



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
CENTRO DE GEOCIENCIAS**

**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y  
SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO**

**T E S I S**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**Maestra en Ciencias de la Tierra**

Presenta:  
**Emma Vanesa Martínez Reséndiz**

Director de Tesis  
Dr. Luca Ferrari (Centro de Geociencias)

Juriquilla, Querétaro  
Enero 2020



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.

# AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PAPIIT IV100117 por el financiamiento a este trabajo de maestría. Al fondo económico de CONACYT-SENER por la beca brindada durante la maestría, y al CONCYTEQ por el apoyo económico para presentar avances de este trabajo en congresos internacionales.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por todas las oportunidades brindadas en este tiempo, por convertirse en un segundo hogar durante la maestría. Al Centro de Geociencias por el espacio brindado.

Al Dr. Luca Ferrari por aceptarme en este proyecto, por ser un gran mentor y asesor, por el apoyo académico brindado en todo momento durante la estancia de maestría.

Al comité sinodal, El Dr. Dante Moran Zenteno, Dr. José Jorge Aranda Gómez, Dr. Carlos Ortega Obregón y Dr. José Guadalupe Rosas Elguera por la revisión de la tesis y por todos sus comentarios que ayudaron a enriquecer científicamente el contenido de la tesis.

A los laboratorios que me permitieron el acceso para obtención de resultados: Laboratorio Interinstitucional de Geocronología Ar (LIGAr) del Centro de Geociencias de la UNAM, Laboratorio de Estudios Isotópicos, Taller de Laminación, Taller de Molienda y al Laboratorio de Mecánica Multiescalar de Geosistemas.

A las personas que contribuyeron con la obtención de resultados, al Dr. Carlos Ortega Obregón por su apoyo y capacitación para la obtención de fechamientos U-Pb en circones y sobre todo con el procesamiento y reducción de los datos y obtención de gráficos en Isoplot, al Dr. Luigi por permitirme acceso al microscopio para la toma las fotografías de láminas delgadas, a Manuel Albarrán por el acceso al Taller de Molienda y separación de minerales. A Juan Vázquez Ramírez por su inmensa paciencia en transmitirme sus conocimientos en la preparación de secciones delgadas. A Teresita de Jesús Pérez Cruz por el apoyo administrativo para obtener el prestamos de cinco tesis en University of New Orleans. A la M. C Gabriela Hernández Quevedo por su apoyo en la obtención de edades Ar-Ar. A Ricardo J. Carrizosa Elizondo por el apoyo en la obtención de densidades mediante la balanza de Jolly.

De manera especial a la Dra. Teresa Orozco Esquivel, por asesorarme para aclarar dudas para la descripción e interpretación de los resultados de fechamientos Ar-Ar, geoquímica de elementos traza mediante Fluorescencia de rayos X portátil (TRACER) y espectrómetro de Rayos Gamma. Gracias Dra. Tere por siempre mostrar disponibilidad y gusto por compartir sus conocimientos.

Al equipo de trabajo del proyecto de Geotermia no Convencional en México: de manera especial a Andrea Billarent, Oscar Ávila Vargas, Dr. Fernando Corbo y Dr. Isidro Loza por el aporte de comentarios que ayudaron a mejorar la interpretación de los resultados.

Quiero agradecer a mi familia a mis padres, tías y hermanos por todo el apoyo incondicional, gracias por ser mi más grande motivación.

A César Alberto Cortés Prado por su apoyo durante mi estancia en la maestría y sobre todo por las enseñanzas de Geomecánica en especial por motivarme a tomar el curso de Reservoir Geomechanics que es ofertado por University Stanford por mostrar interés en mi aprendizaje y por resolver mis dudas sobre el tema en todo momento.

A María Guadalupe González Díaz (Lupita) por su disponibilidad de transmitirme conocimientos e información que fue de gran utilidad en mi trabajo.

A todos mis compañeros con los que compartí las clases y que estuvieron a lo largo de este proceso: Mile, Leydi, Richy, Pepe, Antonio, Carlos, David, Daniela, Steven, Gustavo y Brighith.

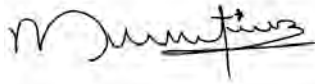
A mis amigos, estas personas que sé que siempre puedo contar: Erika, Bere, Mariam, Rey y Argelia.

A la QFB. Berenice Erreguín Luna por sus comentarios sobre la técnica de Flourecencia de rayos X que fueron de gran importancia, además de su apoyo en la organización de los anexos.

Blanca L. Rendón Juárez, Araceli Chaman y Armando Ramírez Morán por el apoyo en la realización de trámites para la obtención de grado.

Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, plasmado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí especificadas, aseguro mediante mi firma al calce que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría.

Todas las citas de, o referencias a la obra de otros autores aparecen debida y adecuadamente señaladas, así como acreditadas mediante los recursos editoriales convencionales.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Emma Vanesa Martínez Reséndiz', with a horizontal line underlining the last part of the name.

Emma Vanesa Martínez Reséndiz

# CONTENIDO

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Justificación.....	9
1.3 Hipótesis.....	10
1.4 Objetivos.....	10
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL Y LOCAL.....	11
2.1 Provincia Volcánica de la Sierra Madre Occidental.....	11
2.2 Geología en el sector sur de la Sierra Madre Occidental.....	13
2.2.1 Magmatismo del Cretácico tardío-Paleoceno.....	13
2.2.2 Magmatismo del Eoceno.....	14
2.2.3 Volcanismo del Oligoceno-Mioceno.....	14
2.2.3.4 Pulsos post- ignimbríticos.....	17
2.3 Vulcanismo en el extremo sur de la SMO: transición hacia la Faja Volcánica Transmexicana.....	18
2.3.1 Rocas más antiguas de la FVTM en el sur de la SMO.....	19
2.4 Antecedentes.....	20
2.5 Tectónica extensional en el sur de Sierra Madre Occidental.....	21
2.5.1 Dominio Oriental.....	22
2.5.2 Dominio Occidental.....	23
2.5.3 Dominio meridional.....	23
3. METODOLOGÍA.....	25
4. GEOCRONOLOGÍA.....	29
4.1 Fechamientos U-Pb.....	29
4.1.1 Rocas sedimentarias.....	29
4.1.2 Rocas volcánicas.....	34
4.2. Resultados Ar-Ar.....	47
5. ESTRATIGRAFÍA.....	51
5.1 Eoceno.....	54
5.1.1 Andesitas Aréchiga.....	54

5.1.2 Areniscas Las Azucenas .....	54
5.2 Oligoceno .....	57
5.2.1 Ignimbritas pre-graben.....	57
5.2.2 Secuencia de Ignimbritas San Miguel, Boquillas y Los Indios.....	59
5.2.4 Basalto Tlalchichila .....	73
5.3 Mioceno .....	74
5.3.1 Toba Jalpa .....	74
5.3.2 Areniscas y limolitas intra-graben.....	75
5.3.3 Basaltos Los Altos de Jalisco.....	76
5.3.3 Sedimentos lacustres .....	79
6. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA.....	83
6.1 Elementos mayores .....	84
6.2 Elementos traza.....	87
7. GENERACIÓN DE CALOR RADIOGÉNICO U, Th, K. ....	91
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	97
8.1 Evolución geológica.....	97
8.2 Tectónica local.....	102
8.3 Correlación estratigráfica mediante la caracterización geoquímica .....	104
8.4 Hidrotermalismo y producción de calor radioactivo en ignimbritas.....	104
9. REFERENCIAS .....	111
ANEXOS.....	120

# RESUMEN

El graben de Juchipila se localiza en la parte sur oriental de la Sierra Madre Occidental (SMO). El graben está constituido por sistema de fallas extensionales de dirección NNE-SSO formados en la etapa inicial de la extensión litósfera que llevó a la apertura del Golfo de California. Se han identificado manifestaciones termales con temperaturas de 35-69 °C y valores de flujo de calor de 90-150 mWm<sup>-2</sup>, no asociadas a actividad magmática reciente ya que la última actividad volcánica reportada en esta región en el Mioceno Medio 13-10.4 Ma. Esto sugiere la posibilidad de la presencia de un reservorio geotérmico no convencional asociado con valores altos en producción de calor radiogénico en ignimbritas.

Mediante la realización de un estudio geológico apoyado de observaciones petrográficas, geocronología U-Pb y Ar-Ar y medición de las abundancias de U, Th, K y la producción de calor radiogénico en rocas ignimbriticas se logró reconstruir la historia geológica de esta región y el posible origen del hidrotermalismo del área de estudio. La columna estratigráfica incluye las siguientes unidades: 1) lavas andesíticas del Eoceno (48.1 Ma), que se caracterizan por la presencia de megacristales de plagioclasa (1-3 cm de largo). 2) Secuencia de capas siliciclásticas que afloran en la parte NO, NE y SE del área de estudio con espesores de hasta ~300 m; el fechamiento de circones detríticos en tres muestras arroja una edad máxima de deposición de ~33 Ma, así como poblaciones de circones del Paleoceno y Cretácico tardío. 3) Paquete de ignimbritas de fuentes distales, fuertemente soldadas y con grado alto de desvitrificación y una edad representativa por U-Pb de 32.71 Ma. 4) Ignimbritas de fuentes proximales que empiezan con depósitos de caída ricos en pómez y líticos, seguidos por un flujo de ceniza fuertemente soldado cuya parte superior presenta litofisas y sobreyacida por brechas de rezago y flujos piroclásticos voluminosos caracterizados por líticos de gran tamaño. En trabajos anteriores estas ignimbritas son definidas como "*San Miguel Tuff*", "*Boquillas Tuff*" e "*Los Indios Tuff*" y fueron fechadas en ~25.5 Ma por trazas de fisión en circones. En este trabajo se obtuvieron siete edades por U-Pb y Ar-Ar que caen en el intervalo de 30.3 a ~29.0 Ma con traslape entre algunas



fechas, confirmando que los eventos eruptivos se sucedieron en un lapso corto. 5) Lavas riolíticas con foliación de flujo que cubren localmente la secuencia anterior y cuyas fechas se traslapan con ella. 6) Coladas delgadas de lavas de basaltos alcalino-sódicos emitidas a lo largo de las fallas de borde del graben, para las cuales se obtuvo una edad Ar-Ar de 25.9 Ma y se reporta una edad K-Ar de 23.7 Ma en literatura. 7) Depósitos de flujos de ceniza acumulados al interior de la parte NE del graben que provienen de fuentes distales, cuyas edades U-Pb y Ar-Ar los ubican en el límite Oligoceno-Mioceno (~24 Ma). 8) Sedimentos de relleno del graben constituidos por capas gruesas de arenisca siliciclástica intercaladas con capas más delgadas de limolita con edad máxima de deposición de ~20 Ma. 9) Basaltos affricos subalcalinos que se presentan rellenando el sector sur del graben como mesas en los bordes tienen edades Ar-Ar de ~13 a ~11 Ma. 10) Sedimentos lacustres constituidos por capas de limolita y arenisca siliciclasticas que se formaron a partir del depósito de ceniza de caída sobre un lago, con edades reportadas en la literatura entre 6.95 y 5.59 Ma.

El estudio geológico indica que se trata de un graben ligeramente asimétrico y segmentado. La segmentación del graben es interpretada debido a que en el sector norte del área de estudio las unidades del Eoceno están más elevadas, no se observa actividad tectónica posterior al Mioceno medio y no hay volcanismo máfico del Mioceno tardío. Se observó que las unidades del Eoceno se encuentran expuestas en ambos hombros del graben y que son cortadas por las fallas maestras al igual que las ignimbritas de ~32 Ma. La secuencia de ignimbritas fisurales y lavas riolíticas asociadas a fallas anuncian el inicio de la extensión (30.3-29.0 Ma), que continúa durante la erupción de basaltos con firma intraplaca a ~26 Ma. La ignimbrita de final de Oligoceno, y los sedimentos siliciclasticos con edad máxima de ~20 Ma, ambos contenidos al interior del graben, indican que la extensión debe haber continuado hasta el Mioceno temprano. Al principio del Mioceno tardío se emplazaron grandes cantidades de lavas basáltico-andesítica en la parte sur del graben, que provocaron la interrupción del drenaje y la formación de un lago con la consecuente acumulación de sedimentos lacustres. Una reactivación tectónica solo en el sector sur provocó que se volvieran a reactivar el drenaje por lo que en la actualidad estas unidades se encuentran en erosión.

Los valores más altos de producción de calor le corresponden al grupo de ignimbritas pre-graben ( $4.84-3.34 \mu\text{Wm}^{-3}$ ) y que son comparables con otros trabajos reportados en Australia, Slovakia y Arabia Saudita realizados en granitos. El calor que ocasiona el termalismo en Juchipila se puede atribuir en parte a las ignimbritas del Eoceno y Oligoceno.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, el proceso de extracción de los combustibles fósiles y particularmente del petróleo ha provocado un incremento de sus costos de producción y un agotamiento progresivo de sus reservas (Goodstein, 2005). Adicionalmente, el consumo acelerado de los combustibles fósiles ha sido inequívocamente relacionado con el incremento de gases de efecto invernadero y el cambio climático.

En este contexto la transición hacia fuentes de energías renovables representa una gran necesidad para el mundo actual y en particular para México, ya que nuestro país sobrepasó su pico de producción petrolera en 2004 y a la fecha ha consumido aproximadamente el 81% de sus reservas probadas (1P) y el 57% de las reservas posibles (3P) (<https://hidrocarburos.gob.mx>). La alta dependencia del país de los combustibles fósiles pone en manifiesto la urgencia de impulsar el desarrollo de energías renovables y entre ellas una alternativa es la energía geotérmica.

En México, la geotermia se empezó a desarrollar desde finales de los años 70 y los principales campos han sido puestos en producción en los 80. Entre ellos destaca el campo gigante y geológicamente único de Cerro Prieto, que proporciona más de 50 % de la energía geotérmica que produce el país. El resto de la energía geotérmica proviene en orden decreciente de los campos de Los Azufres, Los Humeros, Tres Vírgenes y San Pedro Lagunillas. Aunque México está en el sexto lugar a nivel mundial por capacidad nominal instalada, actualmente la geotermia contribuye solo un 1.6% de la producción eléctrica nacional (SENER, 2018).

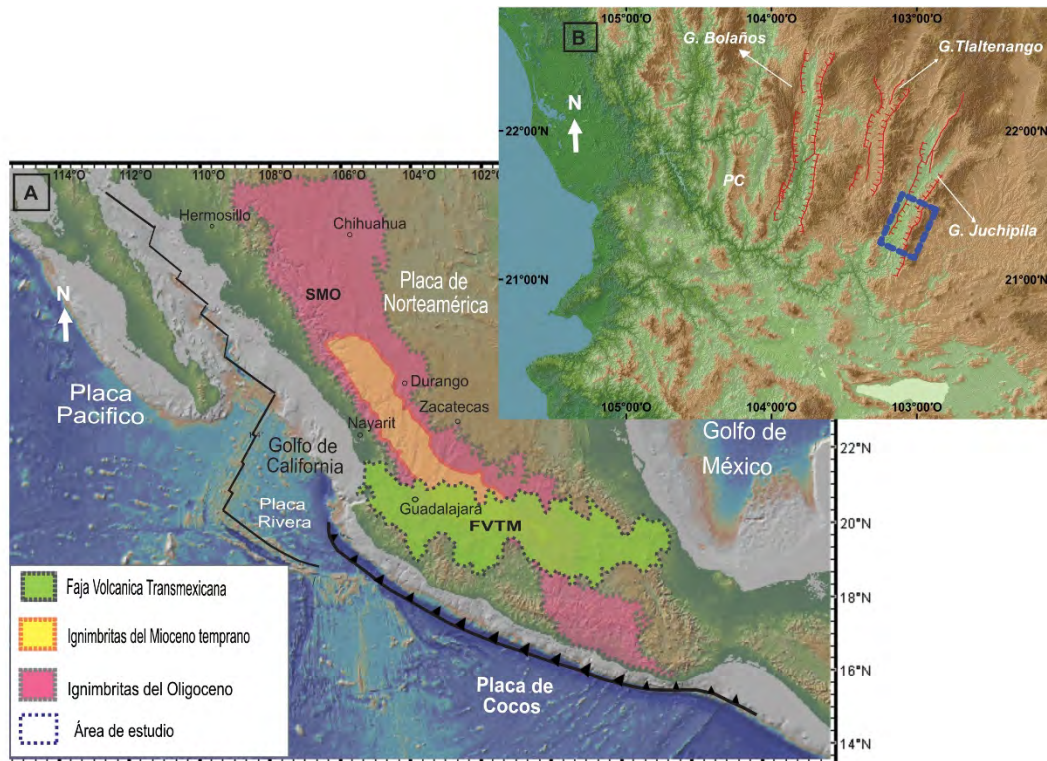
En México, los campos geotérmicos actuales son de tipo convencional. Se encuentran en situaciones geológicas clásicas asociados a la presencia de una cámara magmática

en enfriamiento en la corteza superior o a anomalías térmicas relacionadas a extensión litosférica activa.

Por otro lado, en la última década, en Australia, Slovakia y Arabia Saudita se han reportado casos que presentan importantes anomalías de flujo de calor que no están relacionadas con volcanismo reciente (Siégel et al., 2014, Artemieva et al., 2017, Harley et al., 2017, Abbady & Ghamdi, 2018). En el caso de Australia, se reportan valores altos de producción de calor producto del decaimiento radioactivo de isotopos de U, Th y K contenidos en granitos Paleozoicos y Precámbricos (Siegel et al., 2014; Artineva et al., 2017). Estas rocas intrusivas están sepultadas bajo secuencias de sedimentos con baja conductividad térmica y permeabilidad lo que permite la acumulación de calor (p. ej. Cuenot et al. 2008; Siegel et al., 2014; Artineva et al., 2017). Este tipo de yacimientos no se ha estudiado hasta ahora en México, pero se infiere que puede existir en los graben de la parte suroriental de la Sierra Madre Occidental (SMO).

