6	712
Zircon_70	0.043524	-190	24.1	810	2.24	3.55	10.49	1.75	11.8	10.21	3.4	36.4	9.88	85	24.8	98.1	222	49	8780	18.58	20.5	471
Zircon_71_Chalc12c	0.042957	500	18	130	1.03	17.1	22.8	2.21	7.4	1.28	1.82	5.4	1.57	14.4	3.92	17.7	48	12.1	3040	6.9	4.94	115
C8-A-1601																						
C8-A-1601_01	0.017479	-160	18.9	257	1.05	0.028	1.06	7.4	0.59	6.2	0.6	6.5	3.47	27.2	8.6	37	93	20.7	9800	3.1	4.23	242
C8-A-1601_02	0.214474	-180	15.6	189	1.35	0.103	1.56	7.1	0.68	6.72	0.45	9	3.9	25.7	6.2	21.8	35.9	6.9	10900	1.925	16.3	76
C8-A-1601_03	0.687117	-30	5.6	652	2.91	20	91	15.4	31	17.7	0.6	20	6.48	57	22.1	99	227	44.7	11700	24.25	112	163
C8-A-1601_04	0.15283	2200	22	850	1.5	0.29	5	16.7	4.6	29	1.7	71	17	113	27	75	98	18	27000	3.375	81	530
C8-A-1601_05	0.259868	230	16.8	940	2.24	0.094	9.5	7.1	0.8	7.9	0.18	15.2	7.5	78	30.2	141	279	58	11400	43.75	79	304
C8-A-1601_06	0.061842	-880	-0.019	570	3.5	0.12	4.1	9.3	0.41	9.7	0.237	8.5	4.8	47	18.3	93	274	62	14100	9	23.5	380
C8-A-1601_07	0.769231	-410	18.1	1240	5.79	0.214	49.7	6.25	1.75	7.48	0.96	19.9	7.93	91.9	37.3	183	474	104	11240	29.75	900	1170
C8-A-1601_08	0.535211	-280	14.9	164	0.64	0.008	1.69	6.43	0.38	5.2	0.147	3.07	2.07	15.5	5.27	25.1	60.8	13.9	8700	33.25	114	213
C8-A-1601_09	0.262857	-530	12.7	980	2.27	0.106	4.4	9.9	1.31	8.6	0.25	25	13.5	122	32	107	177	34	14100	23.5	92	350
C8-A-1601_10	1.009077	-590	9	1029	1.53	0.013	21.2	6.26	2.01	8.25	1.41	21	8.05	85.7	32.8	150	323	69.1	9550	2.65	66.7	66.1
C8-A-1601_11	0.02644	-170	4.7	275	1.43	1	2.36	6.45	0.159	5.23	0.06	3.44	2.7	20.5	8.6	43.8	126	26.9	12100	68	20.2	764
C8-A-1601_12	0.14	-750	17	440	0.73	0	1.5	9	1.13	15.8	0.089	31	11.4	66	13.7	30	36	6.4	18200	1.85	42	300
C8-A-1601_13	0.072603	2200	31	1800	4.4	5.1	25	15	17	16	2	42	16	147	51	240	610	131	22000	16.75	53	730
C8-A-1601_14	#iVALOR!																					
C8-A-1601_15	0.25	-390	23	1390	3.02	0.075	10.4	7.5	0.86	9.1	0.185	23	9.9	115	47.9	215	426	80	12900	82.5	210	840
C8-A-1601_16	0.100588	-980	24	388	0.71	0.023	2.12	8.8	1.33	11.4	0.2	28.1	8.9	56	11	33.2	61	11	16900	5.75	34.2	340
C8-A-1601_17	0.931507	-90	109	1550	2.04	0.071	21.8	6.1	4.47	13.1	2.94	43.9	14.5	146	53.2	224	411	84	9300	10.975	136	146
C8-A-1601_18	0.102817	-130	12.1	226	0.53	0.025	0.81	6.65	0.79	7.81	0.214	17.8	5.66	32.1	7.1	20.1	37	8.1	12900	1.2375	21.9	213
C8-A-1601_19	0.226241	-160	7.4	1750	2.28	3	6.77	6.3	0.5	6.9	0.415	20.1	10.4	132	61.8	294	705	148	12400	11.075	31.9	141
C8-A-1601_20	0.061443	300	5.1	1460	1.73	0.079	3.28	6.4	0.83	5.12	0.21	15.9	9.9	112	46.6	208	482	98	12800	13.475	29.8	485

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
C8-A-1601_21	0.275676	-210	9	1360	2.7	69	210	28	94	27	0.44	36	10.6	108	45	208	530	118	16200	58.5	102	370
C8-A-1601_22	0.036997	70	10.5	790	1.78	4.1	27.6	6.93	7.2	6.26	0.38	9.2	5.05	58.7	25.4	131	421	92	11000	13.025	23.9	646
C8-A-1601_23	0.876623	220	10.9	1270	3.79	0.029	23.3	6.02	1.7	9.1	2.01	23.1	8.5	90	39.1	190	507	114	10200	2.025	135	154
C8-A-1601_24	0.108955	-260	7.8	295	0.31	0.073	0.91	5.4	0.98	7.4	0.097	19.2	6.01	44.1	8.8	24.3	30.7	5.77	12400	1.16	21.9	201
C8-A-1601_25	0.446886	-300	7.4	497	3.94	0.019	6.06	5.41	0.67	5.55	0.284	8.7	3.82	40	16.2	70.6	162	33.8	10400	25.5	122	273 5.60E+
C8-A-1601_26	0.169643	-90	7.4	530	3.24	0.073	4.31	5.52	0.8	5.2	0.35	9.4	4.66	42.6	16.6	76	182	39.8	11100	29.25	95	02
C8-A-1601_27	0.187879	-150	15	268	0.604	0.069	1.07	5.76	0.59	6.8	0.166	24.2	6.9	42.5	8.9	20.7	23.7	4.2	12400	0.98	31	165
C8-A-1601_28	0.089613	-150	15.2	392	1.42	0.061	4.48	5.54	0.41	4.86	0.195	4.41	2.85	27.8	11.9	61.9	209	48.6	11770	11.525	44	491
C8-A-1601_29	0.233582	-120	11.9	890	1.1	0.018	5.69	5.27	0.54	6.4	0.64	14.2	6.2	71	29	140	322	71	11200	7.2	31.3	134
C8-A-1601_30	0.201416	-70	10.2	374	2.24	0.05	7.23	5.34	0.27	4.54	0.19	5.3	3.02	29.1	11.2	57	161	33.7	12400	42.25	71.1	353
C8-A-1601_31	0.138568	-330	7.2	495	0.88	0.009	1.57	5.5	0.68	5.6	0.131	11.9	5.11	42	14.8	62	133	28.4	12600	44.5	60	433
C8-A-1601_32	0.106164	0	15.7	740	0.98	18.7	45	10.2	18.1	10.3	0.29	15.2	5.8	62	23.2	103	280	57	12600	21.25	46.5	438
C8-A-1601_33	0.553957	40	11.9	740	2.01	0.032	15.8	5.4	0.8	6.6	0.41	14.9	6.1	57.6	22.9	107	214	45.1	9800	28	77	139
C8-A-1601_34	0.339623	-270	420	1020	1.62	57	136	20.8	66	23	0.3	30	8.4	81	32.8	144	277	54	8700	63.5	108	318
C8-A-1601_35	0.045122	-10	13.7	576	1.48	0.269	1.66	5.01	0.88	5.47	0.149	7.42	3.94	43.4	17.1	76.9	182	35.8	11900	9.275	11.1	246
C8-A-1601_36	0.266429	80	10	273	2.05	0	2.87	5.5	1.24	6.1	0.116	12.5	4.9	29.9	8.3	32.2	67	15.2	11400	4.35	37.3	140
C8-A-1601_37	0.238211	-10	263	419	1.43	0.185	11.6	5.57	1.14	5.67	0.332	9.3	3.91	35.6	13.3	56.6	136	29	12200	12.2	58.6	246
C8-A-1601_38	1.468531	-150	24	1010	2.09	0.11	39.4	5.44	8.5	17.2	3.67	45.6	12.5	107	34	126	216	38.9	9380	14.375	210	143
C8-A-1601_39	0.088442	-450	246	450	0.82	0.082	0.92	5	0.7	7.2	0.19	20.6	6.9	50	14.4	51	81	16.9	11400	6.775	17.6	199
C8-A-1601_40	0.0625	20	6.2	690	0.67	0	0.5	5.5	0.53	5.8	0.116	14	6.4	67	22.7	84	159	32	13200	8.2	17.5	280
C8-A-1601_41	0.042894	-30	7.3	520	0.73	0.071	0.98	4.9	0.33	5	0.059	10.5	4.56	46.2	15.6	68	152	34.2	11900	3.575	16.6	387
C8-A-1601_42	0.030222	300	19	910	0.53	0.67	2.3	6.2	3.4	7.4	0.34	15	6.6	81	26	102	166	33	14300	4.1	13.6	450
C8-A-1601_43	0.3	-40	12.5	470	2.47	10.5	38	8.6	17	9.9	0.87	13.7	4.19	39.5	15.1	70	170	34.7	10400	25	162	540
C8-A-1601_44	0.826484	0	15.3	1000	3.86	7.7	75	7.5	12	10.4	1.66	25	8.19	84.4	29.7	142	318	64.2	11500	28.5	362	438
C8-A-1601_45	0.232353	-130	16	499	2.16	0.062	9.9	5.5	1.19	5.63	0.33	11	4.58	48.8	18.2	84	180	37	11800	12	31.6	136
C8-A-1601_46	0.300769	110	7.8	633	1.07	0.018	4.05	5.42	0.45	5.67	0.346	12.3	5.18	54	21.6	94.2	186	38.1	10760	24.85	39.1	130
C8-A-1601_47	0.119672	-240	7.9	154	1.03	0.023	2.83	5.07	0.44	4.97	0.257	3.88	2.13	15.3	4.83	25	80.2	18.1	11160	5.775	14.6	122
C8-A-1601_48	0.8	-220	8.9	899	1	0.021	7.04	6.02	0.9	5.9	0.922	15.5	6.98	77.4	29.2	129	280	58.3	11000	7.9	88	110

C8-A-1601_49	0.238878	-310	6.9	354	1.91	0.023	4.24	4.9	0.32	4.27	0.04	6.64	3.23	30.2	11.81	53.5	109.5	21	10780	17.025	24.7	103.4
C8-A-1601_50	0.137241	150	14.7	960	0.51	0.037	1.55	5.18	1.37	8.1	0.326	32.7	12.2	105	29.2	102	145	24	13600	7.325	39.8	290
C8-A-1601_51	1.676083	-300	7.9	1160	1.4	0.014	21.9	5.72	3.1	10.6	2.67	31.5	10.6	106	39.7	173	328	68	8800	17.925	89	53.1
C8-A-1601_52	0.103689	10	15.7	362	0.42	0.38	1.52	5.62	2.88	9.1	0.416	23.9	6.47	48.8	11.3	33.6	35.7	5.76	13100	1.435	25.3	244
C8-A-1601_53	0.297927	100	12.8	1120	1.98	0.122	7.56	5.42	1.87	8.6	0.251	26.1	9.5	100	36.4	166	340	70.4	14000	58.25	115	386
C8-A-1601_54	0.007682	-90	10.7	654	0.99	0.04	0.258	4.54	0.26	3.66	0.061	4.8	3.64	47.1	21.3	122	414	96.8	12200	12.85	6.66	867
C8-A-1601_55	0.268824	90	16.3	224	0.35	0.061	1.5	4.59	1.86	7.2	0.128	23.4	6.61	42	7.42	15.7	11.2	1.77	11800	0.96	45.7	170
C8-A-1601_56	0.64898	-90	19.6	1126	1.29	0.21	19.1	5.18	3.37	10.4	1.15	32.8	11.1	111	37.6	155	261	50.3	11840	56.5	318	490
C8-A-1601_57	0.371841	-490	540	453	1.53	0.069	11.5	5.37	1.12	7.1	0.39	14	4.89	47	15.6	67	130	26.9	12600	15.05	103	277
C8-A-1601_58	0.102256	-250	24	347	0.52	1.23	4.2	5.78	5.2	8.8	0.59	23.6	6.8	47.7	11.9	43	81	20.1	13600	2.6	27.2	266
C8-A-1601_59	#¡VALOR!																					
C8-A-1601_60	#¡VALOR!																					
C8-A-1601_61	0.611314	-180	14.2	1430	3.46	0.47	51.7	5.95	4.4	8.9	1.39	25.4	9.6	115	47.6	231	511	111	12000	92.75	335	548
C8-A-1601_62	#¡VALOR!																					
C8-A-1601_63	2.282051	90	10.8	2870	9.7	0.214	112	6.8	16.6	25.2	3.1	96	28.7	313	101	440	670	129	11300	59.25	890	390
C8-A-1601_64	0.127901	120	7.4	628	1.38	0.41	9.9	5.83	0.75	5.6	0.178	14	5.95	54.1	19	95	242	54.8	15300	16.35	51.8	405
C8-A-1601_65	0.361386	130	12.3	1890	1.61	0.045	8.9	6.26	0.76	7.1	0.46	24.1	11.3	145	63.6	309	604	126	13900	8.825	73	202
C8-A-1601_66	0.69434	10	8.9	1480	3.74	0.019	21.2	4.82	1.44	6.04	0.503	19.7	8.27	108	45.9	237	554	127	12300	31	552	795
C8-A-1601_67	0.138462	-800		338	3.8	0	25	5.8	0.28	5.2	0.17	3.7	2.25	33	13.8	77	188	48	16800	65.25	72	520
C8-A-1601_68	0.490291	-470	12	448	2.51	0.056	32.3	5.95	0.55	5.33	0.34	5.82	3.47	34.8	14.2	73.6	186	42.9	14000	25.75	101	206
C8-A-1601_69	0.02029	-260	6.7	815	0.77	0.084	0.498	4.72	0.48	3.73	0.029	8	5.08	65.2	24.6	111	202	41.9	14200	2.75	8.4	414
C8-A-1601_70	0.22	-390	19.3	552	1	0.025	1.93	4.75	0.62	4.93	0.121	9.8	4.93	49.3	18.7	81.4	156	31.7	9900	17.925	39.6	180
C8-A-1601_71	0.058333	-60	21	402	0.55	0.24	0.84	4.56	1.05	5.16	0.272	12.7	4.49	44.2	12.3	41.4	58.9	10.95	12440	2.29	16.1	276
C8-A-1601_72	0.685606	-240	6.2	1100	1.07	0.024	25.8	4.74	5.45	10.6	1.69	33.5	10.7	107	37.4	165	297	61.9	10800	89.25	181	264
C8-A-1601_73	0.276995	-100	9.9	721	1.55	0.012	14.8	5.08	1.13	6.5	0.68	17.1	6.31	68.5	23.3	104	185	39.5	12100	28.5	59	213
CH-1																						
CH1_20	0.071924	-60	2.9	98.1	0.49	0.002	0.542	4.71	0	3.17	0.066	0.84	1.1	6.61	2.87	16.9	66.6	20.3	9660	14.3	41.5	577
CH1_21	0.059272	-220	5.4	106	0.63	0.068	0.55	4.1	0.18	3.55	0.056	1.28	1.14	8.7	3.71	18	54.2	15.1	11000	2.95	17.9	302
CH1_22	0.04137	-100	3	218	1.04	0.007	0.698	4.28	0.07	3.32	0.098	2.51	1.66	16.3	6.85	37.8	107	27.6	12300	4.575	30.2	730

	Th/U	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
CH1_23	0.044211	-610	5.8	329	1.64	0.034	1.27	4.91	0.3	3.65	0.184	3.64	2.35	23.1	10	52.9	133	32	13600	4.1	33.6	760
CH1_24	0.025556	-210	4.3	321	0.73	0.021	0.53	4.55	0.023	3.23	0.083	2.51	1.84	18.6	9.4	55	173	50.7	13400	9	41.4	1620
CH1_25	0.041062	-310	8.8	332	1.87	0.019	1.11	4.55	0.12	3.55	0.086	2.7	2.17	23.5	10.2	56.9	144	34.5	13700	5.55	46.4	1130
CH1_26	0.527174	-260	5.5	1890	8.5	0.038	7.4	3.96	1.58	6.6	0.52	32.5	14	169	62.1	290	574	133	8700	7.025	970	1840
CH1_27	0.429487	530	18.6	1770	4.3	0.185	5	4.6	2.4	8.7	0.88	32	12.9	146	60	267	560	122	9100	5.375	670	1560
CH1_28																						
CH1_29	0.0521	-130	4.2	231	0.46	0.032	0.55	4.23	0.161	3.22	0.234	2.61	1.68	16.4	6.63	38.6	115	33.3	11340	5.525	52.1	1000
CH1_30																						
CH1_31	0.035161	-420	3.8	228	0.85	0.01	0.7	4.23	0.17	3.43	0.094	2.18	1.54	14.6	6.85	38	120	34.6	12600	6.75	43.6	1240
CH1_32																						
CH1_33	0.047692	1000	3.7	432	1.31	0.059	0.69	5.2	0.09	4.2	0.128	4.4	2.85	30.8	13.4	70	179	44	13800	3.625	31	650
CH1_34	0.220126	1270	10.4	1400	1.13	4.6	14.8	4.97	4.5	5.8	1.96	22.3	8.5	104	43.2	204	436	109	7400	9.325	350	1590
CH1_35																						
CH1_36																						
CH1_37	0.14346	-430	3.6	141	0.36	0.031	0.304	4.18	0.068	3.6	0.052	2.24	1.5	11.9	4.22	19.8	41.2	11.6	10890	1.115	10.2	71.1
CH1_38	0.683153	-240	9	1310	7	6.2	70	7.1	10.4	10.6	0.52	23.2	9.1	108	42.6	201	452	96	11700	130.75	442	647