En este trabajo, como parte del proyecto PAPIIT IV100117, se presenta un estudio del sector centro y sur del graben de Juchipila (Figura 1) ubicado en los estados de Jalisco y Zacatecas en la parte sur-oriental de la SMO. El graben de Juchipila está constituido por sistema de fallas extensionales de dirección NNE-SSO formados en la etapa inicial de la extensión litosférica que llevó a la apertura del Golfo de California (Ferrari et al., 2017). Es una estructura de 140 km de largo con una dirección general N20°E que se bifurca hacia la parte norte, que afecta a secuencias de ignimbritas silíceas y que tiene un relleno epiclásico y lacustre. En el graben se encuentran diferentes manantiales termales con temperaturas de 35 hasta 60°C. Esta situación geológica lo caracteriza como un candidato potencial para la existencia de un reservorio geotérmico no convencional.

# ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



**FIGURA 1.1** Ubicación del sitio de estudio, en la porción sur de la Sierra Madre Occidental. **A.** Esquema tectónico de México Modificado de Ferrari et al. (2012) en el que se exponen las provincias volcánicas de la Sierra Madre Occidental (SMO) del Oligoceno y Mioceno temprano y la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) del Mioceno medio al reciente. **B.** Acercamiento del área de estudio: sector centro sur del graben de Juchipila. Podemos observar los grábenes de Tlaltenango y Bolaños además del semigraben Puente de Camotlán (PC).

## 1.2 Justificación

Para la identificación de áreas de interés geotérmico no convencional es indispensable realizar una investigación interdisciplinaria que comprenda un estudio detallado de las unidades geológicas, así como la caracterización geoquímica e contenido de isótopos radiogénicos de la roca que puede ser la probable fuente de calor. Estos estudios permitirán aportar datos relevantes que ayuden a explicar el origen de las anomalías térmicas existentes.

## 1.3 Hipótesis

El hidrotermalismo presente en la zona de estudio probablemente este asociado al decaimiento de los isótopos radioactivos de U, Th y K, que son relativamente abundantes en las rocas silíceas (ignimbritas) de la región, que están cubiertas por capas de sedimentos lacustres con baja conductividad térmica.

## 1.4 Objetivos

- 1) Definir la estratigrafía volcánica tomando en cuenta los trabajos previos.
- 2) Realizar una caracterización petrográfica que permita diferenciar las principales unidades volcánicas y sedimentarias.
- 3) Obtener edades de las unidades volcánicas y sedimentarias principales mediante el método U-Pb en circones y Ar-Ar en otros minerales.
- 4) Integrar los datos geocronológicos, las relaciones estratigráficas observadas en campo, las características petrográficas, para la elaboración de la cartografía 1:50 000, enfocada a la secuencia ignimbrítica que aflora en los hombros del graben y el relleno sedimentario fluvio-lacustre.
- 5) Caracterizar desde del punto de vista geoquímico las unidades ignimbríticas y estimar el contenido de U, Th y K mediante equipo de espectrometría de rayos gamma y analizador portátil Tracer 5i, para su correlación.
- 6) Mapear las principales fallas, particularmente las que afectan la secuencia ignimbrítica.

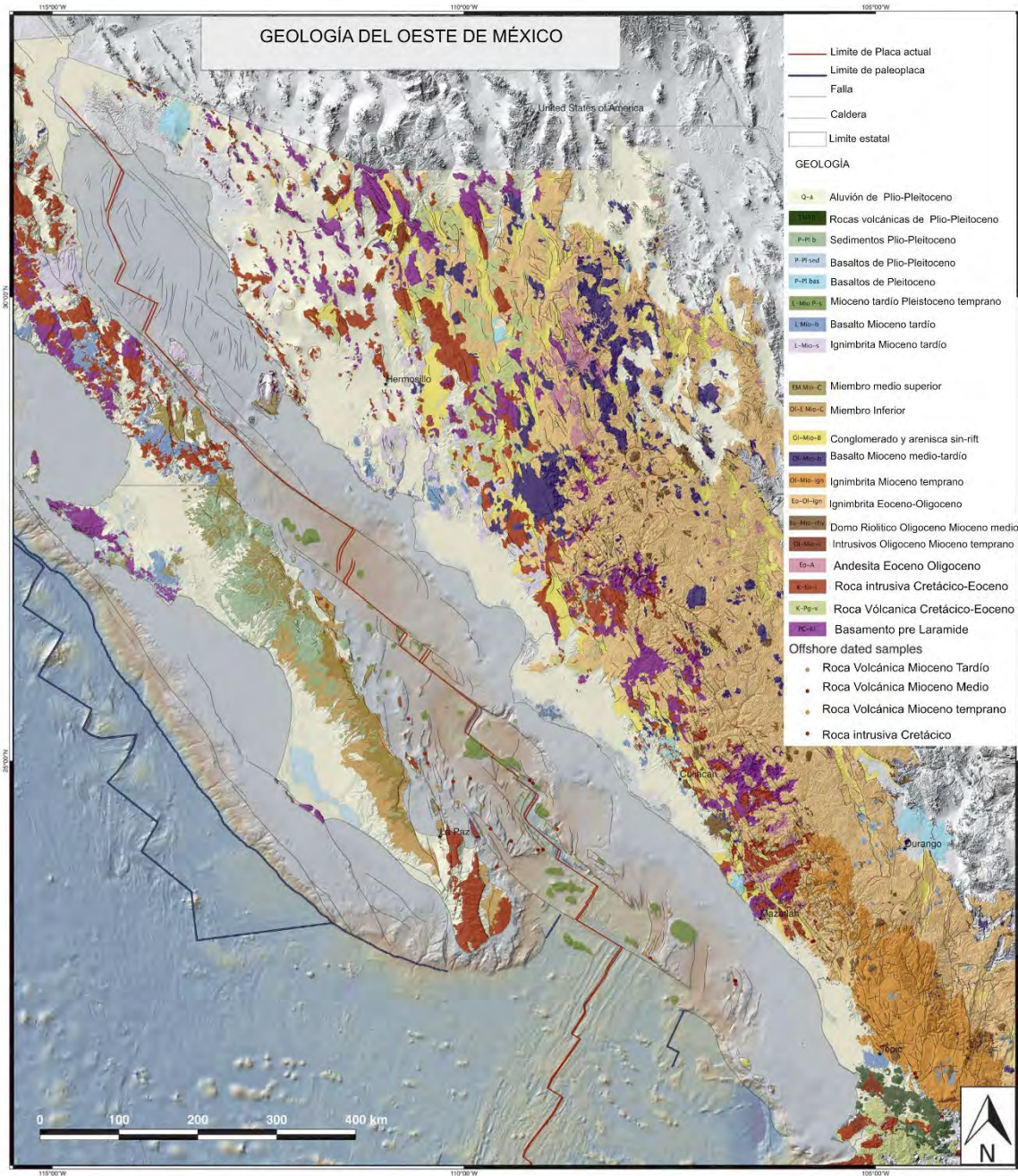
## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL Y LOCAL

### 2.1 Provincia Volcánica de la Sierra Madre Occidental

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el resultado de distintos episodios magmáticos y tectónicos ocurridos durante el Cretácico-Cenozoico, asociados a la subducción de la placa de Farallón por debajo de la placa de Norteamérica y la apertura del Golfo de California, además de ser una de las provincias ígneas silíceas más grandes del mundo y la más grande del Cenozoico (McDowell y Keizer, 1977; McDowell y Clabaugh, 1979; Ferrari et al., 2005 y 2017).

Como una provincia fisiográfica, la SMO se caracteriza por un altiplano con elevación de ~2000 m, y aproximadamente 1200 km de largo por 200-400 km de ancho, que se extiende desde los Estados Unidos hasta la Faja Volcánica Transmexicana y es limitado por el Golfo de California y la Mesa Central al oeste y este, respectivamente. La Sierra Madre Occidental como provincia volcánica, se extiende más allá de la provincia fisiográfica, abarcando también a parte de la Mesa Central y de Chihuahua oriental (Figura 2.1) (Ferrari et al., 2005).

La energía térmica y los volátiles necesarios para desencadenar estas grandes erupciones fueron proporcionados por intrusiones de magmas basálticos, tanto en la base de la corteza continental como por intrusiones más someras, que provocan fusión parcial de la litosfera, generando grandes volúmenes de rocas riolíticas que hicieron erupción a través de grandes calderas y fisuras (Ruiz et al., 1988; Bryan et al., 2008; Ferrari et al., 2017).



**FIGURA 2.1** Mapa Geológico Regional de la SMO, el Golfo y Baja California. La estratigrafía se muestra desde el basamento pre-Laramide hasta el vulcanismo Plio-Cuaternario. Incluyendo las unidades que afloran en la porción sur de la SMO. (Tomada de Ferrari et al., 2017)



De acuerdo con Ferrari et al. (2005) la geología de la SMO está dominada por cinco conjuntos principales de rocas ígneas asociados con distintos eventos magmáticos (Figura 2.1): 1) rocas plutónicas y volcánicas del Cretácico Superior- Paleoceno; 2) rocas volcánicas andesíticas y en menor medida, dacítico-riolíticas del Eoceno; 3) ignimbritas silíceas emplazadas en dos pulsos del Oligoceno temprano y el Mioceno temprano; 4) coladas basáltico andesíticas extravasadas al final y después de cada pulso ignimbrítico; 5) coladas de basaltos e ignimbritas alcalinas emplazados en la periferia de la SMO en distintos episodios del Mioceno tardío, Plioceno y Cuaternario.

Los conjuntos 1 y 2 han sido definidos como el Complejo Volcánico Inferior (CVI) y el grupo 3 como el Supergrupo Volcánico Superior (SVS) de acuerdo con McDowell y Keizer (1977). El conjunto 4, en la parte de norte de SMO es definido como una extensión de “Andesitas Basálticas del Sur de la Cordillera” (SCORBA, por sus siglas en inglés) (Cameron et al., 1989). Por último, el conjunto 5 está constituido por rocas volcánicas que han sido interpretadas como evidencia de eventos de extensión que tienen relación con la apertura del Golfo de California (Aranda Henry & Aranda-Gómez, 2000).

## **2.2 Geología en el sector sur de la Sierra Madre Occidental**

### **2.2.1 Magmatismo del Cretácico tardío- Paleoceno**

Los afloramientos de rocas de esta edad son limitados en la porción sur de la SMO y se encuentran en los bordes oriental y occidental de esta provincia volcánica. En el borde oriental de la SMO, en el Estado de Zacatecas afloran cuerpos intrusivos de composición granodiorítica, que se encuentran impresionando a rocas sedimentarias marinas del Cretácico temprano, y fueron fechados en  $73.3 \pm 0.3$  y  $68.7 \pm 0.5$  (U-Pb en circonio, Cuéllar-

Cárdenas et al., 2012). Hacia el Estado de Nayarit, existen afloramientos pequeños y aislados de granito, granodiorita y tonalita fechados en 67-62 Ma (Gastil et al., 1978; Valencia et al., 2013; Duque-Trujillo et al., 2015) así como zircones heredados del Cretácico tardío al Paleoceno en domos riolíticos del Mioceno temprano, que permiten inferir que rocas del Complejo Volcánico Inferior subyacen a la cubierta ignimbrítica.

## 2.2.2 Magmatismo del Eoceno

Los afloramientos de rocas del Eoceno al igual que el magmatismo del Cretácico tardío-Paleoceno en la porción sur de la Sierra Madre Occidental también son escasos. Webber et al. (1994) reportaron andesitas que afloran en el fondo de valles en flanco occidental del graben de Juchipila, para las cuales obtuvieron una edad K-Ar de 48.1 Ma en plagioclasa. Una secuencia de ignimbritas silíceas, domos riolíticos y coladas andesíticas son reportadas como parte de vulcanismo del Eoceno en la Mesa Central por Nieto Samaniego et al. (1999). Se han reportado edades de 51.7 a 37.6 Ma para rocas de este evento que afloran en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Guanajuato (Ponce y Clark, 1988; Nieto-Samaniego et al. 1996, 1999; Kapusta, 2005; Loza-Aguirre et al. 2008; Botero-Santa, 2011; Carrillo- Castillo, 2012; Ruiz-González, 2015). Esta secuencia está cubierta por areniscas rojizas y conglomerados con clastos de andesitas que la separan de las ignimbritas del Oligoceno-Mioceno (Ferrari et al., 2005).

## 2.2.3 Volcanismo del Oligoceno-Mioceno

El suroeste de la SMO está cubierto por sucesiones ignimbríticas emplazadas en dos pulsos correspondientes a 32-28 Ma y 24-20 Ma (Ferrari et al. 2002). Mientras que el pulso más antiguo se encuentra distribuido en toda la SMO, el más joven se concentra principalmente en la porción sur de la SMO (Figura 2.2).



### 2.2.3.1 Pulsos ignimbríticos del Oligoceno

En la porción sur de la SMO, las ignimbritas del Oligoceno temprano se encuentran aflorando principalmente entre Aguascalientes, Zacatecas y el norte de Jalisco (Nieto Samaniego et al., 1999). Nieto Obregón et al. (1981) reportaron una edad de 29.15 Ma (K- Ar; sanidino) para una ignimbrita de la Sierra de Morones, al este de Tlaltenango, Zac. En esta área, la secuencia oligocénica se caracteriza por tobas de flujo de cenizas con extensa distribución superficial que cubren andesitas y conglomerados rojos (Ferrari et al., 2005).

En el camino que cruza la Sierra Madre Occidental, desde Huejuquilla, Jal., hacia Estación Ruiz, Nay., (Figura 2.2) vuelve aflorar esta secuencia caracterizada por ignimbritas y domos riolíticos que conforman la sierra de Valparaíso y están expuestas en el área de Huejuquilla, Jal., y en el semigraben de Atengo. Las edades reportadas van de 31.5 a 28.6 Ma (Ferrari et al., 2002; Perrin et al., 2013).

Afloramientos de estas rocas también han sido reportados a lo largo del Río Santiago en el límite entre la SMO y la FVTM (Figura 2.2; Ferrari et al., 2002) y en el margen SW de la SMO, en Nayarit y Jalisco, dentro del graben de Tepic-Zacoalco (Frey et al., 2007).

### 2.2.3.2 Pulsos ignimbríticos Mioceno temprano

La secuencia de ignimbritas del Mioceno temprano cubre una amplia área de la porción sur de la SMO, principalmente en su porción suroeste. Para esta región, Ferrari et al. (2002) describieron la existencia de dos paquetes distintos, la secuencia de Las Canoas y la del Nayar, identificadas en el transecto Estación Ruiz-Valparaíso (ver Figura 2.2).

En particular, la secuencia de Las Canoas, está formada por depósitos de caída y fue fechada por Clark et al. (1981) en mediante el método K-Ar en sanidino y Ferrari et al. 2002 (Ar-Ar; feldespatos), obteniendo en ambos trabajos una edad de 23.5 Ma, y correlacionaron esta secuencia con la parte expuesta en el sur del Graben de Bolaños, para la cual se reporta una edad K-Ar en sanidino de 23.7 Ma (Scheubel et al., 1988). También la correlacionaron con ignimbritas de edades similares que afloran en los

grábenes de Tlaltenango 22.9 Ma (K-Ar, Sanidino) Moore et al. 1994 y Juchipila (24-23 Ma (Trazas de Fisión en zircón) Webber et al. 1994.

La secuencia del Nayar representa un importante depósito del volcanismo Miocénico con un volumen aproximado de 4500 km<sup>3</sup>. Esta secuencia cubre una extensa área en la porción sur occidental de la SMO (Figura 2.2) y alcanza espesor máximo 1000 m) en la Mesa del Nayar, donde han sido reportados indicios de posibles calderas que pudieran ser la fuente (Ferrari et al. 2002). Esta secuencia sobreyace a la secuencia Las Canoas y se han obtenido edades Ar-Ar en un rango 21.2- 19.9 Ma (Ferrari et al. 2002). Más al sur afloran ignimbritas que han sido correlacionadas con esta secuencia y han sido fechadas entre 22.4 y 20.1 Ma (Gastil et al., 1979; Damon et al., 1979; Scheubel et al., 1988; Ferrari et al., 2013).

### 2.2.3.4 Pulsos post- ignimbríticos

El volcanismo posterior a los pulsos ignimbríticos Oligoceno y Mioceno temprano es más disperso, de menor volumen, y tiende a migrar hacia la región que del Golfo de California. Además, la composición tiende a ser bimodal. Después de cada pulso ignimbrítico mayor se emplazaron domos de composición riolítica. En la parte occidental del sector sur de la SMO una serie de domos riolíticos emplazados a lo largo de fallas del borde del Golfo de California en el NW de Nayarit fue fechada por Ferrari et al. (2013) en 23.7 (U-Pb) y 17.4 (Ar-Ar) Ma (Figura 2.2). Estos eventos efusivos de menor energía marcan el final del cada pulso ignimbrítico.

En el área de Huejuquilla, al SW de Zacatecas y N de Jalisco se han reportado coladas basálticas emplazadas después de las ignimbritas del Oligoceno temprano (Ferrari et al., 2002, 2013). Para rocas máficas que subyacen a la secuencia del Mioceno temprano se han reportado edades de 23 a 23.7 Ma (Ar-Ar), para las áreas de Jesús María, Las Canoas y Juchipila (Webber et al. 1994; Ferrari et al., 2013; Duque-Trujillo et al., 2015). En particular, en el graben de Bolaños una secuencia de al menos 300 m de rocas

basálticas separa las secuencias ignimbríticas del Oligoceno y del Mioceno temprano (Ramos-Rosique, 2013).