ANEXO 3 RUTILOS

	Al	Sc	V	Cr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Pb	Th	U
Rut-01	1540	9.1	689	445	0.87	1042	1634	24.3	30.4	0.7	1.63	0.142	0.32	0.13	0.015	0.133	0.0385	0.17	0.0244	0.044	0.029	0.0054	54.7	100.6	69.4	1.05	0.08	0.5
Rut-02	1.80E+03	13.5	686	503	1.38	1113	1725	23.4	49	4	11.5	0.33	1.12	0.25	0.04	0.43	0.056	0.27	0.036	0.14	0.17	0.016	57.3	113.7	70.2	3.7	0.58	0.58
Rut-03	1440	19.9	2202	265	3.1	1590	1323	8.33	25.8	0.38	0.45	0.107	0.141	0.108	0.0025	0.219	0.072	0.46	0.118	0.47	0.32	0.041	49	76.2	11.11	1	0.024	1.2
Rut-04	2.12E+05	222	2749	629	148	2350	2073	26.6	29.1	3.3	5.9	0.87	4.1	7.1	0.454	31.4	7.32	38.5	5.82	10.8	5.58	0.789	85.1	92	55.1	5.28	0.087	0.51
Rut-05	3.88E+04	64.9	2651	379	24.1	1805	1960	24.5	27	0.99	3.1	0.21	0.66	1.4	0.074	4.84	1.094	6.02	0.88	1.581	0.9	0.138	71.3	88.7	51.5	2.6	0.069	0.44
Rut-06	1.11E+05	209	3480	850	77.4	2890	1151	17.5	48	10.8	29	1.45	6.2	4.07	0.379	13.7	3	16.4	2.58	5.16	3.96	0.599	74	35.2	42.8	10.9	0.6	2.6
Rut-07	6.59E+04	57.6	2514	606	41.1	1970	2188	34.3	29.6	3.31	5.2	0.96	3.88	2.69	0.352	6.6	1.52	8.39	1.31	2.86	1.9	0.272	75.1	75.6	50.6	5.37	0.072	0.52
Rut-08	188.9	11.39	1783	326.9	0.225	1544	1797	37.8	21.5	0.017	0.045	0.0597	0.029	0.048	0	0.0182	0.0211	0.082	0.0042	0.0182	0.0146	0.0031	80.1	85.8	71.7	0.365	0.013	0.23
Rut-09	558	27.1	837	252.6	0.661	1534	1323	62.4	42.7	1.12	1.68	0.142	0.356	0.147	0.0122	0.177	0.046	0.245	0.0246	0.068	0.091	0.0155	63	17.85	40.5	2.64	0.032	0.52
Rut-10	2.43E+04	34.6	2555	456	11.97	1760	2131	28.47	22.3	0.41	0.825	0.165	0.533	0.79	0.051	2.54	0.626	3.28	0.447	0.782	0.488	0.065	72.5	107.3	72	2.48	0.068	0.88
Rut-11	4.59E+04	124.4	1220	295.7	320	572	1714	68.5	27.8	3.30E+03	6.50E+03	770	3.20E+03	920	22.8	910	82	173	13.5	13.9	4.5	0.53	45.9	70.5	61.6	5.4	520	57
Rut-12	388	26.52	1128	249.2	0.579	1358	1991	38.8	22.1	0.411	0.587	0.106	0.238	0.106	0.0061	0.164	0.0425	0.198	0.0277	0.072	0.093	0.0183	72.3	69.66	66.7	1.43	0.042	0.23
Rut-13	610	44.7	2458	353	3.2	2022	2717	27	32.9	0.64	2.1	0.15	0.25	0.156	0.0066	0.46	0.11	0.74	0.154	0.38	0.45	0.068	74.5	106.8	40.7	2.01	0.049	0.73
Rut-14	245	16.45	2450	361.8	2.03	2230	2894	33.2	24.8	0.043	0.117	0.092	0.071	0.097	0.0009	0.308	0.102	0.53	0.107	0.181	0.168	0.025	82	192.3	79.8	0.78	0.042	1.1
Rut-15	456	27.7	2682	404.3	0.334	1871	2798	32.2	23.9	0.179	0.58	0.088	0.13	0.128	0.003	0.229	0.0626	0.165	0.0206	0.0265	0.04	0.0074	78.3	209.5	87.3	0.811	0.019	0.49
Rut-16	395	13	1017	303.3	0.53	1097	1610	36.9	30	0.245	0.69	0.078	0.196	0.084	0.0035	0.092	0.0299	0.151	0.0186	0.054	0.071	0.0161	56.2	62.6	72	1.46	0.07	0.54
Rut-17	680	38.1	675	362	1.03	1105	990	49.5	35.5	1.6	2.6	0.137	0.48	0.188	0.0077	0.265	0.0579	0.313	0.0471	0.102	0.159	0.0263	38.2	4.68	51.4	2.38	0.072	0.23
Rut-18	5.00E+03	6.1	557	236.5	0.354	1313	1844	55.4	34.5	0.45	1.46	0.081	0.161	0.087	0.003	0.056	0.0249	0.104	0.0132	0.0209	0.028	0.0041	58.2	53.1	48.5	1.78	0.043	0.52
Rut-19	2.33E+04	23.3	373.9	468	0.708	1145	2023	71.4	27.3	0.559	0.95	0.153	0.411	0.129	0.0127	0.169	0.042	0.205	0.0346	0.061	0.068	0.0126	54.6	66	61.9	0.93	0.083	0.39
Rut-20	3340	65.7	528.4	479.8	0.524	1478	1796	48.6	23.3	0.256	0.333	0.0865	0.142	0.112	0.004	0.128	0.0473	0.149	0.025	0.066	0.086	0.0138	67.3	69	61.6	1.45	0.028	0.56
Rut-21	720	31	562.7	162	0.319	1521	2353	35	25.2	0.113	0.221	0.0722	0.13	0.082	0.0032	0.095	0.0269	0.093	0.0141	0.0222	0.026	0.0065	87.9	74.6	70.1	1.19	0.014	0.18
Rut-22	295	36.2	611	288.1	0.321	1415	1868	35.2	25.3	0.111	0.265	0.0792	0.208	0.097	0	0.136	0.0449	0.166	0.0157	0.0338	0.031	0.0093	82.8	65.7	58.5	0.742	0.044	0.94
Rut-23	810	121.4	166.3	466	1.03	1061	2339	41.6	31	0.52	0.58	0.103	0.24	0.193	0.0033	0.362	0.082	0.302	0.052	0.093	0.134	0.0179	58.8	80.2	66.4	1.04	0.097	0.92
Rut-24	1.14E+04	23.9	468.4	469.1	0.617	1673	1891	61.2	22.4	0.321	0.476	0.106	0.184	0.1	0.0042	0.149	0.055	0.206	0.0318	0.068	0.092	0.0188	70.3	41.38	56.2	0.87	0.15	0.38
Rut-25	1090	28.5	807	538.7	1.07	1390	1868	55.7	21.58	0.15	0.269	0.0841	0.146	0.071	0	0.145	0.0478	0.287	0.06	0.163	0.142	0.047	61.3	58.49	55.99	0.658	0.058	0.42

	Al	Sc	V	Cr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Pb	Th	U
Rut-26	1.24E+04	18.1	988	456.7	0.491	1509	1804	62	26.8	0.177	0.369	0.101	0.186	0.08	0.0011	0.117	0.043	0.191	0.0201	0.045	0.072	0.0117	66.5	73.9	60.4	0.892	0.039	0.33
Rut-27	2080	22.4	768.3	291.8	0.681	1820	2174	79.7	31.3	0.176	0.291	0.0869	0.167	0.095	0.0054	0.178	0.0537	0.225	0.0389	0.064	0.045	0.0128	90.9	98.3	65	0.676	0.04	0.38
Rut-28	318.2	34.2	775	288.5	0.517	1375	1856	83.2	23.68	0.0673	0.17	0.0637	0.097	0.077	0	0.109	0.0353	0.174	0.0247	0.057	0.071	0.016	75.9	79.9	62.2	0.371	0.031	0.33
Rut-29	960	38.9	2603	392	0.428	1554	2290	39	20.71	0.423	0.605	0.116	0.259	0.155	0.0049	0.244	0.0628	0.224	0.0201	0.0371	0.034	0.0065	72.8	129.6	72.09	0.71	0.045	0.66
Rut-30	383	12.2	374.4	189	0.268	1366	1785	47.9	46.1	0.065	0.15	0.052	0.057	0.057	0.0057	0.039	0.021	0.054	0.0071	0.023	0.0108	0.0021	62.8	61.8	50.4	0.99	0.027	0.76
Rut-31_CHALC-16	1750	32	456	400	1.12	1174	1990	43	85	13	18	0.41	1.38	0.17	0.026	0.67	0.033	0.44	0.044	0.036	0.033	0.012	61.5	67.7	57.9	4.5	0.52	0.61

Comments	Approx_U_PP_M	FinalNoTh207_23_5	FinalNoTh207_235_Prop2_SE	FinalNoTh206_23_8	FinalNoTh206_23_8_Prop2		FinalAgeNoTh206_23_8	FinalAgeNoTh206_238_Prop2_SE	FinalAgeNoTh207_23_5	FinalAgeNoTh207_235_Prop2		FinalAgeNoTh206_23_8	FinalAgeNoTh206_238_Prop2_SE	FinalAgeNoTh207_23_5	FinalAgeNoTh207_23_5
					Rho	SE				SE	SE				
Rut-01	52	-0.12	0.27	0.0033	0.002	0.64	21	13	-50	110	21	13	2.70E+03	1.40E+03	
Rut-02	37	0.03	0.47	0.0036	0.0031	0.62	23	20	220	270	23	20	2890	890	
Rut-03	94	0.02	0.14	0.0039	0.0015	0.61	24.9	9.9	32	110	24.9	9.9	2880	540	
Rut-04	26.4	-0.14	0.6	0.0023	0.0064	0.57	14	41	-240	650	14	41	4060	470	
Rut-05	45	0.02	0.42	0.0068	0.0033	0.46	43	21	200	240	43	21	3330	740	
Rut-06	23	1.3	1.3	0	0.012	0.30	-1	75	860	410	-1	75	3920	460	
Rut-07	53	0.08	0.39	0.0043	0.0031	0.75	27	20	20	300	27	20	3850	480	
Rut-08	106.7	0.065	0.057	0.00319	0.00058	0.49	20.5	3.7	56	52	20.5	3.7	2650	490	
Rut-09	98	0.05	0.18	0.0044	0.002	0.12	28	13	-30	210	28	13	2710	330	
Rut-10	70	0.02	0.35	0.0024	0.0035	0.23	16	23	-140	410	16	23	3730	720	
Rut-11	480	-0.48	0.074	0.00092	0.00054	0.25	5.9	3.5	-680	140	5.9	3.5	no value	NAN	
Rut-12	90.4	0.03	0.18	0.0034	0.002	0.24	22	13	40	170	22	13	4140	360	
Rut-13	67	-0.06	0.23	0.0059	0.0027	0.18	38	17	110	160	38	17	2.90E+03	1.10E+03	
Rut-14	122	0.077	0.078	0.0045	0.0012	0.76	29	7.8	63	63	29	7.8	2800	440	
Rut-15	93	-0.036	0.082	0.00387	0.001	0.59	24.9	6.5	-52	73	24.9	6.5	3.00E+03	1.10E+03	
Rut-16	67	0.04	0.2	0.0048	0.0015	0.27	33	11	0	190	33	11	2430	640	
Rut-17	52	0.13	0.36	0.0008	0.0021	0.39	5	14	120	230	5	14	3210	620	
Rut-18	77	0.07	0.15	0.0034	0.0017	0.47	21.5	11	80	160	21.5	11	3740	330	
Rut-19	81.2	0.05	0.15	0.00387	0.00082	0.45	24.9	5.3	40	140	24.9	5.3	2740	790	
Rut-20	75.8	0.19	0.16	0.0067	0.0017	0.48	43.1	11	170	130	43.1	11	3060	900	
Rut-21	74	0.21	0.11	0.0043	0.0018	0.31	27.9	11	140	130	27.9	11	3250	690	
Rut-22	109	0.029	0.087	0.0032	0.0011	0.52	20.6	7.3	40	110	20.6	7.3	2620	930	
Rut-23	53	-0.08	0.37	0.0022	0.002	0.85	14	13	-90	180	14	13	3.10E+03	1.50E+03	
Rut-24	111.7	-0.002	0.091	0.0039	0.00094	0.34	25.1	6	-24	94	25.1	6	2900	480	
Rut-25	91.2	-0.006	0.1	0.00262	0.001	0.05	16.9	6.4	-10	130	16.9	6.4	3620	820	
Rut-26	79.7	0.05	0.13	0.0035	0.0015	0.12	22.4	9.7	20	130	22.4	9.7	3900	340	
Rut-27	112.5	-0.026	0.061	0.00289	0.00068	-0.14	18.6	4.4	-25	67	18.6	4.4	2590	770	
Rut-28	111	-0.008	0.042	0.00265	0.00059	0.23	17	3.8	-12	44	17	3.8	2170	660	
Rut-29	90.2	0.086	0.092	0.00305	0.001	-0.07	19.6	6.4	82	80	19.6	6.4	3.10E+03	1.30E+03	
Rut-30	49	-0.08	0.4	0.0039	0.0028	0.85	25	18	130	160	25	18	3170	870	

ANEXO 4 GRANATES

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	
Grt-101 CHALC 12a	38.72	0.03	21.76	28.25	0.97	9.16	1.09	0.03	0.253	0.677	0.078	1	4.73	0.186	19.74	5.53	50	12.09	36.7	31.6	3.92	B
Grt-102	39.28	0.02	21.31	28.28	0.92	9.09	1.07	0.03	0.267	0.56	0.109	1.04	5.09	0.177	18.87	5.4	50.3	12.73	38.9	32.6	4.3	
Grt-103	37.54	0.03	21.94	28.63	0.85	9.74	1.26	0.02	0.0009	0.047	0.041	1.35	4.01	0.174	12.71	3.896	45.5	12.47	41.6	31.98	3.73	
Grt-104	40.68	0.06	21.69	26.77	0.83	8.49	1.46	0.01	0.058	0.184	0.0479	1.15	3.24	0.179	8.28	2.95	38.4	11.85	40.5	31.41	3.49	
Grt-105	38.41	0.02	21.60	28.07	0.84	9.76	1.28	0.01	0.0009	0.0286	0.0331	1.09	2.97	0.151	7.48	3.28	50.2	16.55	58.3	44	4.88	
Grt-106	36.99	0.02	22.04	28.83	0.94	9.81	1.37	0.01	0.057	0.14	0.061	1.23	2.08	0.17	6.25	3.12	49.78	17.19	62.7	51.7	5.98	
Grt-107	37.76	0.02	21.99	28.28	0.86	9.67	1.41	0.01	0.012	0.091	0.0607	1.13	1.52	0.147	5.43	2.92	49	17.12	64.4	56	7.04	
Grt-108	37.30	0.02	22.11	28.68	0.81	9.71	1.36	0.01	0	0.051	0.048	1.01	1.13	0.122	4.8	2.968	51.3	18.73	72.9	65.5	8.39	
Grt-109	37.57	0.02	22.06	28.57	0.93	9.45	1.38	0.01	0.0254	0.09	0.062	1.1	1.2	0.105	5.14	3.1	54.8	20.13	80.6	75.1	9.47	C
Grt-110	38.29	0.02	21.66	28.58	0.86	9.30	1.26	0.02	0.0071	0.04	0.048	1.26	3.46	0.17	12.69	4.2	41.3	9.04	22.72	14.55	1.8	
Grt-111	36.24	0.02	22.16	29.74	1.11	9.31	1.40	0.01	0.0065	0.07	0.0589	1	1.34	0.147	5.7	3.51	60.1	23.05	92.4	84.3	10.47	
Grt-112	37.53	0.02	21.98	28.72	1.12	9.24	1.37	0.01	0.026	0.12	0.055	0.96	1.53	0.12	5.95	3.29	59.8	23.31	96.4	85.3	11.03	
Grt-113	37.06	0.02	22.30	29.22	0.87	9.24	1.27	0.02	0.0288	0.093	0.049	1.07	1.96	0.106	6.12	2.95	39.8	10.61	28.74	14.86	1.737	
Grt-114	39.54	0.03	22.09	26.12	0.95	9.90	1.33	0.05	0.021	0.095	0.061	1.57	5.33	0.183	20.37	4.96	36.7	7.09	18.09	15.36	1.945	B
Grt-201	37.47	0.02	22.09	28.02	1.11	10.04	1.22	0.02	0.0062	0.053	0.068	1.05	2.07	0.131	11.01	3.83	32.7	5.38	10.5	5.83	0.714	B
Grt-202	38.27	0.02	21.93	27.73	0.95	9.92	1.16	0.02	0.0095	0.058	0.0498	0.61	1.12	0.09	6.35	3.44	45.3	11.64	29.32	14.19	1.712	
Grt-203	36.53	0.02	22.51	28.99	0.91	9.82	1.20	0.02	0.0047	0.053	0.04	0.454	0.83	0.111	6.52	3.67	49.8	12.99	33.68	16.59	1.894	
Grt-204	37.39	0.02	22.18	28.44	0.93	9.82	1.21	0.02	0	0.043	0.0218	0.273	0.771	0.073	5.96	3.56	50.3	13.61	35.8	17.27	1.907	
Grt-205	37.65	0.02	22.06	28.31	0.91	9.84	1.19	0.02	0.0135	0.086	0.045	0.61	0.767	0.097	6.15	3.61	52.4	14.67	40.9	20.94	2.41	
Grt-206	37.43	0.02	22.21	28.32	0.85	9.91	1.24	0.02	0	0.039	0.0434	0.677	0.97	0.086	6.2	3.61	55.6	16.83	53.6	35.9	4.01	
Grt-207	37.52	0.02	22.35	28.20	0.79	9.85	1.25	0.02	0	0.045	0.0366	0.708	1.03	0.085	5.98	3.66	58.1	19.03	65.6	53.1	6.47	C
Grt-208	37.00	0.02	22.28	28.74	0.80	9.90	1.24	0.02	0	0.036	0.0343	0.516	0.73	0.097	5.21	3.363	48.8	13.86	39.55	24.13	2.614	
Grt-209	38.39	0.01	21.92	27.85	0.83	9.77	1.21	0.02	0.001	0.046	0.0344	0.302	0.77	0.099	6.18	3.23	42.7	10.13	23.17	10.54	1.083	
Grt-210	38.39	0.02	21.88	27.90	0.81	9.80	1.19	0.02	0	0.0265	0.0308	0.478	0.84	0.077	5.44	2.97	38.8	8.7	20	9.03	0.973	
Grt-211	39.21	0.02	21.61	27.42	0.81	9.75	1.16	0.02	0.005	0.0191	0.0177	0.498	1.04	0.08	5.44	2.967	37.1	9.17	23	10.95	1.283	