También se han reconocido lavas máficas emplazadas después del pulso ignimbrítico del Mioceno temprano en el área de la Mesa del Nayar, en los grábenes de Bolaños y Tlaltenango, y en el límite sur de la SMO en Nayarit y Jalisco, con un rango de edad de 21.8 a 18.3 Ma (Nieto-Obregón et al., 1981; Lyons, 1988; Moore et al, 1994; Ferrari et al., 2002, 2013; Rossotti et al., 2002).

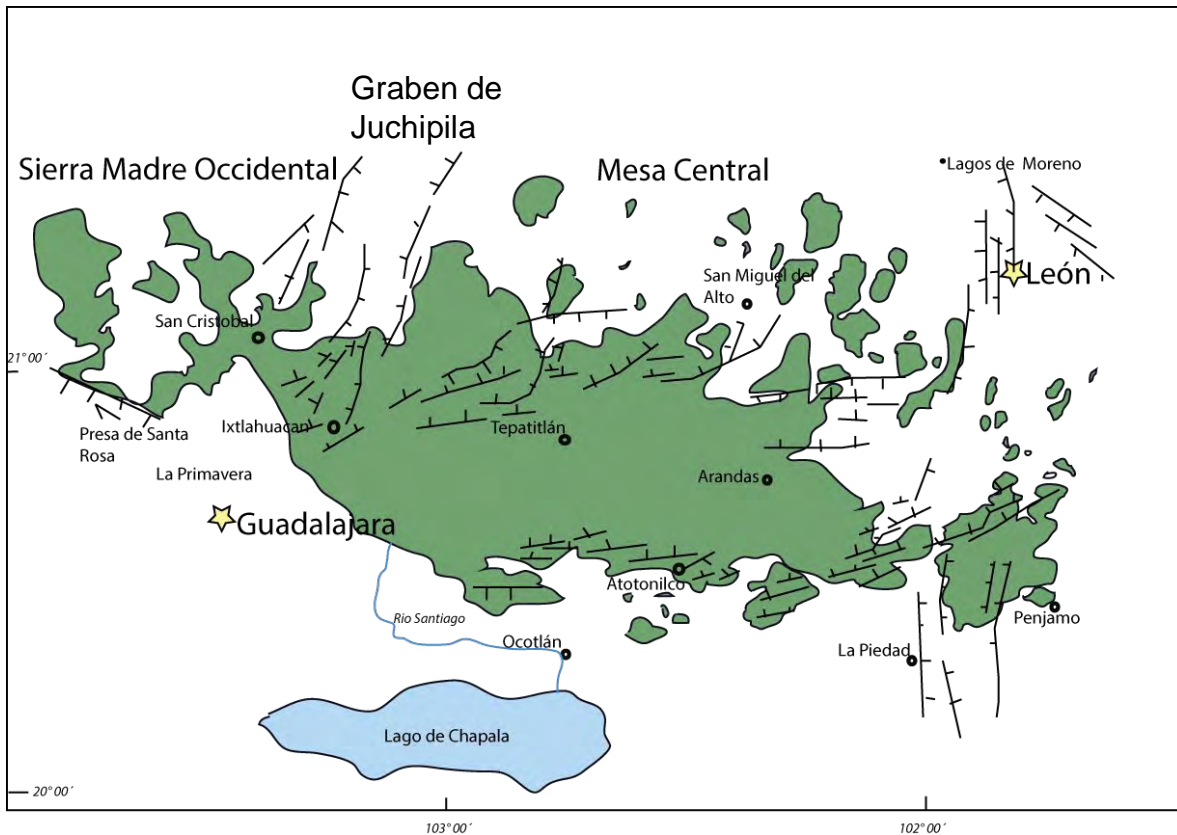
## 2.3 Vulcanismo en el extremo sur de la SMO: transición hacia la Faja Volcánica Transmexicana

La transición entre la SMO y la FVTM se llevó a cabo en el Mioceno medio cuando la rotación anti-horaria del arco que formó la SMO dio como resultado la individualización de la FVTM como una entidad geológica independiente (Ferrari et al., 1999). Se considera que la SMO está predominantemente constituida por rocas silíceas mientras que rocas máficas e intermedias corresponden principalmente a la FVTM (Ortega-Gutiérrez et al., 1992; López-Ramos, 1995). Por lo tanto, existe un cambio en estilo y composición del vulcanismo, siendo silíceo y explosivo en la SMO a intermedio-máfico y efusivo en la FVTM, así como la orientación cambió de nor-noroeste a casi este-oeste.

## 2.3.1 Rocas más antiguas de la FVTM en el sur de la SMO

Uno de los eventos geológicos más importantes durante los inicios de la FVTM fue el emplazamiento de lavas máficas a lo largo de un cinturón con orientación E-W que dio origen a mesetas extensas formadas por la coalescencia de los productos extravasados por volcanes tipo escudo continental, lavas fisurales y volcanes monogenéticos justo al sur de los afloramientos de la SMO (Ferrari et al., 2000; Figura 2.3).

En la región de Guadalajara, estas lavas máficas fluyeron dentro de una depresión preexistente sobre rocas de la Sierra Madre Occidental formando una secuencia masiva y monótona de coladas con espesores individuales entre 2 a 20 m y ligeramente inclinadas hacia el SSE, que fue llamada Basaltos San Cristóbal por Moore et al. (1994). La base de esta sucesión no se encuentra expuesta y el espesor máximo observable es de 800 m en el cañón del río Grande de Santiago (Rossoti et al., 2002). Muestras colectadas cerca de la base del paquete de basaltos han sido fechadas entre 11 y 10 Ma (K-Ar en matriz) (Damon et al., 1979; Moore et al., 1994), Figura 2.3. A 20 km al oeste de San Cristóbal de la Barranca, Jal., en el área de la Presa de Santa Rosa, Nieto-Obregón et al. (1985) fecharon en 8.52 Ma (K-Ar en matriz) lo que podría ser la parte superior de la secuencia. Rossoti et al. (2002) sugirieron que esta última podría correlacionarse con un flujo basáltico o lacolito emplazado someramente que mapean al noroeste de Tesistán, Jal., y fecharon en 7.5 Ma (K-Ar, en matriz), Figura 2.3.



**FIGURA 2.3.** Lavas máficas del Mioceno tardío y sistemas principales de fallas en la región de los Altos de Jalisco (Modificado de Ferrari et al. 2000).

## 2.4 Antecedentes

Los primeros estudios en el graben de Juchipila se enfocan al relleno sedimentario. Lahiere (1982) determinaron la petrología y ambiente de deposición de los sedimentos lacustres del Mioceno tardío en el valle del Río Juchipila y en la cuenca de Yahualica.

Krause (1984) establece la primera estratigrafía reportando once unidades y un modelo del origen de las ignimbritas en el área de Juchipila, identifica dos ciclos eruptivos y estudios de geoquímica en la secuencia ignimbrítica.

Desde el punto de vista geológico estructural Roesler (1987) realizó un mapa en donde expone una sección geológica que va desde la Sierra de Morones a lo largo de Jalpa-Tepechitlan. Propone la presencia de dos calderas en el borde de la Sierra de Nochistlán y la sierra de Morones respectivamente. Roesler (1987) identifica tres secuencias



importantes en el área de Juchipila: Grupo Volcánico Inferior, secuencia sedimentaria San Miguel constituida de areniscas y Grupo Volcánico superior, a este último asigna nombres informales a las ignimbritas que constituye al grupo: Boquillas tuff, Los Indios tuff, Yellow tuff y Los Luna Tuff.

Montague (1992) determina la petrografía, estratigrafía y geoquímica de elementos mayores, traza y química mineral de la secuencia volcánica expuesta en la Sierra de Morones, la Sierra de Nochistlán y el área de Juchipila.

Webber et al., (1994) reportan una descripción generalizada de la estratigrafía del graben basada en los trabaos de tesis de maestría Krause (1984), Roesler (1987) y Montague (1992). Reporta seis nuevas edades: Andesitas Eocénicas  $48.1 \pm 2.6$  Ma en plagioclasa K-Ar, lavas basálticas del Oligoceno  $23.7 \pm 1.4$  Ma K-Ar en plagioclasa, San Miguel tuff  $25.2 \pm 2.2$  Ma, Mesa Galeana tuff  $24.9 \pm 2.7$  Ma, Yellow tuff  $25.3 \pm 2.4$  Ma y Los Indios tuff  $25.9 \pm 2.5$  Ma. Las edades para las ignimbritas fueron obtenidas por Trazas de Fisión en zircón.

López (1989) define al relleno sedimentario como rocas con alto contenido detrítico volcanosedimentario, sedimentos carbonatados ricos en Diatomeas y piroclásticos. La presencia de depósitos piroclásticos sugiere que la actividad volcánica fue activa durante la sedimentación del lago.

Carranza 2013 define a estos sedimentos como una secesión constituida de capas intercaladas de calizas de agua dulce, lutitas, areniscas epiclásticas y flujos de ceniza. Las facies identificadas son lacustres, fluvial, planos de inundación y cenizas volcánicas. Reporta edades de 6.95-5.59 Ma (U-Pb, Zircon).

## **2.5 Tectónica extensional en el sur de Sierra Madre Occidental**

La tectónica extensional que caracteriza a la SMO, se ha asociado estrechamente al retroceso del magmatismo hacia la trinchera en respuesta al aumento del ángulo de subducción y el desprendimiento de partes de la placa de Farallón (Ferrari et al., 2002; 2017), de tal forma que el frente extensional migró episódicamente de este a oeste a lo largo de toda la SMO (Stewart, 1998).

Ferrari et al. (2013 y 2017) propusieron que la extensión litosférica que afectó la parte suroccidental de la SMO se puede considerar como una deformación extensional temprana asociada al proceso de apertura del Golfo de California. Esta extensión inició a finales del Oligoceno, mucho antes del cese de la subducción, que evidentemente afectó la zona de estudio. En particular, para los grábenes de Bolaños y Tlaltenango se documentó extensión en el periodo de ~24-18 Ma (Ferrari et al., 2002, 2013; ver Figura 2.6 A). De acuerdo con su geometría y cinemática, la deformación en el sector sur de la SMO se puede agrupar en tres dominios principales: oriental, occidental y meridional (Ferrari et al., 2002).

## 2.5.1 Dominio Oriental

Está constituido por los grábenes de Juchipila, Tlaltenango y Bolaños, los cuales están orientados NNE a N-S, tienen una longitud que varía de 30 a 120 km, y afectan ignimbritas del Oligoceno tardío o Mioceno temprano. Estas estructuras están limitadas por fallas normales de alto ángulo (Nieto- Samaniego et al., 1999) (Figura 2.7B). En el graben de Tlaltenango una ignimbrita fechada en 22.9 Ma (Ar-Ar; sanidino) por Moore et al. (1994) está cortada por fallas con un desplazamiento mínimo de 400 m, mientras que se reporta un volcán escudo basáltico de 21.8 Ma (K-Ar en matriz) Moore et al., 1994 posiblemente alimentado por las fallas que tiene escarpes menores a 50 m, por lo que se considera que la extensión se pudo llevar a cabo entre ~23 y 20 Ma (Ferrari et al., 2002). En cuanto al graben de Bolaños, éste muestra un desplazamiento vertical de más de 1400 m, con una relación de corte entre las diferentes unidades volcánicas que indicarían una deformación del Mioceno temprano, posiblemente con más de una fase de deformación (Lyons 1988; Ferrari et al., 2002). En los demás grábenes no es posible tener edad precisa de deformación, pero en todos los casos las fallas normales cortan a

ignimbritas del Mioceno temprano que son el producto de una extensión similar de dirección WNW a E-W, es por ello que se puede suponer que la deformación ocurrió al mismo tiempo durante el Mioceno temprano (Ferrari et al., 2002).

## 2.5.2 Dominio Occidental

El dominio occidental abarca los semigrábenes de Alica, Pajaritos y Jesús María, y los sistemas de fallas normales de Pochotitán y San Pedro (Figura 2.B). La dirección de las estructuras es de N-S a NNW-SSE con un basculamiento en dirección ENE. Ferrari et al. (2013), se infiere que estos semi-grabenes tienen edades entre ~23 y 18 Ma (Figura 2.7B). Los sistemas de fallas de San Pedro y Pochotitán son resultado de la extensión ENE a NE-SW y se puede considerar como parte de la Provincia Extensional del Golfo. Las fallas correspondientes al sistema Pochotitán cortan a rocas de hasta 17 Ma y están cubiertas por basaltos de ~10 Ma (Ferrari y Rosas-Elguera, 2000).

## 2.5.3 Dominio meridional

Ferrari (1995) describió que el dominio meridional está conformado en pliegues abiertos con arreglo escalonado (en échelon), pequeñas fallas inversas y fallas izquierdas desarrolladas en el Mioceno medio que se encuentran deformando la secuencia del Oligoceno y el Mioceno tardío de la SMO (Figura 2.5 B). La orientación de estas estructuras está regida por una franja WNW-ESE en el límite de la SMO con el bloque de Jalisco. La edad mínima de deformación es de ~11 Ma (Damon et al., 1979) la cual se obtiene de unos diques que se encuentran cortando los pliegues. Esta deformación es interpretada como una zona de transpresión izquierda producto del movimiento opuesto entre la SMO, durante las fases finales de la subducción de la microplaca de Magdalena, y el bloque de Jalisco, donde continua la subducción de las placas de Cocos y Rivera (Ferrari, 1995).

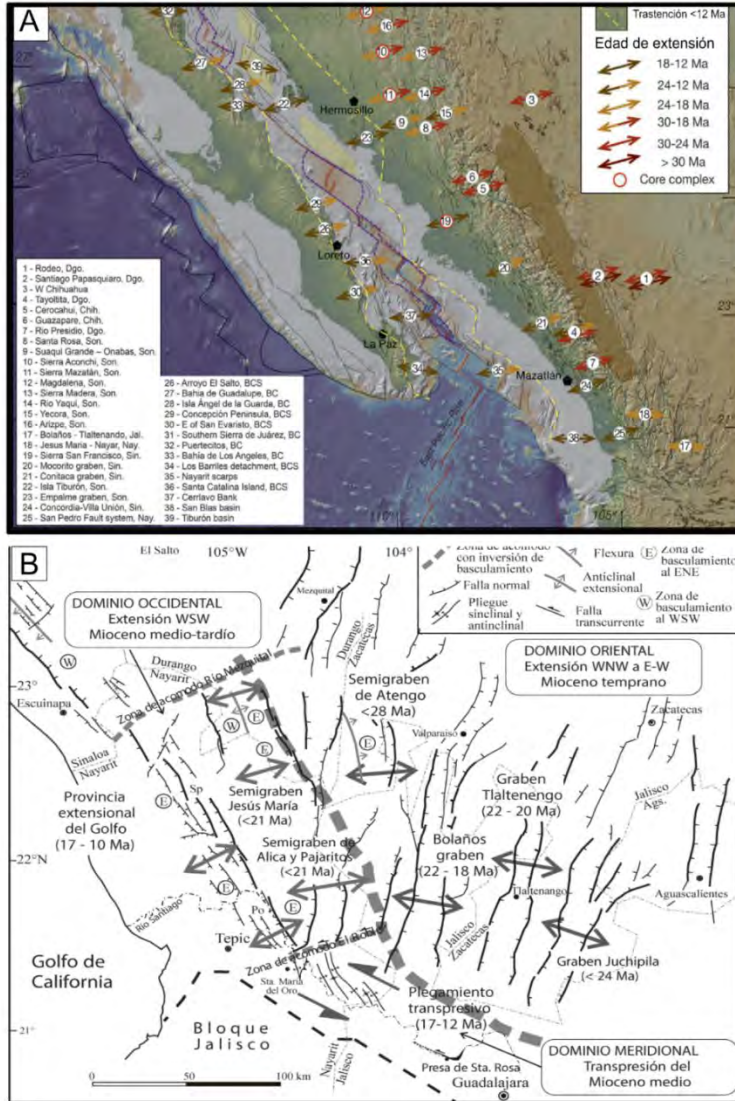


FIGURA 2.5 Mapa regional de la SMO en donde se muestra la temporalidad de la deformación extensional a lo largo de esta provincia volcánicas y el Golfo de California (Ferrari et al., 2017). B. Mapa de estructuras en el Sur de la SMO en el que se incluye el graben de Juchipila (Ferrari et al., 2002)

## 3. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se llevaron a cabo actividades de campo que incluyeron la cartografía geológica, muestreo y descripción de las unidades ignimbríticas y sedimentaria en la porción centro sur del graben de Juchipila, así como la medición de radioactividad con un espectrómetro de rayos gamma portátil. Mientras que las actividades de laboratorio incluyeron un análisis petrográfico de las láminas elaboradas en este proyecto, fechamientos U-Pb y Ar-Ar y análisis geoquímicos de fluorescencia de rayos X (XRF) con una unidad portátil. Los resultados fueron empleados para hacer correlaciones de las ignimbritas con el objetivo de correlaciones estratigráficas.

Se realizaron cuatro campañas de campo, en donde el enfoque fue definir la estratigrafía y elaborar un mapa geológico del área de estudio. El área de trabajo cubre parte de las hojas de INEGI escala 1:50,000 F13-9 Tepechitlán, Jalpa, Juchipila y Nochistlán. El trabajo de campo consistió en la observación de las características de las unidades estratigráficas, incluyendo la descripción de muestras de mano en cada punto. Se realizó un muestreo extenso de rocas en puntos clave donde se procuró que las rocas fueran representativas dentro de los afloramientos del área de estudio para la descripción petrográfica y fechamientos. Las coordenadas de los sitios en donde se colectaron las muestras se tomaron mediante la aplicación para iPad FieldMove de Midland Valley.

Las dataciones por el método U-Pb se llevó a cabo mediante la técnica de LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Mass Spectrometry) en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del CGEO, UNAM. Este laboratorio cuenta con un sistema de ablación láser modelo Resolution M50 marca “Resonetics” compuesto por un láser LPX 220 que generó un cráter (spot) de 10 micras de profundidad por 23 de diámetro. Este sistema se encuentra conectado a una celda con una atmosfera de He en donde un flujo de Ar y N<sub>2</sub> trasporta el gas que llega al equipo de análisis ICP-MS cuádruplo Icap Qc. Este gas

que llega al ICP-MS, es ionizado por un plasma a 7000 °C y es expuesto a un campo electromagnético que separa los isótopos de interés con base en la masa y mide su cantidad durante 30 s. Con la finalidad de hacer la corrección por fraccionamiento de los isótopos de Pb y deriva instrumental, se realizaron análisis de material de referencia (Vidrio NIST 612) y como estándar se tomó un zircón de 91-500 de edad concordante de 1062Ma, por cada 10 mediciones de zircones desconocidos (Solari et al., 2009). La reducción de datos se realizó mediante el paquete de software Iolite que funciona a través del software de análisis de datos Wavemetrics Igor Pro el cual permite calcular los coeficientes isotópicos  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{236}\text{U}$  y  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (Paton et al. 2010) y sus errores estándares a 2 sigma y permitió hacer las correcciones por fraccionamiento y por deriva instrumental. Las edades se calcularon con el promedio ponderado de las relaciones isotópicas  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  y  $^{207}\text{Pb}/^{236}\text{U}$  usando una hoja de cálculo Excel; los datos se graficaron mediante el software Isoplot R 3.0 online usando los diagramas de concordia propuestos por Wetherill (1956) y los diagramas de medias ponderadas calculadas a partir del promedio ponderado utilizando el valor de cada edad y su respectivo error, este cálculo excluye valores anómalos con base a 2 sigmas de error (Ludwin 2000).

También se realizaron fechamientos Ar-Ar las muestras que se sometieron a este procedimiento fueron irradiadas en el reactor de uranio enriquecido de la Universidad de McMaster en Hamilton, Ontario, Canadá. Las muestras se analizaron en el Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón (LIGAr), Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro, México, utilizando un láser de iones de Ar Coherent Innova 200-20 para la extracción de gas, una línea automatizada de limpieza de gases con un dedo frío y dos Getters SAES GP-50 St 101, y un espectrómetro de masas de gas noble multicolector Isotopx NGX. Los haces de iones de los isótopos de argón se midieron simultáneamente en cuatro colectores Faraday con amplificadores de  $10^{12}$  ( $m/z=36$  a  $39$ ), y un colector con un amplificador de  $10^{11}$  ( $m/z=40$ ). Cada ejecución consistió en 20 ciclos de 10 lecturas, con un tiempo de integración de 1 segundo. Mediciones de aire se utilizaron para corregir el fraccionamiento isotópico, asumiendo que  $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_i=295.5$ .

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

---

Para la reducción de datos, se utilizó el software NGX-Red y AgeCalc 1.0® desarrollado en CICESE, Ensenada, México. Las correcciones efectuadas son de fraccionamiento isotópico y para las reacciones de interferencia inducidas por neutrones de calcio, potasio y cloro. Los parámetros utilizados para corregir las reacciones de interferencia inducidas por neutrones fueron:  $(^{39}\text{Ar} / ^{37}\text{Ar}) \text{Ca} = 6.50 \times 10^{-4}$ ;  $(^{36}\text{Ar} / ^{37}\text{Ar}) \text{Ca} = 2.55 \times 10^{-4}$ ;  $(^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}) \text{K} = 0$ . La masa 36 también se corrigió para  $^{36}\text{Ar}$  [ $^{35}\text{Cl} (n, \gamma)$  derivado de cloro  $^{36}\text{Cl} \rightarrow ^{36}\text{Ar} + \beta^-$  con  $t_{1/2} = 3.01 \times 10^5 \text{ a}$ ]. Los isótopos  $^{37}\text{Ar}$  y  $^{39}\text{Ar}$  se corrigieron por desintegración radioactiva. Las constantes de descomposición recomendadas por Steiger y Jäger (1977) se usaron en todos los cálculos, y los cálculos de isócrona inversa se realizaron con las ecuaciones presentadas en York et al. (2004). Todos los errores se informan a nivel  $1\sigma$ , y los errores en las edades integradas, tanto las de meseta e isócrona incluyen la incertidumbre en el parámetro J. Además, el error de la edad de los isócronas incluye el valor del ajuste cuando el cuadrado medio de desviaciones ponderadas (MSWD) excede 1. Las edades integradas se calcularon sumando las fracciones de los experimentos de calentamiento. La edad de meseta se calcula a partir de la media ponderada de al menos tres fracciones consecutivas que representan el 50% o más del  $^{39}\text{Ar}$  liberado que están de acuerdo dentro del error  $1\sigma$ , excluyendo la incertidumbre en J.

La caracterización geoquímica mediante fluorescencia de rayos x (frx) fue efectuado mediante el uso del equipo Bruker TRACER 5i portátil (Figura 3.4A) es un sistema de análisis elemental complementado por un Detector de Deriva de Silicona (SDD) de  $40 \text{ mm}^2$  con 140 eV a 250,000 cps Mn  $K\alpha$ . Cuenta con 5 filtros preinstalados. Trabaja con software analítico basado en computadoras portátiles con visualización espectral en tiempo real. Con este equipo se realizaron mediciones en campo y en laboratorio. Como se trata de un equipo nuevo para la calibración se decidió hacer mediciones en 37 muestras de referencia de las cuales son 29 de composición basálticas-andesíticas y 8 muestras de composición dacítica a riolítica, las cuales se encuentran bien caracterizadas. Estas muestras de referencia usadas ya habían sido medidas en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), UNAM, utilizando un aparato de Fluorescencia de Rayos X (FRX) marca Siemens modelo SRS-3000 para

elementos mayores mientras que para elementos traza se realizó mediante espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS), utilizando un instrumento Thermo iCap Q del Centro de Geociencias (CGEO), UNAM. Este procedimiento fue hecho en el laboratorio ultralimpio del Centro de Geociencias, UNAM, e incluyó el procesado de bloques de 15-20 muestras, al menos 4 estándares internacionales de rocas con concentraciones conocidas y certificadas (AGV-2, BCR-2, AGV-2, JB-2), 3 muestras de un estándar interno estándar “alto”: muestra PS-99-25 del Macizo de Palma Sola; Gómez-Tuena et al. (2003) y 2 blancos. Se realizó el diseño de un método de medición de muestras mediante la utilización de TRACER 5i, para medir tanto en campo como en laboratorio. Por cada muestra de referencia se realizaron 3-5 mediciones de 180 segundos cada una, se graficaron los datos de los elementos obtenidos que tuvieron mayor detección por parte del equipo Bruker TRACER 5i y se comparación entre las distintas formas de medición. Se determinó que, para fines prácticos tanto en campo como en laboratorio, las muestras de este proyecto se midieron solo en cubos de rocas cortados para obtener caras con superficies planas. Para la medición de campo se procuró hacer la medición en superficies donde la roca no tuviera tantas rugosidades, o si era necesario se usó una lija para eliminarlas en el caso de rocas suaves. En los sitios de medición realizadas en campo se colectó muestra para su posterior análisis en laboratorio y en caso de ignimbritas ricas en líticos se procuró medir solamente la matriz.

Para la adquisición de datos de radioactividad natural, se utilizó un equipo de espectrometría modelo RS-230 BGO Super-Spec, el cual contiene 1024 canales y detecta un rango de energía de 30 keV – 3000 keV. Este equipo utiliza una fuente de centelleo de germanato de bismuto con una sensibilidad de detección 2.5 veces mayor a los cintilómetros de NaI, lo que le permite captar niveles de radioactividad en un rango de 90 cm de diámetro aproximadamente. Se realizaron mediciones en el campo de las distintas unidades estratigráficas, cada medición tuvo una duración de 300 segundos.



## 4. GEOCRONOLOGÍA

### 4.1 Fechamientos U-Pb

Como parte de este estudio se fecharon trece muestras en zircones magmáticos y detríticos. En la tabla 4.1 se muestra un resumen de los resultados, y en la Figura 4.1 la localización de los sitios de colecta de las muestras. Este apartado la descripción de edades U-Pb se divide por tipo de rocas: sedimentarias y volcánicas.

**TABLA 4.1** Edades de las rocas analizadas por el método de U-Pb. Se indica el tipo de roca y la ubicación de muestreo

Tipo de roca	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Edad y error (Ma)		Edad máxima de depósito	Comentarios
				Concordia	Media ponderada		
JUC-15	Arenisca	21° 32' 16"	103° 05' 41"	1420		~20	5 circones mas juvenes
JUC-29	Flujo de ceniza	21° 39' 50"	102° 55' 27"	1560	24.68±0.091	22.47±0.17	MSWD=12; MSWD=1.57
JUC-41	Lava Riolitica	21° 40' 22"	103° 09' 29"	2537	29.95±0.091*	30.118±0.072**	MSWD=2.1; MSWD=2.36
JUC-01	Ignimbrita Los Indios	21°30'0.77"	103° 4'49.83"	1303			
JUC-27	Ignimbrita Los Indios	21° 35' 30"	102° 55' 27"	1707	30.375±0.10	30.5338±0.098	MSWD=9.5; MSWD=1.73
JUC-23	Ignimbrita Boquillas	21° 29' 29"	103° 02' 38"	1506	29.30±0.23*	29.94±0.12**	MSWD=2.3; MSWD=1.94
JUC-35	Toba San Miguel	21° 24' 09"	103° 11' 31"	2038	29.72±0.16*	29.98±0.10**	MSWD=2; MSWD=1.42
JUC-37	Ignimbrita	21° 30' 04"	103° 10' 49"	1927	28.18±0.13*	29.87±0.077**	MSWD=6; MSWD=3.84
JUC-31	Ignimbrita	21° 18' 39"	103° 04' 19"	1675	29.78±0.130*	30.130±0.83**	MSWD=2; MSWD=1.83
JUC-19	Ignimbrita	21° 39' 34"	103° 07' 13"	2100	30.16±0.13	32.10±0.14	MSWD=0.32; MSWD=0.92
JUC-10	Arenisca	21° 39' 21"	103° 08' 58"	2317	32.71±0.14	32.01±0.14	MSWD=8.4; MSWD=1.87
JUC-33	Arenisca	21° 16' 36"	103° 03' 16"	2085		~33	Pico mas joven
JUC-06	Arenisca	21° 37' 31"	102° 55' 37"	1685		~33	Pico mas joven

\* Edad de intercepta inferior de la discordia

\*\* Edad de media ponderada obtenida usando corrección de Pb Común Stacey and Kramers (1975).

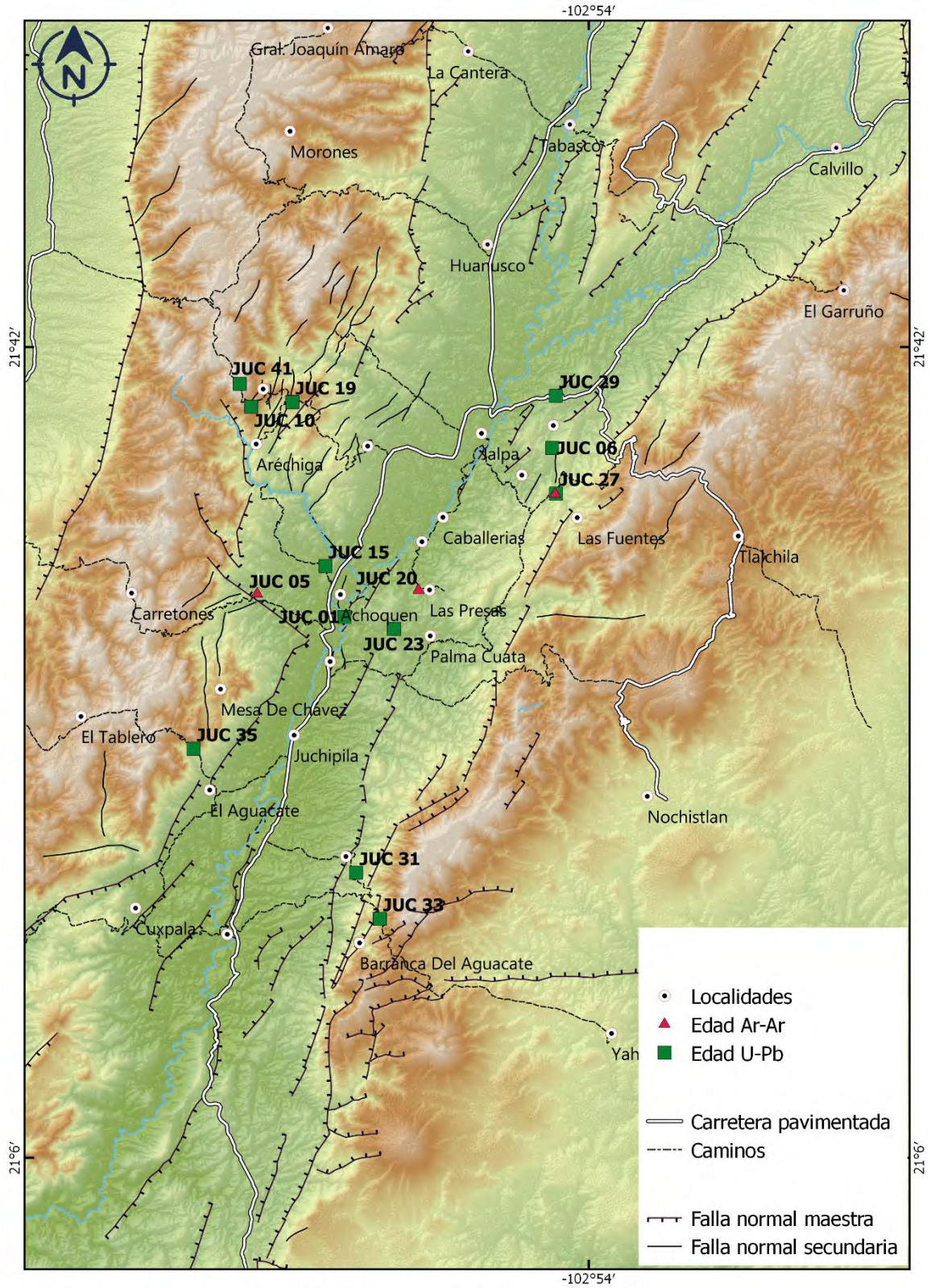
#### 4.1.1 Rocas sedimentarias

La muestra JUC-06 se colectó a 3 km aproximadamente del poblado de Tuitán en el flanco E del graben y procede de una secuencia de areniscas siliciclásticas (Figura 4.1). Esta muestra produjo un número limitado de cristales por lo que solo 49 fueron

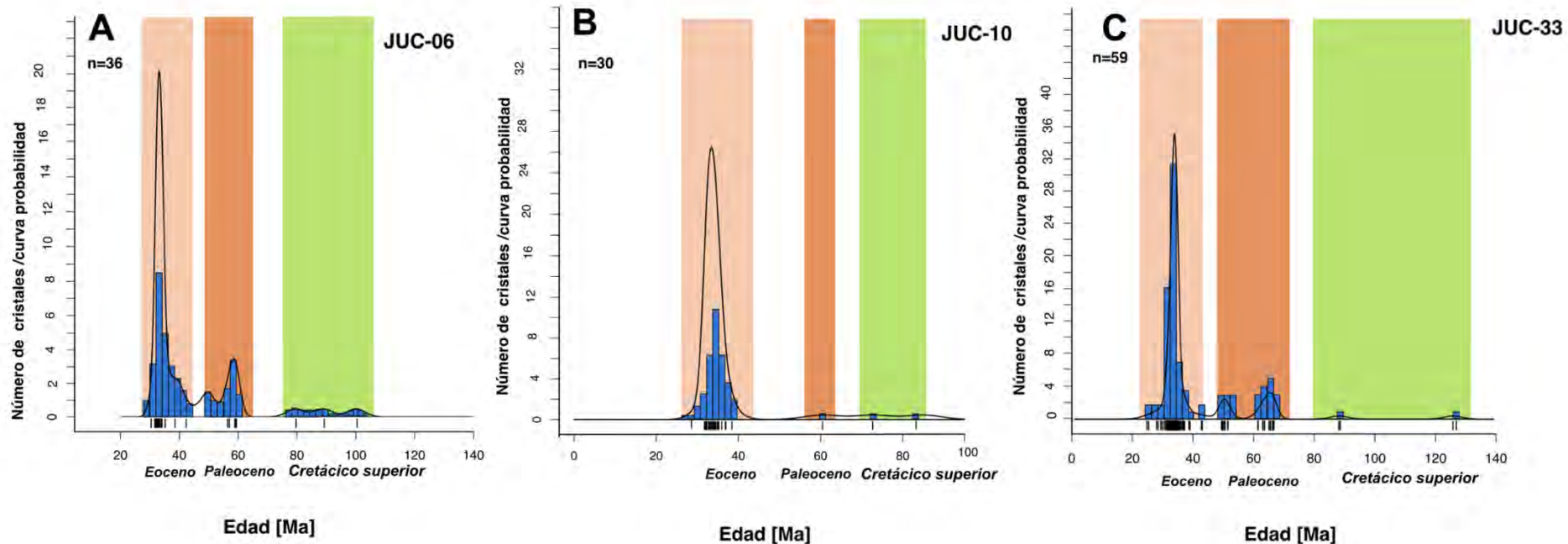
analizados y 36 cristales con una discordancia menor al 25% se utilizaron para la elaboración de la curvas e histograma de distribución de edades. Los granos de cristales tienen morfologías prismáticas con bordes bipiramidales y en ocasiones ligeramente redondeadas, con relaciones de aspecto de 1:3 y 1:4. Las imágenes de catodoluminiscencia revelan la naturaleza ígnea de los zircones mostrando estructuras típicas de crecimiento magmático y una zonación incipiente en algunos granos, sin embargo, otros cristales se muestran muy homogéneos.