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	
Grt-212	39.66	0.02	21.39	27.33	0.78	9.62	1.19	0.02	0.0126	0.047	0.0317	0.75	1.46	0.104	6.27	2.55	24.4	4.49	8.66	3.54	0.354	
Grt-212	41.31	0.10	21.13	25.90	0.85	9.38	1.27	0.06	0.272	0.643	0.118	1.78	4.38	0.274	19.44	4.93	37.7	7.55	21.11	19.51	2.638	
Grt-301	41.35	0.08	20.77	27.98	1.28	7.54	0.96	0.04	0.31	1.13	0.124	0.63	2.5	0.31	20.9	9.1	93	20.4	50	35	4.87	B
Grt-302	38.65	0.02	21.33	29.16	1.37	8.32	1.12	0.02	0.0072	0.036	0.0191	0.55	2.66	0.1	9.3	3.48	35.6	7.3	14.96	5.48	0.598	B
Grt-303	38.97	0.05	21.26	28.47	1.58	8.53	1.11	0.03	0.07	0.12	0.0246	0.54	2.26	0.088	11.84	4.68	49.8	10.86	25.1	14.77	1.89	
Grt-304	40.82	0.02	21.13	27.36	1.61	7.73	1.30	0.03	0.414	0.715	0.08	0.707	1.76	0.273	8.57	3.96	41.7	8.92	20.98	12.35	1.739	
Grt-305	38.43	0.02	21.49	29.40	1.09	8.40	1.14	0.02	0.01	0.055	0.0129	0.68	2.74	0.102	10.72	3.66	37.4	7.66	15.88	5.49	0.659	
Grt-306	39.54	0.02	20.81	29.10	1.01	8.41	1.09	0.02	0.078	0.291	0.04	0.88	3.01	0.111	10.19	3.7	38.7	7.84	16.32	5.56	0.657	
Grt-307	38.94	0.02	21.13	29.29	0.98	8.49	1.11	0.02	0.097	0.193	0.044	0.9	2.6	0.134	8.78	3.6	38.1	7.89	16.34	5.53	0.675	
Grt-308	39.86	0.02	20.85	28.74	0.98	8.39	1.13	0.02	0.0042	0.04	0.038	0.935	2.52	0.098	9.1	3.51	35.4	7.51	15.09	5.61	0.713	C
Grt-309	40.54	0.04	20.23	28.19	1.67	8.13	1.17	0.03	0.114	0.347	0.063	1.32	3.34	0.159	21.6	8.32	83.2	19.03	53.9	51.8	7.81	C
Grt-310	38.47	0.02	21.43	29.14	1.16	8.57	1.19	0.02	0.0047	0.053	0.045	1.13	3.21	0.097	12.22	3.66	32.24	6.23	13.98	8.4	1.235	
Grt-311	40.04	0.03	20.66	28.72	0.90	8.48	1.15	0.02	0.105	0.361	0.07	1.23	3.59	0.149	12.66	4.08	33.95	6.31	12.82	6.99	0.9	
Grt-312	38.72	0.03	21.34	28.76	0.87	9.01	1.24	0.03	0.056	0.153	0.081	1.6	4.92	0.162	18.52	5.18	40.5	7.6	18.93	15	2.189	
Grt-313	39.15	0.03	21.28	28.76	0.91	8.66	1.18	0.02	0.0021	0.098	0.061	1.51	4.32	0.184	18.48	5.43	43.6	8.19	18.76	12.61	1.809	
Grt-314	39.78	0.03	21.03	27.48	1.09	9.35	1.20	0.04	0.0156	0.113	0.094	1.88	5.65	0.191	21.31	5.13	36.7	6.8	17.66	15.12	2.12	
Grt-315	38.88	0.03	21.29	28.01	1.04	9.43	1.28	0.04	0.0135	0.136	0.108	2.19	5.51	0.205	21.61	5.52	39.4	7.13	18.91	17.08	2.65	B
Grt-401	38.73	0.03	21.54	28.46	0.89	9.13	1.18	0.03	0.038	0.106	0.07	1.62	5.39	0.168	21.5	5.64	40.1	6.37	12.92	8.3	1.013	B
Grt-402	39.22	0.03	21.55	27.91	0.93	9.09	1.25	0.02	0.0127	0.069	0.045	1.18	4.79	0.148	15.69	4.83	42.3	8.36	19.53	12.01	1.558	
Grt-403	40.61	0.03	21.04	26.87	1.43	8.76	1.24	0.02	0.415	1	0.145	1.4	3.93	0.15	15.2	5.34	51.6	11.4	30.8	30.1	4.64	
Grt-404	38.56	0.03	21.65	28.21	0.91	9.40	1.22	0.02	0.0064	0.035	0.0268	0.767	4.1	0.166	13.1	4.13	36.5	7.07	17.02	10.14	1.162	
Grt-405	39.00	0.03	21.22	28.45	0.85	9.26	1.17	0.02	0.026	0.066	0.029	1.05	4.75	0.177	14.38	4.37	38.9	8.19	20.9	12.91	1.693	
Grt-406	39.17	0.03	21.30	28.34	0.80	9.15	1.19	0.02	0.03	0.064	0.02	0.73	4.35	0.116	13.65	4.16	38.4	8.08	20.17	12.16	1.583	C
Grt-407	38.53	0.03	21.79	28.40	0.79	9.20	1.23	0.02	0	0.0099	0.031	1.08	4.28	0.138	12.79	3.9	37.3	8.33	21.1	11.82	1.389	
Grt-408	37.59	0.03	21.79	29.20	0.84	9.31	1.23	0.02	0.0052	0.0195	0.0139	0.68	4.1	0.142	13.42	4.05	35.8	7.08	16.81	8.58	0.966	
Grt-409	38.39	0.03	21.53	28.83	0.87	9.06	1.27	0.02	0.022	0.076	0.0278	0.65	3.82	0.161	13.81	4.01	35.2	6.52	14.08	7.49	0.794	
Grt-410 Chacl 12a	37.48	0.02	21.97	29.07	1.15	9.00	1.26	0.03	0.06	0.145	0.038	0.81	3.83	0.163	18.99	5.82	55.2	14.15	49.8	62.8	10.45	B

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	
Grt-101a CHALC-12 C	37.70	0.03	21.21	30.17	1.04	8.77	1.07	78.00	0.163	0.369	0.084	1.17	5.17	0.15	19.64	5.03	55	18.44	81	104.5	14.85	B
Grt-102a	36.92	0.03	22.11	29.76	0.88	9.04	1.26	0.02	0.031	0.072	0.0323	0.95	4.32	0.174	10.27	3.34	53.5	20.56	84.5	90.7	12.06	C
Grt-103a	36.60	0.03	22.23	29.82	0.85	9.22	1.24	0.01	0.0029	0.045	0.0387	0.89	4.48	0.147	12.41	3.7	46.7	14.6	52.3	45.5	5.11	
Grt-104a	50.58	0.03	28.33	14.06	0.35	4.76	1.87	0.02	3.33	6.12	0.709	3.2	2.7	0.339	7.89	2.1	18.49	4.47	12.84	9.43	0.975	B
Grt-105b	37.46	0.03	21.98	29.40	0.85	8.99	1.26	0.02	0.114	0.282	0.056	1.13	4.54	0.173	11.69	3.611	44.5	13.8	46.2	33.64	3.75	C
Grt-106b	37.45	0.03	21.98	29.39	0.84	9.08	1.21	0.02	0.034	0.123	0.047	1.32	4.47	0.179	13.49	3.8	37.2	8.69	22.48	13.27	1.415	
Grt-107b	36.58	0.03	22.16	29.84	0.82	9.23	1.31	0.03	0	0.0541	0.053	1.44	5.22	0.199	17.64	4.49	35.5	6.89	15.41	9.02	1.043	
Grt-108b	37.66	0.03	21.77	29.42	0.81	9.06	1.22	0.03	0.0053	0.075	0.045	1.4	5.11	0.203	15.51	4.38	33	6.29	13.77	7.35	0.954	
Grt-109b	38.49	0.03	21.77	28.51	0.83	9.11	1.24	0.03	0.05	0.179	0.084	1.94	4.53	0.22	18.2	4.16	29.49	4.97	10.56	7.59	0.911	
Grt-110b	38.00	0.04	21.90	28.72	0.81	9.15	1.33	0.04	0.0114	0.107	0.084	1.81	5.76	0.213	19.06	4.1	29.54	6.36	19.1	19.47	3	
Grt-111b	38.56	0.03	21.61	27.93	0.89	9.62	1.32	0.05	0.0135	0.127	0.093	2.16	5.73	0.2	18.41	4.02	29.6	5.76	15.29	13.1	1.735	B
Grt-201	0.00	1.21	120.55	58.18	2.32	12.93	-99.19	4.00	-0.2	-3.6	-0.09	-0.06	0.23	0.03	0.3	0	-1	0	0.13	0	0	B
Grt-202	38.87	0.04	21.42	27.92	0.82	9.67	1.21	0.05	0.075	0.163	0.089	1.81	6.26	0.202	19.61	3.58	21.22	3.46	7.99	7.63	1.03	
Grt-203	38.09	0.03	21.75	28.35	0.78	9.74	1.23	0.03	0.0233	0.127	0.093	1.83	6.03	0.21	20.75	4.32	26.7	4.02	8.14	6.09	0.798	
Grt-204	41.83	0.03	22.26	24.54	0.83	9.30	1.18	0.02	0.138	0.329	0.1	1.82	3.85	0.185	12.25	3.61	30.4	5.48	11.71	6.8	0.88	
Grt-205	38.44	0.04	21.67	27.94	0.96	9.73	1.19	0.02	0.316	0.72	0.134	1.58	3.36	0.198	9.67	3.12	26.92	4.78	10.37	5.5	0.604	
Grt-206	38.21	0.02	21.72	28.54	0.74	9.58	1.18	0.02	0.96	3.83	0.68	4.66	4.94	0.87	10.29	3.3	27.8	4.97	10.97	7.06	0.867	
Grt-207	38.76	0.04	21.53	28.30	0.88	9.28	1.20	0.02	0.047	0.115	0.04	1.06	3.06	0.136	8.17	3.02	28.18	5.52	13.44	9.02	1.166	
Grt-208	39.01	0.02	21.37	28.28	0.97	9.18	1.15	0.02	0.081	0.174	0.066	1.166	3.74	0.171	10.13	3.202	29.38	5.91	14.19	10.07	1.186	C
Grt-209	40.91	0.03	20.67	27.33	1.09	8.89	1.05	0.02	0.033	0.101	0.067	0.81	4.49	0.196	16.6	4.69	41.4	9.8	26.6	22.1	2.88	
Grt-210	39.12	0.04	21.94	28.32	1.23	8.17	1.16	0.02	0.237	0.65	0.126	1.52	4.14	0.131	13.69	3.5	30.07	6.04	14.88	10.58	1.283	
Grt-211	37.81	0.02	21.80	29.11	0.88	9.17	1.19	0.02	0	0.0501	0.0385	1.14	2.53	0.11	6.87	2.48	22.6	3.88	8.16	4.11	0.388	
Grt-212	37.54	0.02	21.79	29.36	0.83	9.31	1.13	0.02	0.0082	0.088	0.0709	1.19	2.18	0.094	6.57	2.33	18.81	3.11	6.11	3.57	0.374	
Grt-213	38.77	0.02	22.15	27.92	0.91	9.00	1.20	0.02	0.735	1.27	0.228	1.74	2.65	0.157	8.47	2.56	20.05	3.71	8.37	5.52	0.67	
Grt-214	38.35	0.02	21.95	28.28	0.91	9.30	1.17	0.02	0.057	0.167	0.0561	1.11	2.76	0.127	10.23	3.57	29.61	5.55	12.21	7.97	1	
Grt-215	38.48	0.39	21.56	28.04	1.09	9.25	1.15	0.04	0.603	1.027	0.158	1.96	5.42	0.267	21.61	5.53	46	9.56	29.3	28.4	4.49	
Grt-216	37.91	0.03	21.77	28.20	0.94	9.81	1.28	0.05	0.0097	0.085	0.066	1.78	5.87	0.2	19.74	4.68	32.8	5.95	13.77	12.21	1.608	B

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	
Grt-301	37.87	0.03	21.99	27.60	0.93	10.34	1.22	0.02	0.055	0.159	0.083	1.177	3.07	0.125	14.16	4.9	39.5	7.27	16.09	9.27	1.211	B
Grt-302	37.09	0.02	22.22	28.91	0.78	9.79	1.16	0.02	0	0.063	0.061	1.18	2.84	0.125	15.2	5.3	43.9	7.94	18.71	11.02	1.381	
Grt-303	37.63	0.02	22.06	28.68	0.76	9.67	1.15	0.02	0	0.073	0.058	0.95	2.77	0.102	16.13	5.48	46.2	8.38	19.53	11.4	1.374	
Grt-304	39.00	0.03	21.72	27.92	0.84	9.34	1.13	0.03	0.144	0.294	0.098	1.56	4.31	0.217	21	6.38	48.8	8.85	19.1	10.17	1.33	
Grt-305	37.72	0.03	21.91	28.62	0.78	9.69	1.21	0.03	0.0066	0.084	0.064	1.46	4.21	0.183	20.2	5.5	39.9	6.54	13.13	6.88	0.856	C
Grt-306	37.40	0.17	22.11	28.53	0.80	9.69	1.28	0.03	0	0.079	0.057	1.39	5.02	0.172	20.73	4.88	29.8	4.31	7.85	3.99	0.486	C
Grt-307	23.58	35.91	13.92	18.76	0.61	6.45	0.70	0.07	0.128	0.397	0.142	1.72	8.5	0.186	27.5	4.96	24.1	2.88	4.8	2.38	0.248	
Grt-308	39.51	0.10	24.73	25.19	0.77	8.53	1.14	0.04	0.101	0.252	0.091	1.46	6.57	0.181	22.5	3.75	16.52	1.84	2.89	1.48	0.16	
Grt-309	39.13	0.03	28.15	23.58	0.73	7.46	0.88	0.04	0.245	0.518	0.126	1.93	7.26	0.231	24.9	3.97	18.55	2.07	3.5	2.07	0.217	
Grt-310 CHALC 12c	37.27	0.04	21.55	30.04	0.86	8.98	1.22	0.04	0.096	0.216	0.078	1.91	7.48	0.247	21.73	3.18	12.33	1.278	1.89	1.13	0.151	B
Grt-101 CHALC-16	39.08	0.02	23.99	26.55	0.52	8.62	1.20	0.02	0.063	0.15	0.0405	1.077	6.43	0.175	19.57	4.6	29.1	4.42	8.14	3.58	0.48	B
Grt-102	37.89	0.02	22.61	28.39	0.57	9.18	1.32	0.02	0.0099	0.099	0.0348	1.32	5.95	0.195	17.25	4.47	28.3	4.06	7.52	3.32	0.456	
Grt-103	38.51	0.02	24.35	26.70	0.53	8.71	1.15	0.02	0.156	0.39	0.062	0.88	5.44	0.197	18.9	4.66	32.6	5.14	9.03	4.04	0.526	
Grt-104	39.40	0.02	23.31	26.78	0.53	8.78	1.16	0.02	0.054	0.099	0.022	0.67	5.32	0.165	17.86	4.71	39.3	7.45	15.49	6.87	0.892	
Grt-105	38.65	0.03	21.68	28.52	0.56	9.12	1.42	0.02	0	0.02	0.048	1.64	4.03	0.17	9.89	4.47	57.4	17.1	61.2	60.1	9.38	
Grt-106	39.62	0.03	21.32	27.83	0.56	8.97	1.66	0.02	0.028	0.095	0.052	1.17	1.32	0.158	7.36	4.4	63.4	18.81	60.7	46.4	6.03	
Grt-107	39.55	0.03	21.47	27.74	0.55	8.96	1.69	0.02	0	0.055	0.0402	0.522	1.11	0.171	10.57	6.19	93.2	29.87	98.8	70.3	9	
Grt-108	38.11	0.03	22.23	28.19	0.56	9.13	1.73	0.02	0.0024	0.072	0.046	0.579	0.978	0.163	8.83	4.93	74	23.22	76.5	52.7	6.93	
Grt-109	38.40	0.03	21.95	28.30	0.55	9.11	1.65	0.02	0	0.0192	0.0285	0.73	1.47	0.23	13.08	7.94	123.9	40.45	136.6	101.7	13.33	C
Grt-110	38.72	0.03	21.71	28.25	0.56	9.04	1.69	0.02	0	0.0117	0.0164	0.75	1.43	0.172	10.69	6.73	105.2	37.49	139.5	127.1	19.22	C
Grt-111	38.69	0.03	21.69	28.30	0.57	9.06	1.64	0.02	0.042	0.135	0.0271	0.534	2.15	0.15	10.12	5.54	87.8	31.51	129.1	145.9	24.15	C
Grt-112	38.39	0.04	21.74	28.69	0.56	9.12	1.45	0.01	0	0.0172	0.0159	0.503	2.94	0.136	10.77	5.42	86.7	32.31	138.8	177.8	29.89	
Grt-113	38.02	0.04	22.11	28.69	0.57	9.26	1.31	0.01	0.047	0.109	0.029	0.304	2.78	0.118	14	5.02	64.5	24.45	111.4	161.8	27.89	
Grt-114	38.83	0.03	22.40	27.87	0.57	8.97	1.31	0.01	0.037	0.083	0.0168	0.403	2.96	0.13	12.26	5.19	78.3	30.1	130.4	167.7	28.2	
Grt-115	38.24	0.03	21.94	28.59	0.57	9.17	1.43	0.02	0	0.0136	0.013	0.339	2.98	0.101	11.27	5.39	89	32.7	129.1	137.6	21.32	
Grt-116	38.30	0.03	22.20	28.39	0.56	9.08	1.42	0.02	0	0.0189	0.0148	0.368	3.02	0.118	11.06	5.65	90	30.61	107.5	87.6	12.08	
Grt-117	40.89	0.03	22.38	25.98	0.60	8.66	1.44	0.01	0.008	0.0307	0.0208	0.419	3.17	0.113	12.17	5.7	80.2	23.76	73.1	48.8	5.85	