De manera general todos los cristales exhiben muy buena luminiscencia. En el diagrama de distribución de edades esta muestra exhibe principalmente tres poblaciones de zircones. Los granos con edades más antiguas están dispersos en un rango de 103 Ma-78.3 Ma que representa el 16% del total analizado. Otra población de 62.3-50.5 Ma que representa el 41%, la tercera última población corresponde a las edades más jóvenes que abarcan un rango de 46.6-33.0 Ma y un 47.2% del total de los análisis (Figura 4.2 A). La muestra JUC-10 fue colectada en el hombro W del graben a 2 Km aproximadamente del poblado de Las Azucenas, Zac., y a 3.5 Km al NW de Aréchiga, Zac (Figura 4.1). Los zircones de esta muestra exhiben una buena luminiscencia, tienen formas euhedrales a subhedrales con morfologías bipiramidales con bordes y puntas ligeramente redondeados, con relaciones de aspecto de 1:2 y 1:3. Por otro lado, la mayoría de los granos se muestran muy homogéneos sin presencia de zoneamiento. Muy pocos cristales presentan estructuras de recristalización. El diagrama de distribución de edades muestra tres poblaciones principales: la más antigua corresponde a un rango de 85.3-73.8 Ma y solo dos granos de zircones corresponden a esta distribución, la segunda con solo un grano corresponde a una edad de 60.6 Ma y la tercera y más abundante está constituida por un rango de edades de 37.2 a 32.2 Ma (Eoceno tardío-Mioceno temprano) (Figura 4.2 B).

# ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



**FIGURA 4.1** Mapa de localización de las muestras fechadas en este trabajo



**FIGURA 4.2** Histogramas y curvas de distribución KDE (Kernel Density Estimator) para los datos analíticos U-Pb de las areniscas Aréchiga para los tres casos se muestran tres eventos: Cretácico superior, Paleoceno y Eoceno. **A.** Muestra **JUC-06** **B.** Muestra **JUC-10** **C.** Muestra **JUC-33**

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

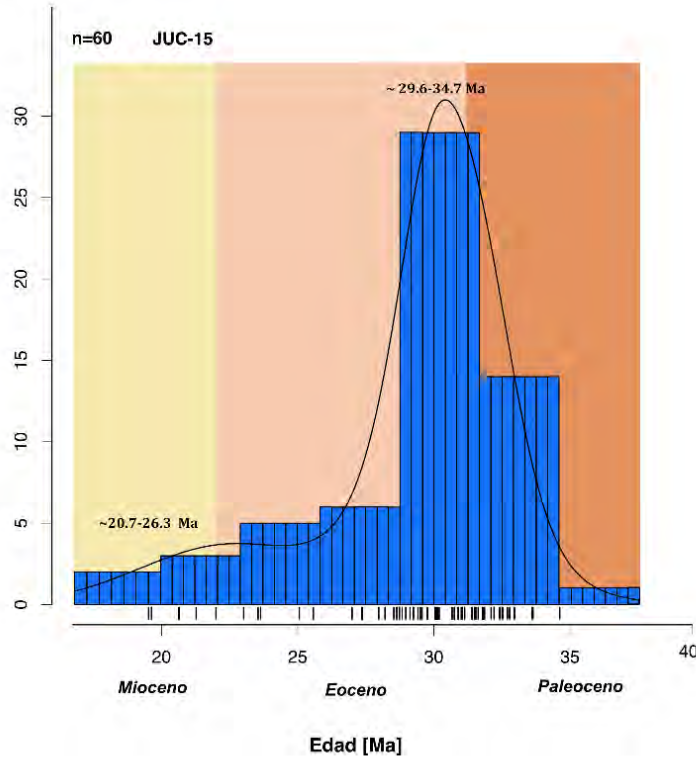
---

Al sur del graben, en el hombro E, sobre el camino al NE de Moyahua de Estrada, y a 4 Km de la Barranca del Aguacate se colectó la muestra JUC-33 (Figura 4.1) que procede de una secuencia de areniscas intercaladas con limolitas siliciclásticas ricas en cristales de cuarzo y biotita.

Los zircones de esta muestra presentan morfologías de prismas bipiramidales con bordes y puntas redondeados, relaciones de aspecto de 1:2, 1:3 y 1:4. Sus formas son euhedrales a subhedrales. Las imágenes de catodoluminiscencia revelan la naturaleza de crecimiento que muestran estructuras típicas de un origen magmático marcadas de manera incipiente en algunos granos, sin embargo, la mayoría de los cristales lucen una estructura interna muy homogénea y con buena luminiscencia.

Se ablacionaron 66 bordes de zircón para determinar el diagrama de distribución de edades, en donde se puede observar dos granos que corresponden a 89.9 y 127.1 Ma, una población que agrupa cristales en el rango de 77.8 a 50.4 Ma y por último la población más joven (40 a 32.9Ma) con un pico a los ~ 33 Ma (Figura 4.2 C). Las muestras JUC-06, JUC-10 Y JUC-33 corresponden a la misma unidad litoestratigrafica, y se puede ver que son muy consistentes, además para las tres muestras la edad máxima de depósito es de 37.2 a ~ 33 Ma y que corresponde a finales del Eoceno y Oligoceno temprano (Figura 4.2).

Al interior del graben, a 2.5 km al W de la presa de Achoquen se colectó la muestra JUC-15 que procede de una capa masivas de limolita arenosa siliciclásticas intercaladas con capas de areniscas. Los cristales de zircón de esta muestra exhiben morfologías prismáticas bipiramidales con bordes y puntas redondeadas, con relaciones de aspecto de 1:3 y 1:4. La mayoría de estos granos muestran buena luminiscencia, revelando una estructura interna muy homogénea, sin embargo, algunos cristales presentan incipiente zoneamiento concéntrico. En total se analizaron 61 granos de zircones que muestran una distribución de edades en el rango 38.8-20.7 Ma que forman un pico de de ~ 29.6-34.7 Ma, y una serie continua de edades más jóvenes hasta 20.7 Ma, valor que se toma como la edad máxima de depósito (Figura 4.3).

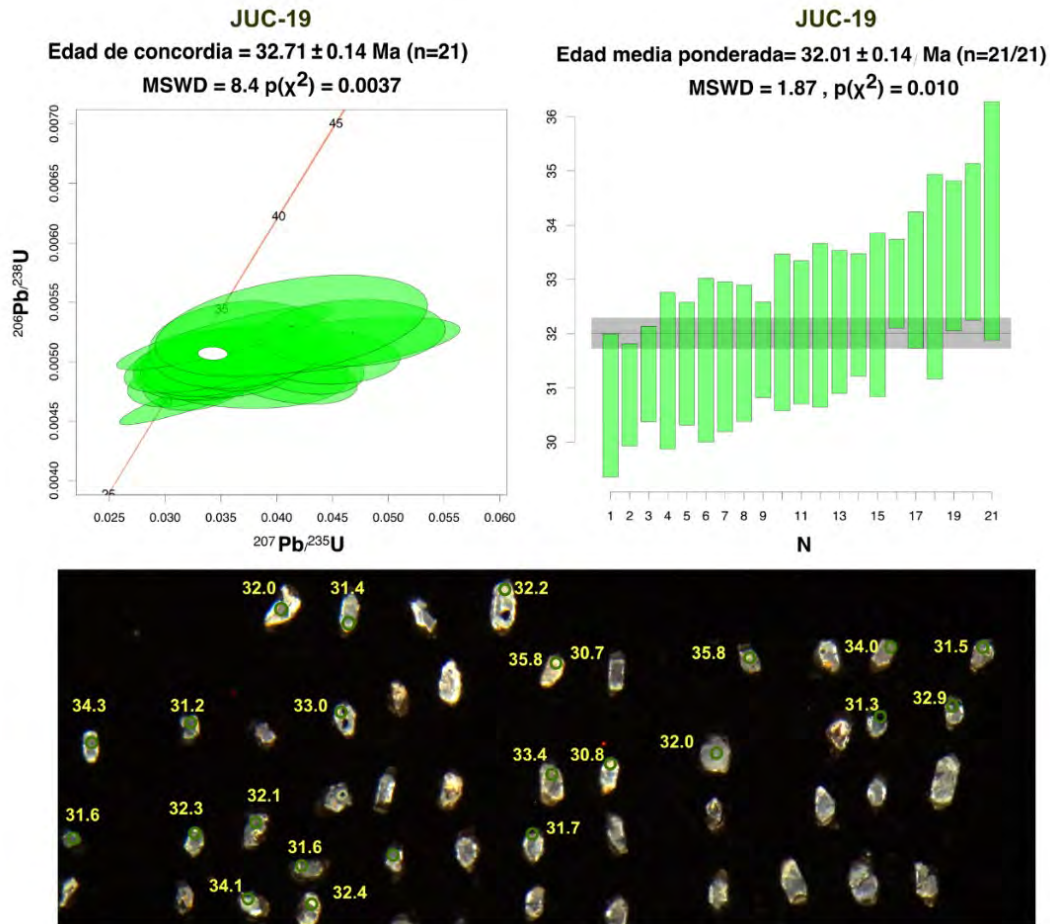


**FIGURA 4.3** Histogramas y curvas de distribución KDE (Kernel Density Estimator) para los datos analíticos U-Pb para la muestra JUC-15

## 4.1.2 Rocas volcánicas

En el margen NW del área de estudio sobre el camino que sale al SE de Corral de Piedra, Zac., hacia Las Azucenas se colectó una muestra de ignimbrita con desvitrificación esferulítica (JUC-19). Para su fechamiento se seleccionaron un total de 35 bordes de cristales de zircón, los cuales muestran formas euhedrales a subhedrales, la mayoría son incoloros y algunos granos exhiben tonos rosáceos. Las morfologías de los zircones principalmente son prismáticas cortas, con relaciones de aspecto entre 1:1 y 1:2 (Figura 4.4 C). En el diagrama de concordia Wetherill se observa la distribución de 21 análisis que sirvieron para su construcción debido a que la discordancia de estos es menor a 25%. La edad de concordia obtenida para esta muestra es de  $32.71 \pm 0.14$  Ma. Los análisis con menor porcentaje de discordancia proporcionan una edad media ponderada ligeramente más joven de  $32.02 \pm 0.14$ , MSWD=1.87 y n=21 (Figura 4.4 A y B).

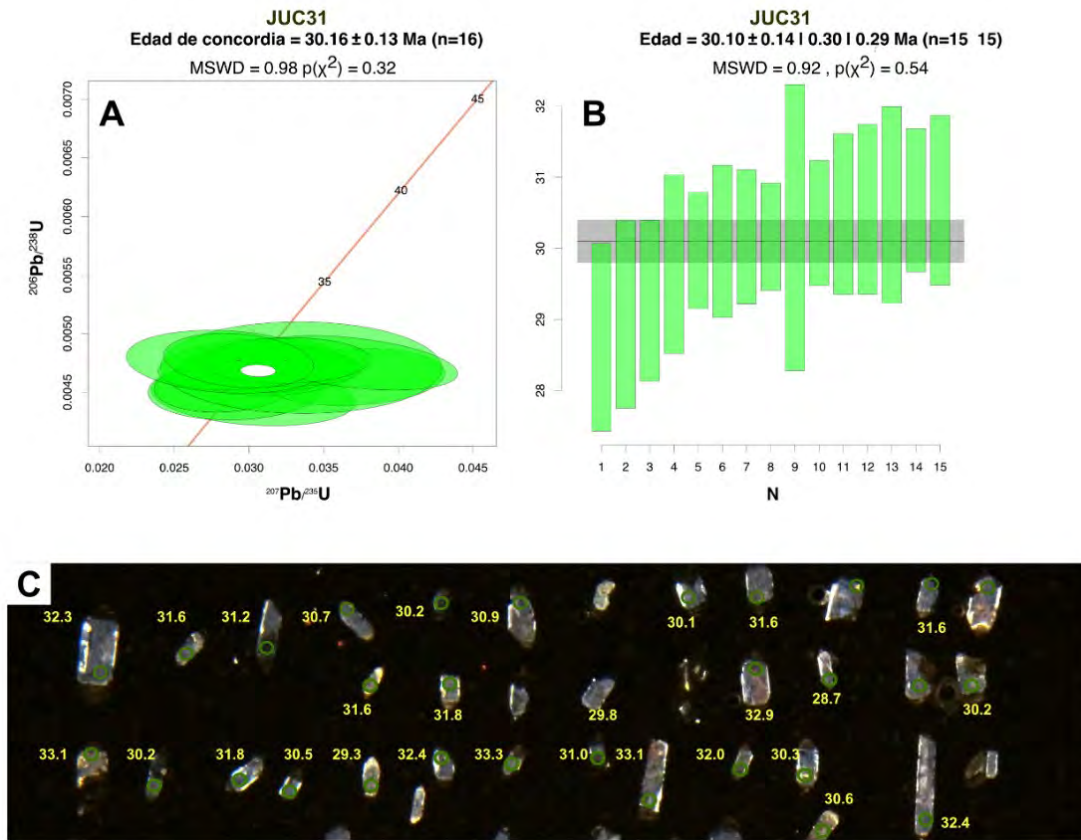
**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO**



**FIGURA 4.4** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zirrones de **JUC-19**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zirrones que grafican en la línea de concordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 21 análisis. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zirrones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y encima de cada zircón grano la edad determinada para ese punto del zircón.

La muestra JUC-31 fue colectada en el borde SE del graben de Juchipila a 15 Km al N de Moyahua de Estrada, Zac. y 7 Km de la Barranca del Aguacate, Zac., (Figura 4.1) corresponde a una ignimbrita soldada con fragmentos de pómez y líticos de 10 cm de un bloque hundido por la falla maestra del graben.

Se



**FIGURA 4.5** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zirrones de **JUC-31**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zirrones que grafican en la línea de concordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 15 análisis. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zirrones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y encima de cada zircón grano la edad determinada para ese punto del zircón.

analizaron 36 zirrones, la mayoría de ellos incoloros o con tonos amarillos y exhibiendo inclusiones. Se identificaron morfologías como prismas bipiramidales alargados con bordes y puntas bien desarrolladas, en ocasiones redondeadas. Las relaciones de aspecto van de 1:2 y 1:3, aunque en algunos de los cristales predominaron morfologías cortas y anchas tipo *stubby prisms* (Figura 4.5 C). Las imágenes de catodoluminiscencia revelan la naturaleza ígnea de los granos, se observa una apariencia de núcleo heredado bordeado por un dominio oscuro asociado a un enriquecimiento de U.

Se obtuvo una edad de concordia construida a partir de 16 análisis con un porcentaje <25% de discordia, obteniendo una edad de  $30.16 \pm 0.13$  Ma y MSWD= 0.98; la edad



## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

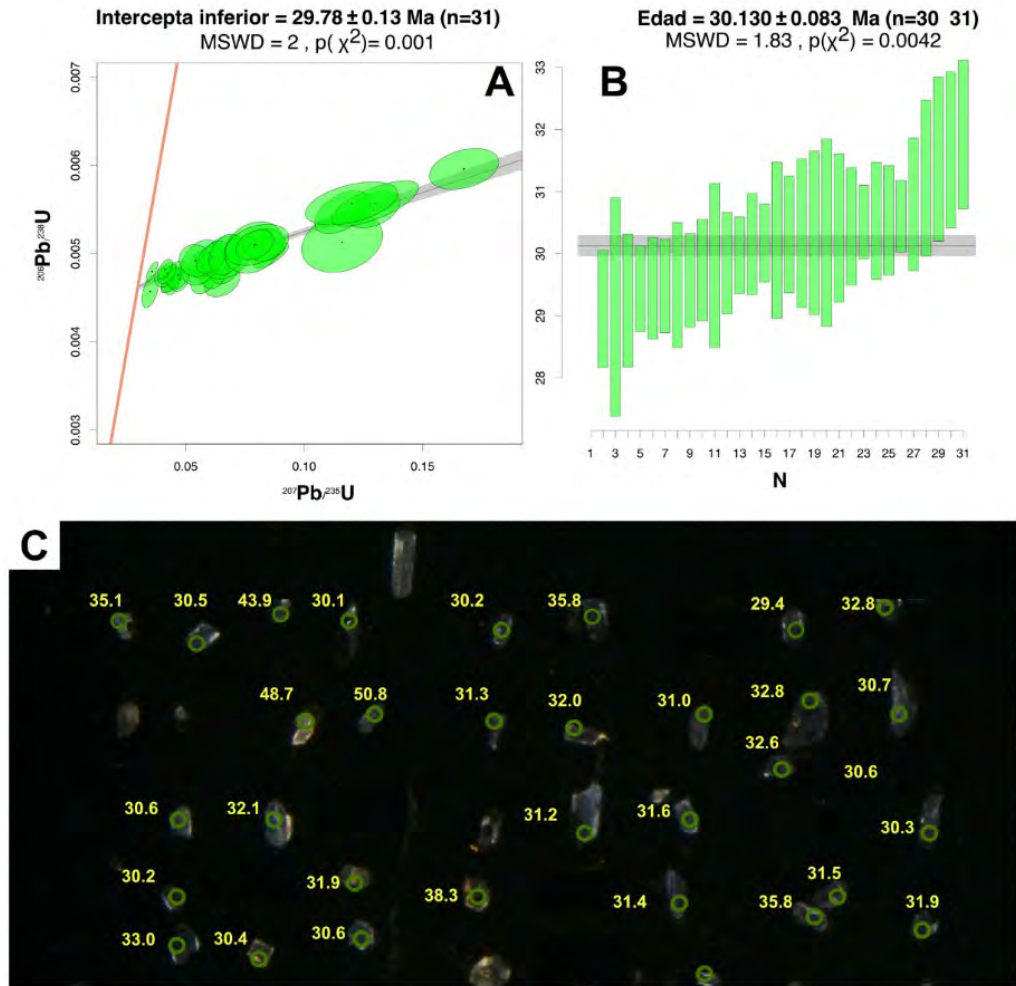
---

media ponderada revela una edad indistinguible dentro del error de  $30.10 \pm 0.14$  Ma y  $MSWD = 0.92$  a partir de 15 análisis (Figura 4.5 A y B).