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
Grt-118	38.61	0.03	21.68	28.67	0.57	9.12	1.31	0.02	0.0045	0.032	0.0156	0.337	2.9	0.118	12.44	4.76	60	16.54	47.9	36	4.3
Grt-119	40.22	0.04	21.13	27.66	0.56	9.10	1.28	0.01	0.253	0.748	0.092	0.73	3.15	0.147	12.7	4.54	50.6	13.97	43.9	38.5	5.62
Grt-120	39.87	0.04	21.84	27.54	0.60	8.75	1.35	0.01	0.277	0.664	0.081	0.83	3.15	0.186	13.55	4.55	42.6	8.47	22	17.05	2.181
Grt-121	39.23	0.04	21.64	28.11	0.59	9.09	1.27	0.02	0.134	0.302	0.099	1.26	3.73	0.176	14.85	4.72	33.1	4.69	8.74	4.86	0.562
Grt-122	38.11	0.03	22.03	28.80	0.59	9.21	1.20	0.03	0.031	0.116	0.063	1.36	4.88	0.15	19.06	4.36	23.65	3.05	5.36	2.49	0.293 B
Grt-201	39.20	0.03	21.75	27.58	0.72	9.38	1.32	0.01	0.0233	0.096	0.058	1.51	5.61	0.175	20.33	4.99	30.87	4.51	8.82	4.49	0.542 B
Grt-202	36.70	0.04	21.88	30.05	0.64	9.36	1.31	0.02	0.046	0.147	0.093	1.72	4.16	0.236	17.04	4.56	25.3	3.03	4.73	1.67	0.159
Grt-203	37.66	0.05	22.06	28.79	0.59	9.49	1.33	0.02	0.032	0.112	0.06	1.63	4.8	0.161	14.89	3.65	19.06	2.046	3.07	1.45	0.166
Grt-204	38.71	0.03	22.08	28.18	0.57	9.15	1.26	0.02	0.036	0.123	0.037	0.72	4.84	0.164	15.53	3.95	21.12	2.28	3.15	1.01	0.154
Grt-205	41.73	0.03	22.22	24.90	0.76	8.91	1.44	0.02	0.858	1.82	0.205	1.53	3.97	0.188	14.5	3.9	23.6	3.09	4.88	2.14	0.233
Grt-206	37.41	0.03	23.93	27.74	0.59	9.11	1.18	0.02	0.0179	0.077	0.036	0.8	5.49	0.173	18.09	4.69	38.6	8.14	20.7	13.97	1.95 C
Grt-207	37.80	0.04	22.31	29.06	0.58	8.96	1.24	0.02	0.421	0.878	0.103	1.05	4.86	0.157	16.58	4.44	40.9	9.89	27.1	20.7	2.89 C
Grt-208 SinIn	37.62	0.03	23.01	28.47	0.60	9.02	1.23	0.02	0.045	0.165	0.039	0.78	4.3	0.12	17.4	4.42	36.2	7.54	19.56	14.56	1.98
Grt-209	38.16	0.03	21.92	28.92	0.59	9.17	1.20	0.02	0.0024	0.044	0.0514	1.36	5.93	0.172	18.76	4.6	37.1	8.37	22.1	15.39	2.07
Grt-210	38.32	0.02	23.13	27.88	0.57	8.83	1.22	0.02	0.026	0.11	0.042	1	5.3	0.175	15.47	4.44	35.1	5.91	11.44	5.29	0.73
Grt-211	38.45	0.03	22.97	27.96	0.57	8.76	1.25	0.02	0.033	0.103	0.051	1.33	5.19	0.158	14.97	4.13	30.5	4.71	8.4	4.02	0.568
Grt-212	40.34	0.03	20.57	27.88	0.63	8.94	1.59	0.02	0.19	0.55	0.063	0.87	3.75	0.126	16.9	3.7	23.4	3.49	7.5	4.65	0.61 B
Grt-301	39.04	0.03	22.59	27.20	0.53	9.40	1.19	0.02	0.056	0.21	0.0348	0.7	5.21	0.16	20.4	4.99	45	12.09	42.5	42.8	6.67 B
Grt-302	39.36	0.03	21.74	27.88	0.55	9.05	1.37	0.02	0.0078	0.049	0.043	1.23	5.09	0.146	13.1	4.98	72.8	23.94	83.3	76.1	11.29
Grt-303	38.51	0.03	21.99	28.28	0.56	9.12	1.49	0.02	0.035	0.095	0.0463	1.34	3.62	0.137	10.26	5.83	87.6	27.38	95.4	90.3	12.97
Grt-304	38.77	0.03	21.83	28.06	0.56	9.11	1.62	0.02	0.0029	0.063	0.065	1.1	1.51	0.142	9.02	5.55	83.1	25.69	81.4	70.6	9.7
Grt-305	38.89	0.03	21.70	28.20	0.55	8.97	1.64	0.02	0.0073	0.044	0.0539	1.08	1.39	0.15	9.6	5.9	88.7	27.81	93.9	82.2	11.3
Grt-306	39.35	0.03	21.64	27.84	0.55	8.91	1.66	0.02	0	0.027	0.053	0.84	1.24	0.127	9.29	5.65	84.9	25.58	82.6	72.3	9.91 C
Grt-307	39.06	0.03	21.85	27.79	0.56	9.01	1.68	0.02	0.032	0.068	0.046	1.02	1.61	0.154	10.29	6.17	87.2	25.45	79.7	70.9	9.45
Grt-308	39.26	0.03	21.72	27.89	0.55	8.87	1.67	0.02	0	0.026	0.0292	0.773	1.44	0.167	9.7	5.76	84.7	23.14	72.7	62.3	7.98
Grt-309	38.90	0.03	21.81	28.15	0.56	8.92	1.62	0.02	0	0.0188	0.0415	0.84	1.39	0.172	9.8	5.95	86.4	24.73	77.7	69.9	8.9 B
Grt-310 sinIn	38.99	0.03	21.86	27.74	0.56	9.11	1.69	0.02	0	0.0134	0.0132	0.79	1.52	0.189	8.66	5.27	80.4	24.45	87.3	86.9	12.47