De una ignimbrita con matriz de ceniza rica en contenido de cristales de feldespatos se colectó la muestra JUC-37 sobre el borde W del graben, aproximadamente a 12 Km al W de Apozol, Zac., cerca del poblado de Carretones (Figura 4.1). Se analizaron 35 bordes de zircón para determinar la edad de cristalización. Los granos analizados muestran geometrías subhedrales y algunos de ellos fragmentados y con pequeñas inclusiones al centro del cristal. Las relaciones de aspecto son de 1:1 y 1:2, las imágenes de catodoluminiscencia ponen en evidencia que algunos granos presentan núcleos más antiguos además de mostrar el borde con baja luminiscencia (Figura 4.6 C).

La mayoría de las edades obtenidas para los zircones sobrepasan el 25% de discordia, posiblemente por pérdida de Pb radiogénico, producto de algún fenómeno geológico que ocasiono que el sistema U-Pb no permaneciera cerrado, un exceso de Plomo común o bien a un bajo contenido de U (Schoene, 2014). Del total de los bordes analizados solo 31 fueron graficados para obtener el diagrama de concordia de Wetherill. Las edades obtenidas definen una línea de discordia con intercepta inferior en  $29.78 \pm 0.13$  Ma (Figura 4.6 A). La razón por la que no se contemplaron los 4 análisis restantes es porque no cumplían con la línea de tendencia de la discordia.

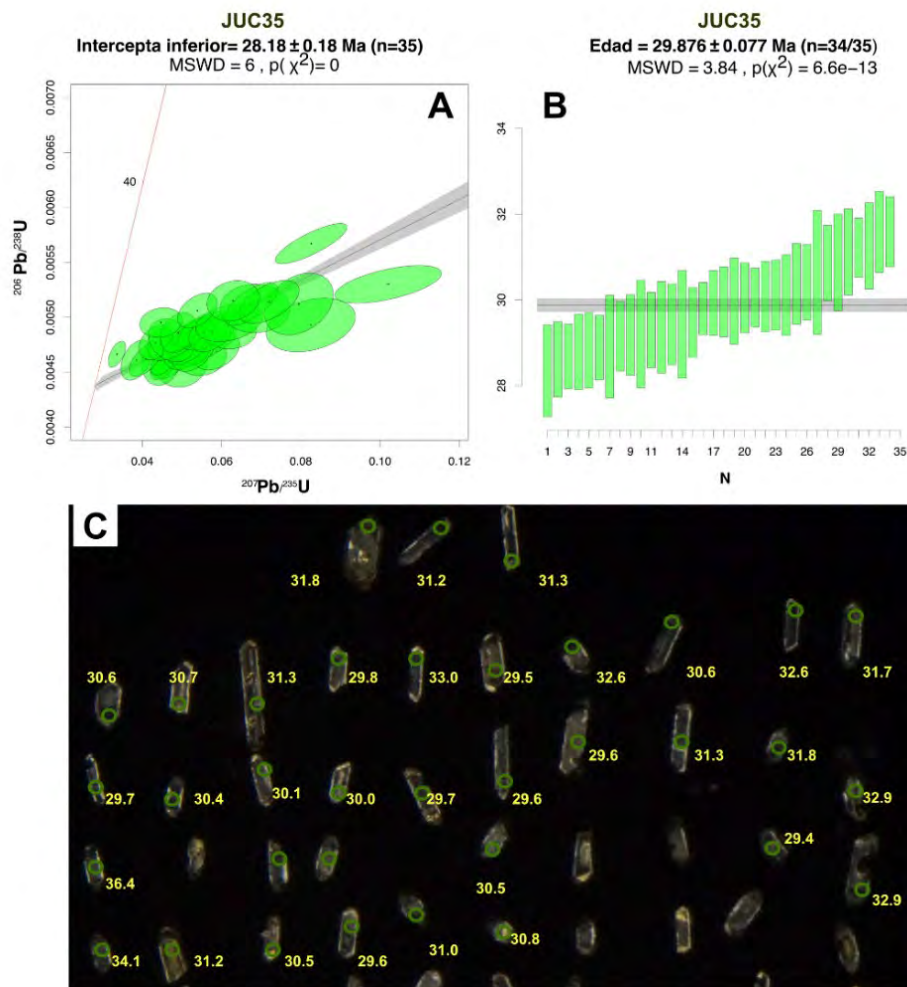
A partir del análisis de 30 circones que se ajustan al margen 2 sigma, se obtuvo el diagrama de edad media ponderada con una edad de  $30.13 \pm 0.08$  Ma y un  $MSWD = 1.83$  (Figura 4.6 B), para obtener esta edad fue necesario aplicar la corrección de plomo común de Stacey and Kramers (1975). Debido a que la línea de discordia que se grafica en el diagrama Wetherill muestra la naturaleza de los datos sin corrección alguna se toma como edad preferida.



**FIGURA 4.6** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zirrones de **JUC-37**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zirrones que grafican en la línea de discordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 31 análisis, se aplicó la corrección Stacey and Kramers. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zirrones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y encima de cada zircón grano la edad determinada para ese punto del circón.

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

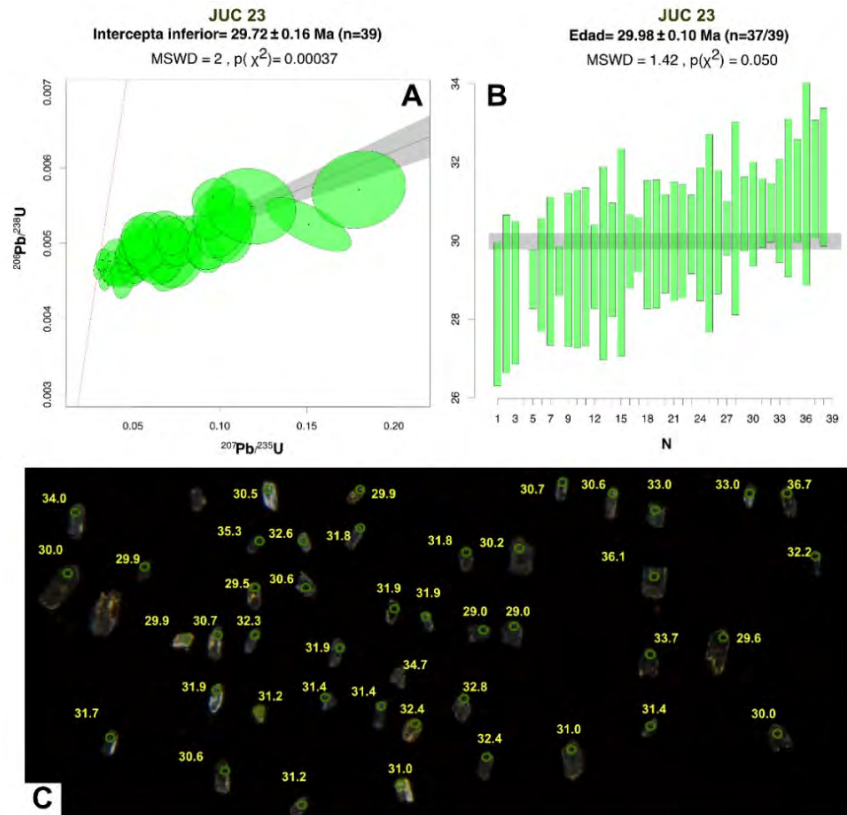
En el hombro W del graben a 6 Km al S de La Mesa de Los Chávez y 4 Km NW de la localidad de El Aguacate se colectó la muestra JUC-35 (Figura 4.1) de una secuencia de capas estratificadas de caída de ceniza y pómez correspondiente a la unidad conocida como Toba San Miguel (Webber et al., 1994). Los cristales de zircones muestran morfologías como prismas bipiramidales alargados con puntas bien desarrolladas y relaciones de aspecto 1:2 y 1:3. Los granos revelan buena luminiscencia mostrando estructuras internas típicas de crecimiento magmático (Figura 4.7 C).



**FIGURA 4.7** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zircones de **JUC-35**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zircones que grafican en la línea de discordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 34, se le aplicó la corrección Stacey and Kramers, 1975. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zircones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y la edad determinada para ese punto del zircón.

La edad fue determinada a partir de la línea de discordia obtenida del análisis de 35 bordes de zircón que arroja un intercepta inferior de  $28.18 \pm 0.18$  Ma (Figura 4.7 A). El diagrama de edad media ponderada fue obtenido a partir de 34 análisis de zircones que se ajustaron al intervalo de error  $2\sigma$ , obteniendo una edad de  $29.87 \pm 0.07$  Ma y un  $MSWD=3.84$  (Figura 4.7 B). Para estimar las relaciones iniciales (Pb común) en los análisis de esta muestra se utilizó la metodología Stacey and Kramers (1975). La edad preferida es la primera que se describe debido a que está construida con los datos sin ninguna corrección de Pb revelando así la naturaleza de la muestra.

A 3 Km al norte del poblado de Palma Cuata, Zac., se colectó la muestra JUC-23 (Figura 4.1) de una ignimbrita densamente soldada con juntas columnares que corresponde a la llamada Toba Boquillas (Webber et al., 1994).



**FIGURA 4.8** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zircones de **JUC-23**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zircones que grafican en la línea de discordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 34 para el cálculo de esta edad se aplicó la corrección de Stacey and Kramers, 1975. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zircones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y la edad determinada para ese punto del zircón.

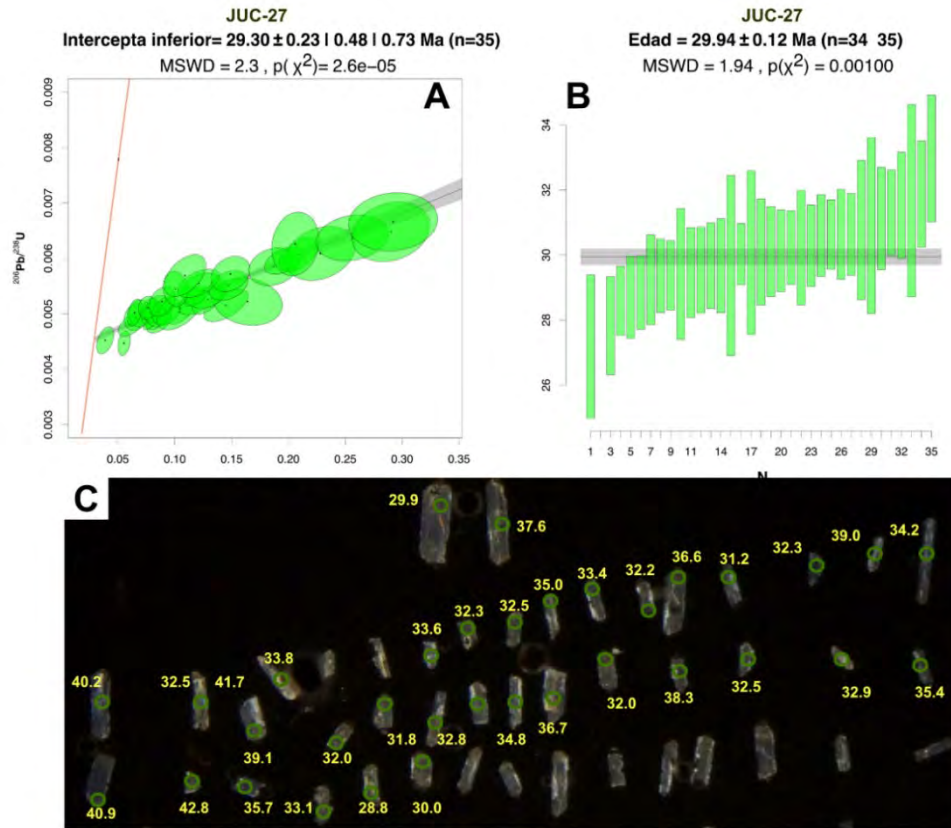
## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

---

La mayoría de los zircones de esta muestra tienen una buena luminiscencia, sus formas son euhedrales a subhedrales, incoloros y poca cantidad rosados. Exhiben morfologías bipiramidales acortadas y anchas (*stubby prisms*) y relaciones de aspecto de 1:2 (Figura 4.8 C). En total se analizaron 45 bordes de granos de zircón. Seis análisis fueron descartados debido a su alto porcentaje de discordancia. Los restantes 39 análisis definen una línea de discordia en el diagrama de Wetherill que arroja una edad de  $29.72 \pm 0.16$  Ma y MSWD=2 (Figura 4.8 A). Mediante la reducción de Plomo común usando el método Stacey and Kramers (1975) se obtuvo una edad media ponderada indistinguible de  $29.98 \pm 0.10$  Ma y MSWD=1.42 con 37 análisis que se ajustaron al  $2\sigma$  (Figura 4.8 B).

En el sector E del graben, a 4 Km al W de Las Fuentes sobre el camino que va de Palma Cuata a Tuitán se colectó la muestra JUC-27 (Figura 4.1) correspondiente a una ignimbrita de matriz de ceniza gris con abundantes cristales de cuarzo y feldespatos en menor cantidad y pequeños fragmentos de pómez que corresponde a la parte superior de la llamada Toba Indios (Webber et al., 1994).

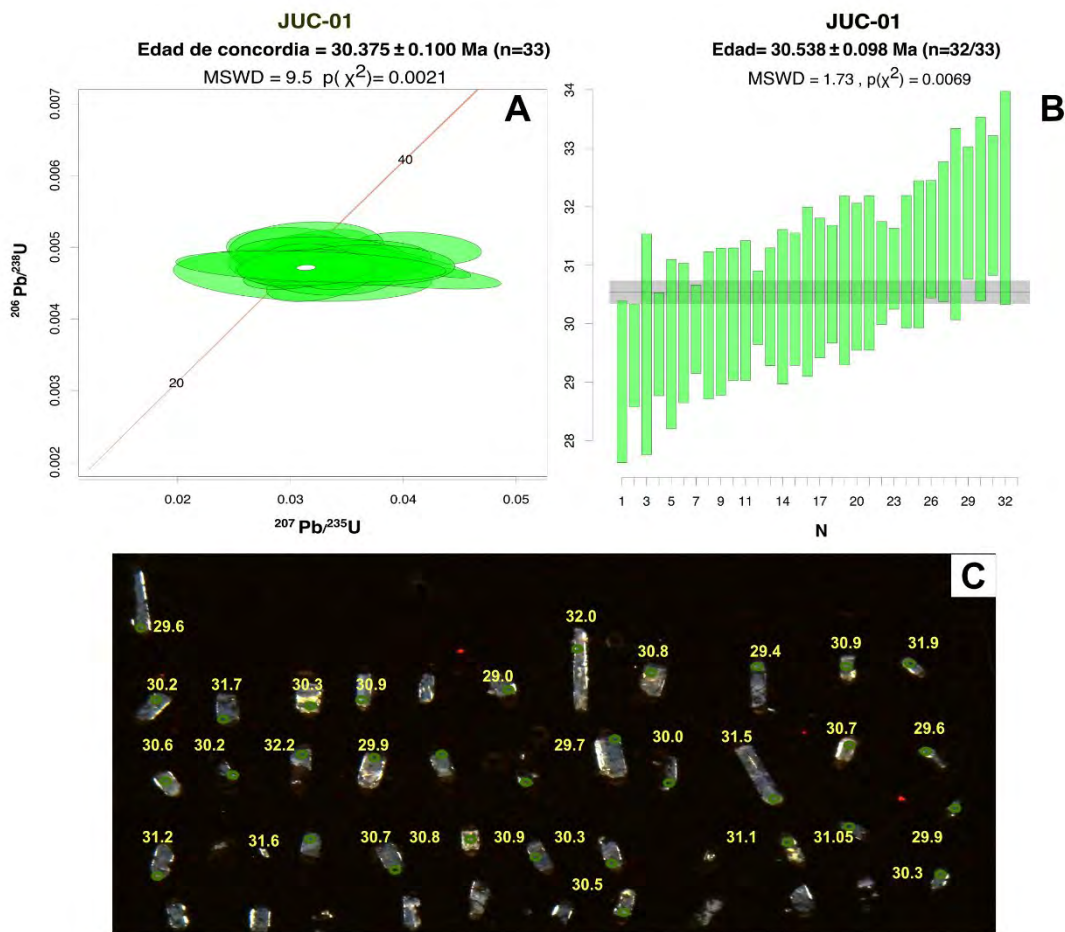
Para esta roca se seleccionaron 35 cristales de zircón que exhiben tonos amarillos a incoloros. Algunos cristales tienen inclusiones y la mayoría se encuentran fracturados. Las relaciones de aspecto van entre 1:2 y 1:3. Las morfologías de los cristales son prismas bipiramidales alargados (Figura 4.9 C). La mayoría de los análisis obtenidos para cada cristal presentan más del 25% de discordancia lo que se ve reflejada en una línea de discordia que grafica en el diagrama Wetherill con intercepta inferior de  $29.30 \pm 0.23$  Ma y MSWD= 2.3 (Figura 4.9 A). Para determinar la edad media ponderada fue necesario realizar la corrección de Pb común mediante el método implementado por Stacey and Kramers (1975) y se obtuvo una edad de  $29.94 \pm 0.12$  Ma y un MSWD=1.94 que contempla 34 análisis coherentes (Figura 4.9 B).



**FIGURA 4.9** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zircones de **JUC-27**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zircones que grafican en la línea de discordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 34 análisis a los que se les aplicó la corrección de Stacey and Kramers, 1975. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zircones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y la edad determinada para ese punto del zircón.