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	
Grt-311	38.68	0.03	21.91	28.18	0.58	8.96	1.65	0.02	0.0074	0.136	0.0277	1.15	2.54	0.153	11.04	6.01	89	26.12	84.3	75.7	9.6	
Grt-312 CHALC 16	39.05	0.02	21.67	28.04	0.58	9.05	1.57	0.02	0.053	0.146	0.0311	0.74	2.68	0.136	11.19	6.1	94.2	29.93	100.1	90.1	12.08	B
Grt-101 CHALC 15a	39.72	0.03	21.57	29.76	0.51	7.59	0.76	0.06	0.053	0.207	0.088	1.57	7.55	0.649	31.8	9.44	76.1	14.74	38.5	30.2	3.93	B
Grt-102	38.22	0.03	23.27	28.10	0.58	8.84	0.90	0.06	0.0105	0.116	0.082	1.96	7.09	0.256	25.1	6.14	45.3	7.48	16.9	11.29	1.295	
Grt-103	38.37	0.03	21.85	29.51	0.60	8.59	1.03	0.03	0.171	0.37	0.118	2.02	6.26	0.21	16.39	4.34	37.3	7.03	16.5	7.77	0.845	
Grt-104	37.64	0.03	21.77	30.42	0.55	8.59	0.98	0.02	0	0.064	0.071	1.85	5.3	0.236	12.65	3.75	44.6	11.91	34	21.11	2.45	
Grt-105	39.12	0.03	21.44	29.55	0.54	8.32	1.00	0.02	0.0118	0.094	0.084	1.65	5.26	0.204	11.61	3.5	40.8	12.44	42.9	33.7	4.23	
Grt-106	37.92	0.03	21.83	29.61	0.58	9.09	0.92	0.02	0	0.064	0.065	2.17	5.75	0.23	16.4	4.5	49.4	14.97	51.6	40.5	5.03	C
Grt-107	39.16	0.03	21.13	29.92	0.55	8.32	0.88	0.01	0.0088	0.091	0.062	1.81	6.35	0.228	16.02	4.55	51.3	13.55	38.6	23.72	2.65	
Grt-108	39.65	0.03	21.03	29.45	0.53	8.38	0.91	0.01	0.0104	0.066	0.083	2.21	5.99	0.256	12.94	4.4	48.7	10.41	23.3	9.97	0.983	B
Grt-201	38.65	0.01	21.80	29.71	0.58	8.39	0.83	0.04	0.025	0.138	0.022	0.214	3.28	0.172	30.4	10.17	85.5	17.07	43.6	32.4	3.84	B
Grt-202	39.28	0.01	21.00	30.90	0.55	7.43	0.79	0.03	0.0134	0.061	0.0087	0.37	3.13	0.219	30.8	10.02	77.6	16.2	40.4	26.9	3.18	
Grt-203	38.08	0.01	21.39	30.71	0.60	8.30	0.86	0.04	0.0134	0.047	0.013	0.51	4.63	0.21	32.1	9.35	79.2	16.34	44.8	33.8	4.32	C
Grt-204	38.30	0.02	21.50	30.34	0.59	8.37	0.83	0.06	0.0183	0.057	0.0219	0.58	5.6	0.232	35.9	10.56	90	18.87	54.1	47.1	6.79	
Grt-205	37.53	0.02	21.72	30.89	0.59	8.36	0.82	0.06	0.0086	0.044	0.0199	0.61	6.15	0.243	35.3	10.12	86.2	18.8	53.6	48.3	6.83	
Grt-206	38.26	0.03	21.32	30.57	0.56	8.40	0.79	0.06	0.088	0.156	0.05	0.72	7.22	0.248	36.3	9.88	85.6	19.94	61.3	58.6	8.51	B
Grt-207	40.05	0.02	22.09	26.89	0.68	9.34	0.87	0.06	0.022	0.143	0.036	0.76	6.2	0.301	35.7	10.23	85.2	18.91	54.7	48.5	7.25	B
Grt-301	38.70	0.07	21.77	29.34	0.52	8.76	0.80	0.03	0.124	0.289	0.05	1.05	7.25	0.226	34.5	8.27	62.5	13.22	43.9	55.9	8.68	B
Grt-302	38.04	0.02	21.63	30.15	0.50	8.73	0.91	0.02	0.015	0.052	0.026	1.14	7.93	0.297	28.4	5.48	47.8	16.42	74.1	95.9	12.97	
Grt-303	39.28	0.02	21.46	29.62	0.48	8.25	0.89	0.01	0.068	0.147	0.035	0.8	6.48	0.194	27	5.62	47.6	15.16	65.6	91	13.13	
Grt-304	39.18	0.02	21.27	29.70	0.48	8.42	0.92	0.02	0.0079	0.066	0.034	0.9	7.16	0.282	26.5	5.42	47.3	14.14	55.2	70.6	9.99	C
Grt-305	38.44	0.02	21.29	30.46	0.50	8.47	0.81	0.02	0.0037	0.029	0.033	0.8	6.89	0.284	26.6	6.08	47.3	12.07	40	40.7	5.13	
Grt-306	38.56	0.02	21.24	30.70	0.51	8.07	0.86	0.02	0	0.051	0.035	0.99	6.97	0.234	27.8	6.1	46.4	9.33	25	16.61	1.873	
Grt-307	38.56	0.03	21.48	30.27	0.65	8.11	0.87	0.04	0.016	0.059	0.0361	1.09	6.65	0.196	24.9	5.74	41.4	6.78	14.33	8.78	0.915	B
Grt-401	39.71	0.03	21.39	28.68	0.57	8.75	0.86	0.02	0.157	0.239	0.077	1.4	6.83	0.284	27	6.68	54.6	13.84	60	90.3	13.78	C
Grt-402	40.28	0.02	21.25	28.76	0.51	8.22	0.93	0.02	0.143	0.201	0.043	0.96	6.32	0.219	25.3	5.79	46.7	12.85	55.7	83.2	13.67	
Grt-403	38.97	0.02	21.51	29.68	0.54	8.36	0.90	0.02	0.04	0.078	0.036	0.84	7.21	0.272	26.5	6.13	50.3	15.35	67.4	101.9	16.54	

	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	
Grt-404	39.33	0.03	21.17	29.73	0.54	8.26	0.93	0.01	0	0.047	0.042	1.51	7.1	0.24	21.7	4.8	48.8	17.5	79.8	108.9	17.5	
Grt-405	40.63	0.02	21.33	28.38	0.56	8.13	0.93	0.02	1.382	3.15	0.434	3.13	7.54	0.333	23.6	5.47	54.2	17.23	69.4	79.6	11.21	B
Grt-501	44.01	0.04	22.59	24.68	0.47	6.48	1.70	0.04	0.61	0.97	0.147	1.53	4.06	0.255	11.2	3.11	24.4	4.96	12.4	10.39	1.33	B
Grt-502	38.99	0.03	20.84	30.15	0.54	8.42	1.00	0.02	0.0105	0.062	0.064	1.73	4.63	0.199	9.68	3.28	37.5	8.89	24.5	14.3	1.67	
Grt-503	39.01	0.03	21.54	29.51	0.53	8.33	1.03	0.02	0.007	0.0149	0.0361	1.26	3.31	0.17	7.05	2.81	36.8	10.74	35.8	24.2	3.29	
Grt-504	38.65	0.03	21.54	29.82	0.54	8.36	1.05	0.02	0.0102	0.022	0.031	1.08	3.56	0.189	7.34	2.84	39.3	12.35	44.3	31.7	4.54	
Grt-505	39.07	0.03	21.06	30.18	0.53	8.02	1.08	0.02	0.0091	0.044	0.036	0.94	3.54	0.169	8.25	3.21	42.7	13.78	48.3	37.7	5.27	
Grt-506	38.07	0.03	21.59	30.35	0.54	8.33	1.07	0.02	0.0058	0.0196	0.0232	0.85	4.15	0.15	10.33	3.34	40.8	12.8	46.4	38	5.25	C
Grt-507	38.49	0.03	21.59	30.09	0.54	8.16	1.08	0.02	0.0038	0.0199	0.03	1.05	5.17	0.208	13.2	3.79	41.2	11.04	37	33.5	4.74	
Grt-508	38.41	0.03	21.62	30.30	0.55	7.85	1.20	0.03	0.015	0.051	0.037	1.28	5.56	0.246	16.75	4.56	37.9	8.35	23.3	20.2	2.81	
Grt-509	37.07	0.04	21.80	31.29	0.57	7.93	1.25	0.05	0.0023	0.042	0.047	1.52	6.29	0.237	26.3	6.73	53.4	11.01	30.2	24.62	3.18	
Grt-510	37.57	0.04	21.67	31.10	0.57	7.73	1.27	0.06	0	0.051	0.05	1.84	6.94	0.212	27.61	7.27	60.8	13.26	38.2	32.2	4.45	
Grt-511 Chalc 15a	37.15	0.06	21.79	30.61	0.63	8.48	1.21	0.06	0.0062	0.06	0.051	1.31	6.62	0.261	26.49	7.3	62.7	14.02	40.8	34.9	4.84	B

B= Borde C=Centro, los análisis no marcados son los que se encuentran en el trayecto de un borde a un centro

Ciudad Universitaria, Enero 2018