La muestra JUC-01 fue colectada en el interior del graben de Juchipila al norte del poblado de Apozol, Zac., (Figura 4.1) de un afloramiento de ignimbrita blanca rosada poco consolidada rica en líticos, que corresponde a la secuencia principal de la denominada Toba Los Indios (Webber et al., 1994). Para esta muestra se analizaron 35 puntos. Los cristales seleccionados son rosados de distintos tamaños de formas prismáticas y piramidales en su mayoría, en menor cantidad se logran ver con puntas sub-redondeadas. Además, casi todos los cristales presentan inclusiones en las partes centrales, con relaciones de aspecto 1:2 y 1:3 (Figura 4.10 C).

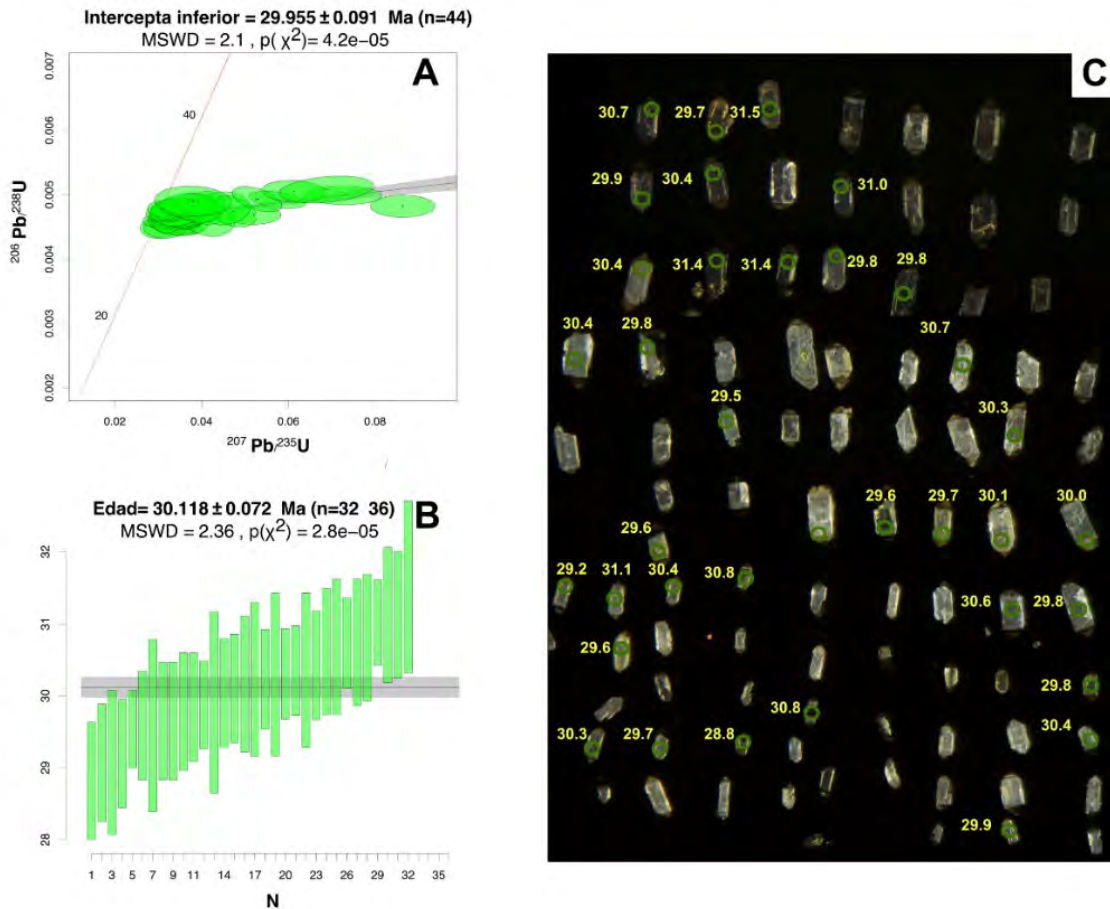
**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO**



**FIGURA 4.10** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zirrones de **JUC-01**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zirrones que grafican en la línea de concordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 32 análisis. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zirrones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y la edad determinada para ese punto del zircón.

De los zirrones analizados 33 puntos con discordancia menor a 25% fueron graficados en la concordia de Wetherill, donde se obtiene una edad de concordia de  $30.37 \pm 0.10$  Ma y un MSWD = 9.5 (Figura 4.10 A). La edad media ponderada se obtuvo mediante el análisis de 32 granos y corresponde a  $30.53 \pm 0.09$  Ma y un MSWD = 1.73 (Figura 4.10 B). Debido al bajo valor del MSWD y menor valor en el error se toma como edad preferida esta última, aunque casi indistinguible de la edad de intercepta.

Sobre el borde E del graben de Juchipila al NW de Las Azucenas se colectó la muestra JUC-41 (Figura 4.1) que procede de la zona de alimentación de una lava riolítica porfídica con cristales de feldespato que cubre la Toba Los Indios. Los cristales de zircones muestran formas euhedrales, la mayoría son incoloros, algunos exhiben tonos amarillos. Las morfologías de los zircones principalmente son prismas bipiramidales con puntas y bordes bien desarrollados, las relaciones de aspecto 1:1 y 1:2 (Figura 4.11 C).



**FIGURA 4.11** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zircones de JUC-41. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zircones que grafican en la línea de discordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 36 análisis y que se aplicó la corrección de Stacey and Kramers, 1975. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zircones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y la edad determinada para ese punto del zircón.

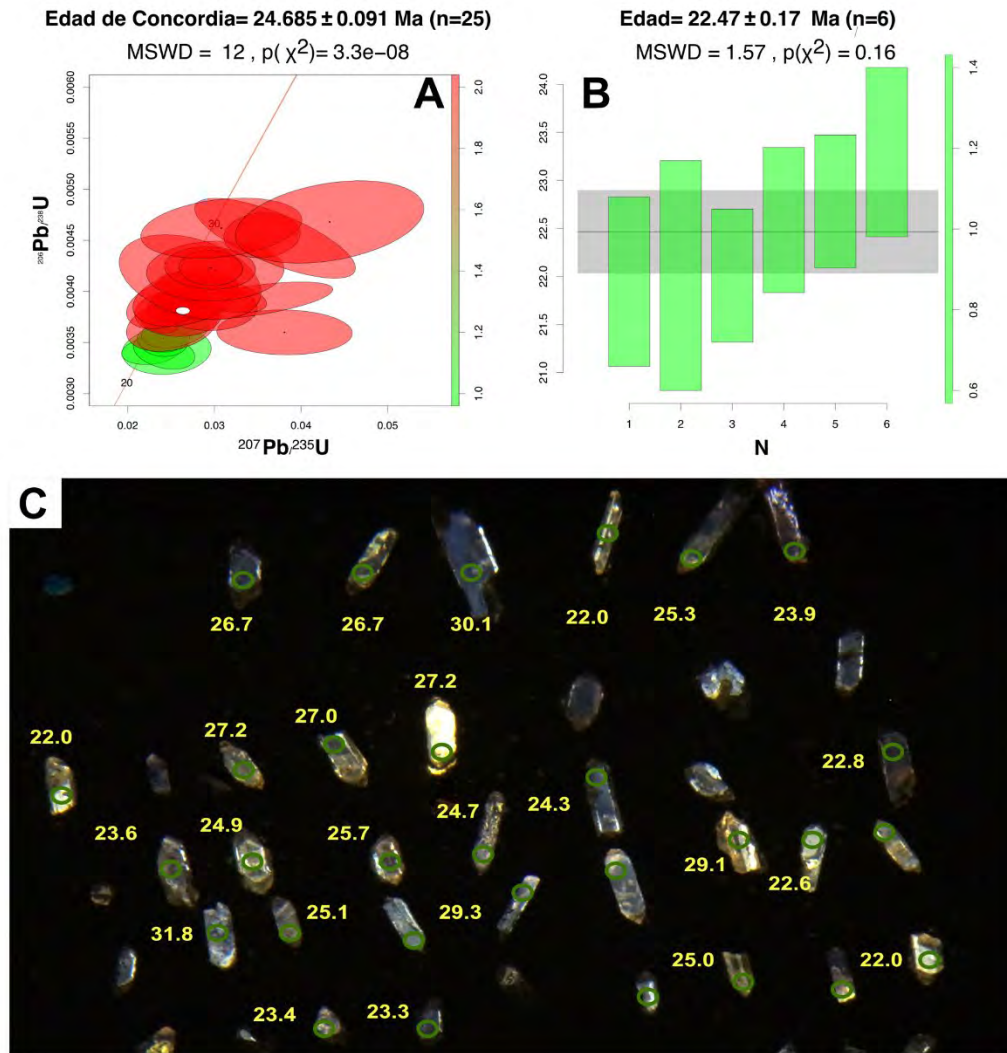


## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

---

Se analizaron 44 bordes de zircones que al ser graficados en el diagrama de Wetherill, donde se puede observar la agrupación de dos poblaciones un grupo de edades concordantes, y el otro grafica sobre una línea de discordia. En conjunto, se obtiene una edad de intercepta superior de  $29.95 \pm 0.09$  Ma y  $MSWD=2.1$  (Figura 4.11 A). La edad media ponderada refleja la selección de análisis coherentes que corresponden a los 36 cristales más concordantes y produce un valor de  $30.11 \pm 0.07$  Ma y un  $MSWD=2.36$  (Figura 4.11 B).

La muestra JUC-29 fue colectada sobre la carretera Calvillo-Jalpa (Figura 4.1) y corresponde a un depósito de flujo de ceniza que se encuentra contenido dentro de la parte norte del graben. Las imágenes de catodoluminiscencia muestran cristales de zircones subhedrales, euhedrales, algunos con inclusiones y fragmentados. En algunos de los cristales se observa incipiente zoneamiento, con presencia significativa de núcleos heredados que se distinguen por presentar una alta luminiscencia. Se analizaron 35 granos de zircón de los cuales 25 tienen una discordancia menor a 25% y se muestran en el diagrama de concordia (Figura 4.12 C). De manera general, los datos son concordantes, pero forman dos grupos de edades uno más joven que otro, además algunos de los análisis que presentan ligera discordancia. Se determinó una edad  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de concordia de  $24.685 \pm 0.091$  Ma (Figura 4.12 A),  $MSWD=12$  y una media ponderada definida por los 6 zircones más jóvenes de  $22.47 \pm 0.17$  Ma con un  $MSWD=1.57$  (Figura 4.12 B).



**FIGURA 4.12** Datos analíticos U-Pb obtenidos de zirrones de **JUC-29**. **A.** Gráfico concordia tipo Wetherill mostrando todos los datos de los zirrones que grafican en la línea de concordia. **B.** Edad media ponderada obtenida a partir de 6 análisis. **C.** Imágenes de catodoluminiscencia de los zirrones de esta muestra, mostrando el lugar de la ablación y la edad determinada para ese punto del zircón.

## 4.2. Resultados Ar-Ar

Con la finalidad de comparar y corroborar los datos analíticos obtenidos mediante la técnica de U-Pb en zircones se obtuvieron tres edades por el método Ar-Ar de algunas muestras de ignimbritas (Tabla 4.2 y Figura 4.1). Los experimentos fueron efectuados en cristales de sanidino (JUC-20 y JUC-27) y feldespato (JUC-05). Las tres muestras corresponden a diferentes facies de la Toba Los Indios que se eligió fechar para confirmar su correlación y también para confirmar el resultado del fechamiento por U-Pb, dado que al ser muy rica en líticos de todo tamaño este pudo haber sido influido por circones heredados además de antecristales.

**TABLA 4.2** Edades de las rocas analizadas por el método de Ar-Ar. Se indica el tipo de roca y la ubicación de muestreo

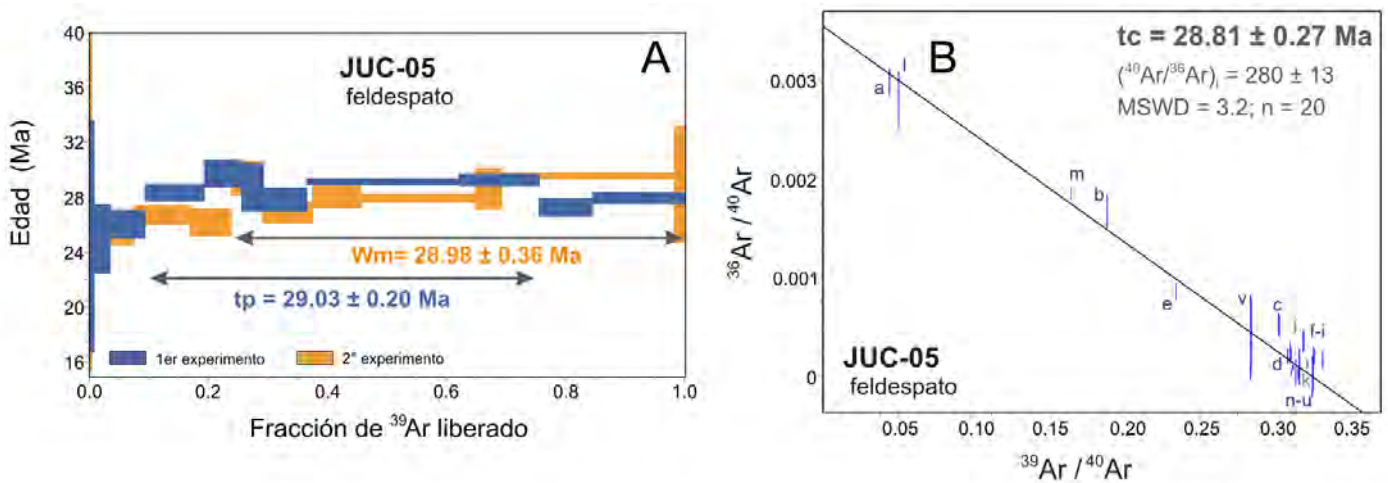
Muestra	Tipo de roca	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Edad y error (Ma)		Comentarios
					Meseta	isócrona inversa	
JUC-05*	Flujo de ceniza color beige	21°31'2.20"	103° 8'41.99"	1483	29.03 ± 0.20	28.81 ± 0.27	MSWD= 3.2, (40Ar/36Ar) <sub>i</sub> = 280 ± 13; 1σ
JUC-20**	Ignimbrita rica en líticos, matriz de ceniza color rosada	21° 31' 12"	103° 01' 33"	1480	29.69 ± 0.16	29.78 ± 0.43	MSWD= 0.85, (40Ar/36Ar) <sub>i</sub> = 222 ± 175; 1σ
JUC-27**	Ignimbrita bien consolidada rica en cristales de sanidino	21° 35' 30"	102° 55' 27"	1707	30.70 ± 0.08	30.83 ± 0.21	MSWD= 1.7, (40Ar/36Ar) <sub>i</sub> = 206 ± 50; 1σ

\* Edades determinadas en este estudio en cristales de feldespato

\*\*Edades determinadas en este estudio en cristales de sanidino

En el margen W de la parte central del graben se colectó la muestra JUC-05 que procede de un flujo de ceniza color beige que encuentra depositado a 7 Km al oeste de Achoquen y al SW del poblado Rancho Pelón (Figura 4.1). Se trata de un flujo asociado a la secuencia denominada Toba Los Indios descrita por Webber et al. (1994).

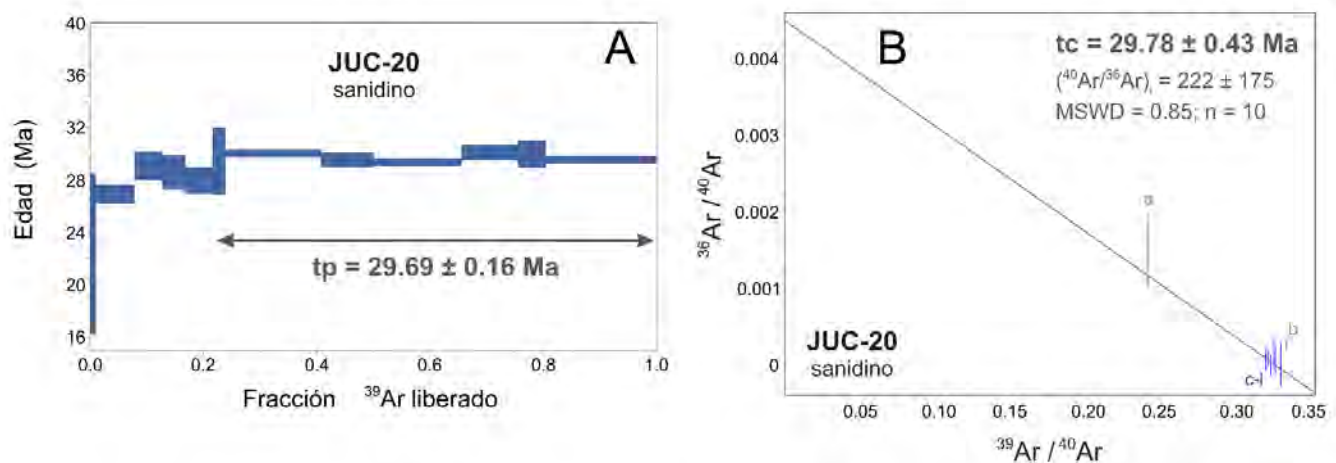
Se efectuaron dos experimentos en feldespato (Figura 4.10 A). El primero constó de once pasos que dieron como resultado una meseta formada por seis fracciones consecutivas de gas representando un 66.2% de Ar liberado, que corresponde a una edad de  $29.03 \pm 0.20$  Ma y un MSWD = 0.74. La isócrona calculada a partir de nueve fracciones produce una edad de  $28.94 \pm 0.33$  Ma con un MSWD= 1.93. El segundo experimento consistió en once pasos, de los cuales no se obtuvo una edad de meseta, pero se calculó la edad media ponderada a partir de siete pasos que representan el 76.2% del total del Ar liberado (Figura 4.12A), obteniendo una edad de  $28.98 \pm 0.36$  Ma con un MSWD=3.9 y una edad de isócrona inversa de  $28.72 \pm 0.39$  Ma (MSWD=4.78). A partir de la combinación de los dos experimentos se calculó una edad de  $28.96 \pm 0.20$  Ma (MSWD=2.3) constituida de trece fracciones mientras que la edad de isócrona inversa produjo una edad de  $28.81 \pm 0.27$  y un MSWD=2.3, calculada a partir de veinte fracciones (Figura 4.12B). De todas las edades de isócrona inversa aquí reportadas se presenta solo la gráfica de la edad calculada a partir de los dos experimentos ya que esta contiene todas las fracciones. Dado que además exhibe una buena distribución de los datos esta edad es la que se toma como preferida.



**FIGURA 4.12** Datos analíticos Ar/Ar obtenidos de los cristales de feldespato para la muestra JUC-05. **A.** Espectro de edad para dos experimentos de calentamiento por pasos ( $t_p$ = edad de meseta y  $W_m$ = media ponderada). **B.** Isócrona inversa calculada a partir de dos experimentos efectuados en la

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

La muestra JUC-20 es procedente una ignimbrítica con abundantes líticos embebidos en una matriz de ceniza a 1 Km al este de Las Presas, y al W de Achoquen (Figura 4.1). Al interior en la parte central del graben. Se trata de la Toba Los Indios descrita por Webber et al. (1994). Se realizó un experimento con doce pasos de calentamiento hasta la fusión total de los cristales de sanidino, de los cuales los primeros cinco pasos exhiben un escalonamiento ascendente con patrón no bien definido. Se obtuvo una edad de meseta formada por siete fracciones que corresponde a un 78.2% del total de Ar liberado de  $29.69 \pm 0.16$  Ma con un MSWD = 0.52 (Figura 4.13A).

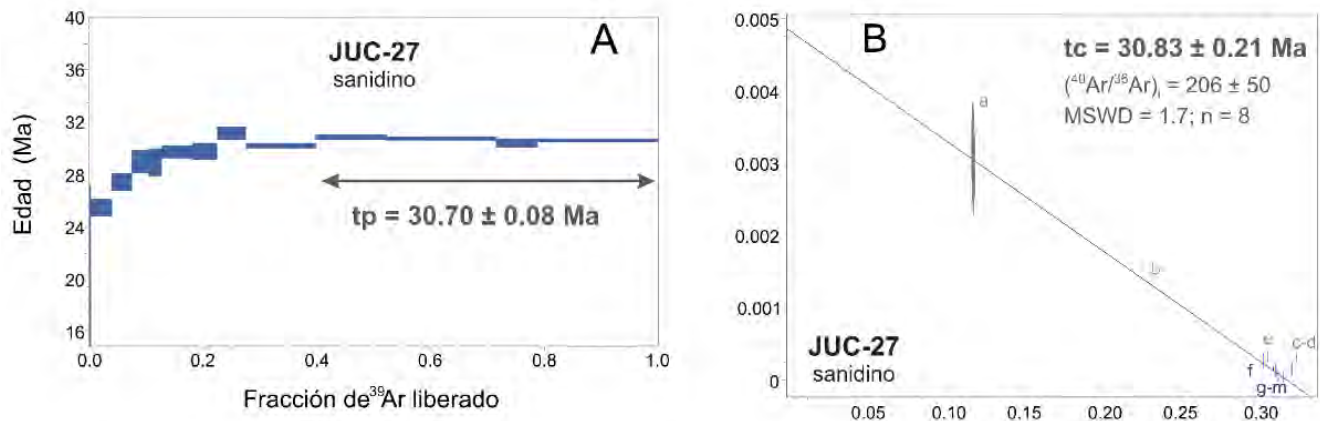


**FIGURA 4.13** Datos analíticos Ar/Ar obtenidos de los cristales de sanidino para la muestra JUC-20. **A.** Espectro de edad para el experimento de calentamiento por pasos ( $t_p$  = edad de meseta). **B.** Isócrona inversa calculada a partir del experimento efectuados en la muestra.

La edad de isócrona es de  $29.78 \pm 0.43$  Ma con MSWD= 0.85, sin embargo, presenta un valor de 222 en la relación ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) i, mucho menor que el valor atmosférico los que nos indica que la muestra tuvo perdida de Ar. Además, la gráfica de isócrona inversa no muestra una buena distribución para el conjunto de fracciones que la conforman (Figura 4.13B). Debido a esto último es que se toma como edad preferida la edad de meseta.

En el sector E del graben, a 4 Km al W de Las Fuentes sobre el camino que va de Palma Cuata a Tuitán se colectó la muestra JUC-27 (Figura4.1), correspondiente a una ignimbrítica de matriz de ceniza gris con abundantes cristales de cuarzo y feldespatos en menor cantidad y pequeños fragmentos de pómez. Por las relaciones de campo y sus

características esta unidad se asocia a la parte superior de la secuencia de la Toba Los Indios, descrita por Webber et al. (1994). Esta misma muestra fue fechada por el método U-Pb obteniendo una edad de  $29.30 \pm 0.23$  Ma (ver sección 4.1), pero se decidió comprobar su edad por el método Ar/Ar debido a que presentaba edades en gran mayoría discordantes. Se procedió a efectuar un experimento en cristales de sanidino y se obtuvo una edad de meseta de  $30.70 \pm 0.08$  Ma y  $MSWD = 0.71$  a partir de cuatro fracciones de gas consecutivas, las cuales representan un 60.1% de total de Ar liberado. Los primeros siete pasos conforman una distribución de escalera ascendente bien definida, indicando una pérdida de Ar, (Figura 4.14.) lo cual es consistente con el valor de  $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_i = 206$  mucho menor al valor atmosférico. La edad obtenida partir de la isócrona es de  $30.83 \pm 0.21$  Ma ( $MSWD = 1.7$ ), sin embargo, algunos de los datos no logran tocar la línea, además la mayoría de los datos que la conforman tienen relaciones muy bajas lo que ocasiona una mala distribución en la isócrona inversa, tomando en cuenta estas consideraciones se opta por la edad de meseta como edad preferida, además de que esta edad muestra un valor de error y  $MSWD$  menor (Figura 4.14).



**FIGURA 4.14** Datos analíticos Ar/Ar obtenidos de los cristales de sanidino para la muestra JUC-27. **A.** Espectro de edad para el experimento de calentamiento por pasos ( $t_p$  = edad de meseta). **B.** Isócrona inversa calculada a partir del experimento efectuados en la muestra.

## 5. ESTRATIGRAFÍA

El área de estudio se localiza en su mayor parte en la porción oriental de la carta topográfica 1:250,000 Aguascalientes (F13-09) del INEGI. Esta área corresponde a la porción sur de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y presenta altitudes variables entre 1200 y 2600 m s.n.m.

En este capítulo se describen las características estratigráficas de las rocas emplazadas en el área de estudio, con base en las descripciones hechas en el campo, datos geocronológicos, petrográficos (Tabla 5.1) y comparación con los trabajos previos. La integración de esta información, así como el análisis de las relaciones geométricas, análisis e interpretación de imágenes en Google Earth Pro y rasgos de deformación en la zona dio como resultado la elaboración de una columna estratigráfica (Figura 5.1), un mapa geológico (Figura 5.2), tres secciones geológicas (Figura 5.3). Las unidades estratigráficas identificadas en la región de estudio se describen en el orden estratigráfico, de la más antigua a la más reciente.

Los resultados de los análisis geocronológicos descritos en el capítulo 3 fueron de gran ayuda para identificar la temporalidad de los eventos geológicos, además de determinar que algunos de éstos sucedieron en un lapso muy corto, ya que a veces las edades se traslapan entre una unidad y otra.

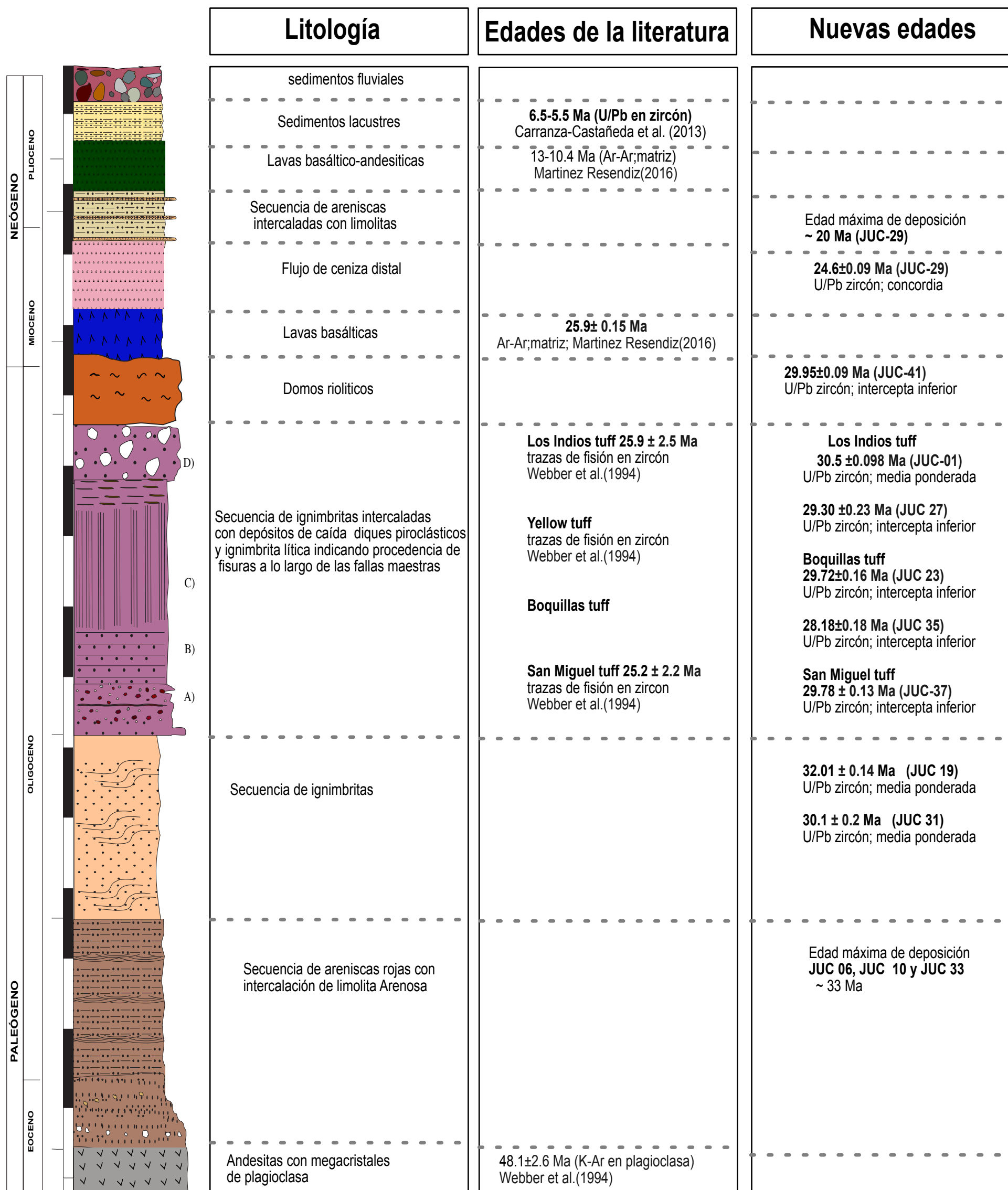


FIGURA 5.1 Columna estratigrafica



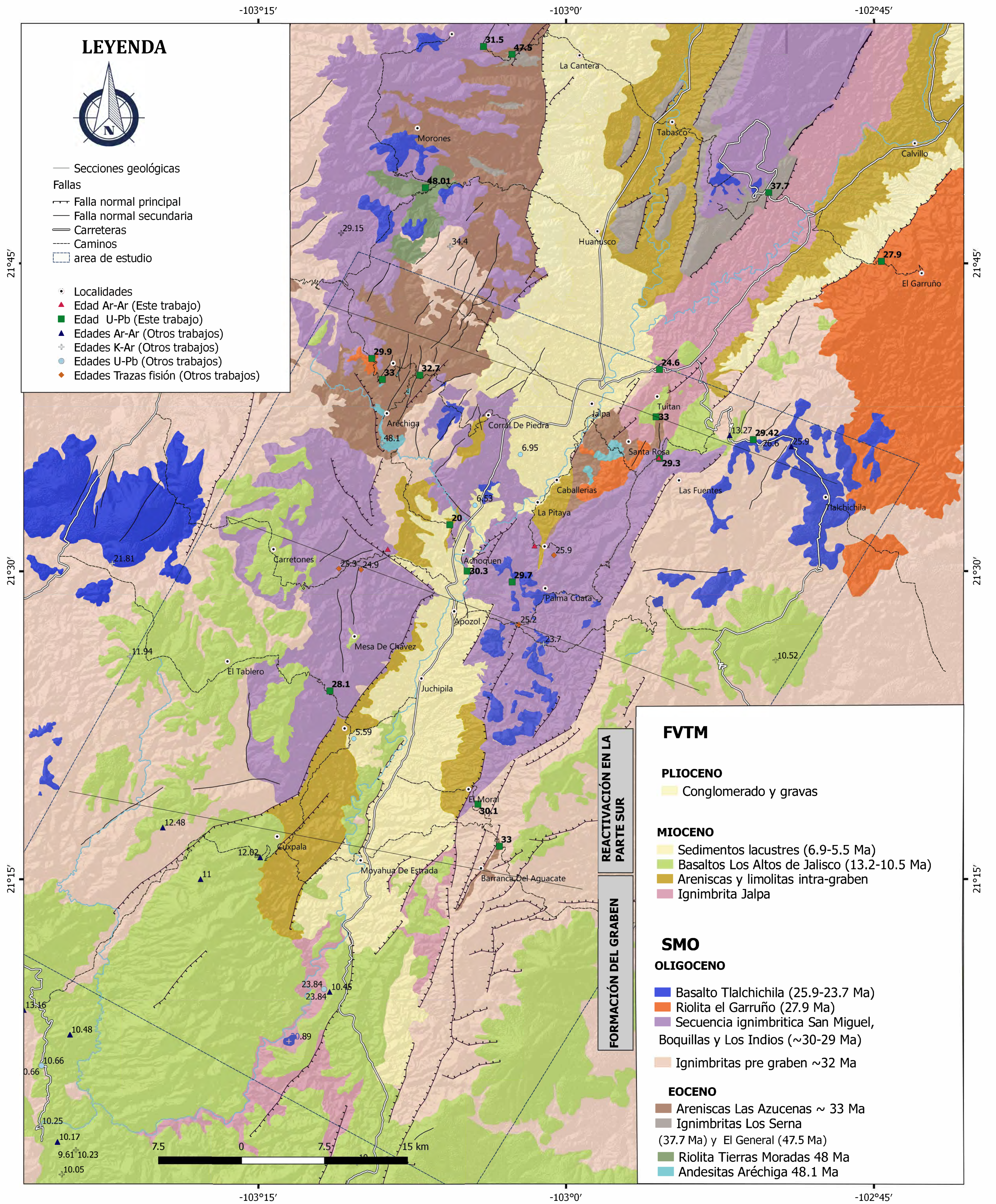
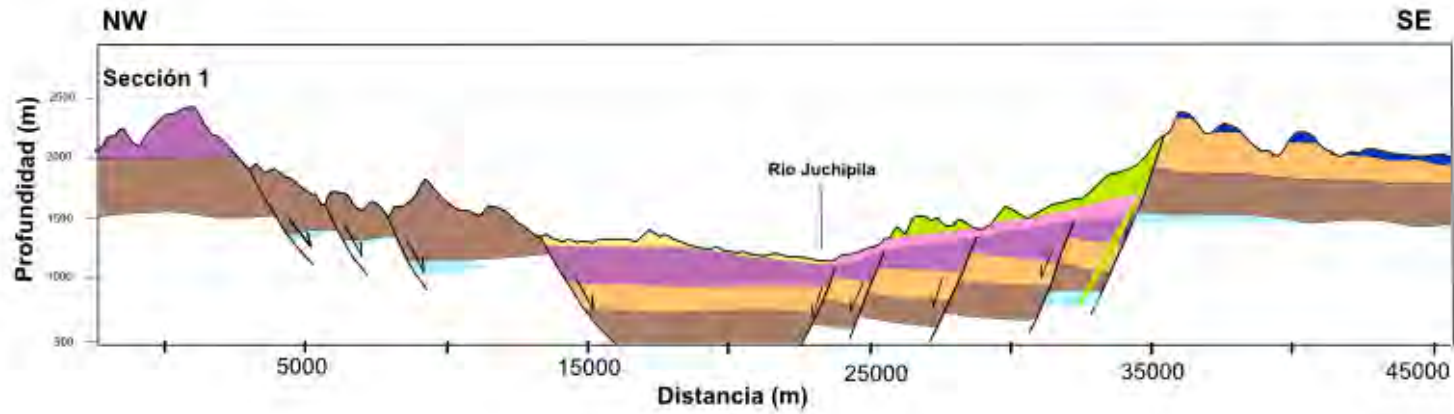


FIGURA 5.2 Mapa geológico



LEYENDA

- | MIOCENO                       | OLIGOCENO                          | EOCENO                 |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Sedimentos Lacustres          | Basaltos Tlalchila                 | Areniscas Las Azucenas |
| Basaltos Los Altos de Jalisco | Secuencia ignimbrítica de 30-29 Ma | Andesitas Aréchiga     |
| Ignimbrita Jalpa              | Ignimbritas pre-graben ~32 Ma      |                        |

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

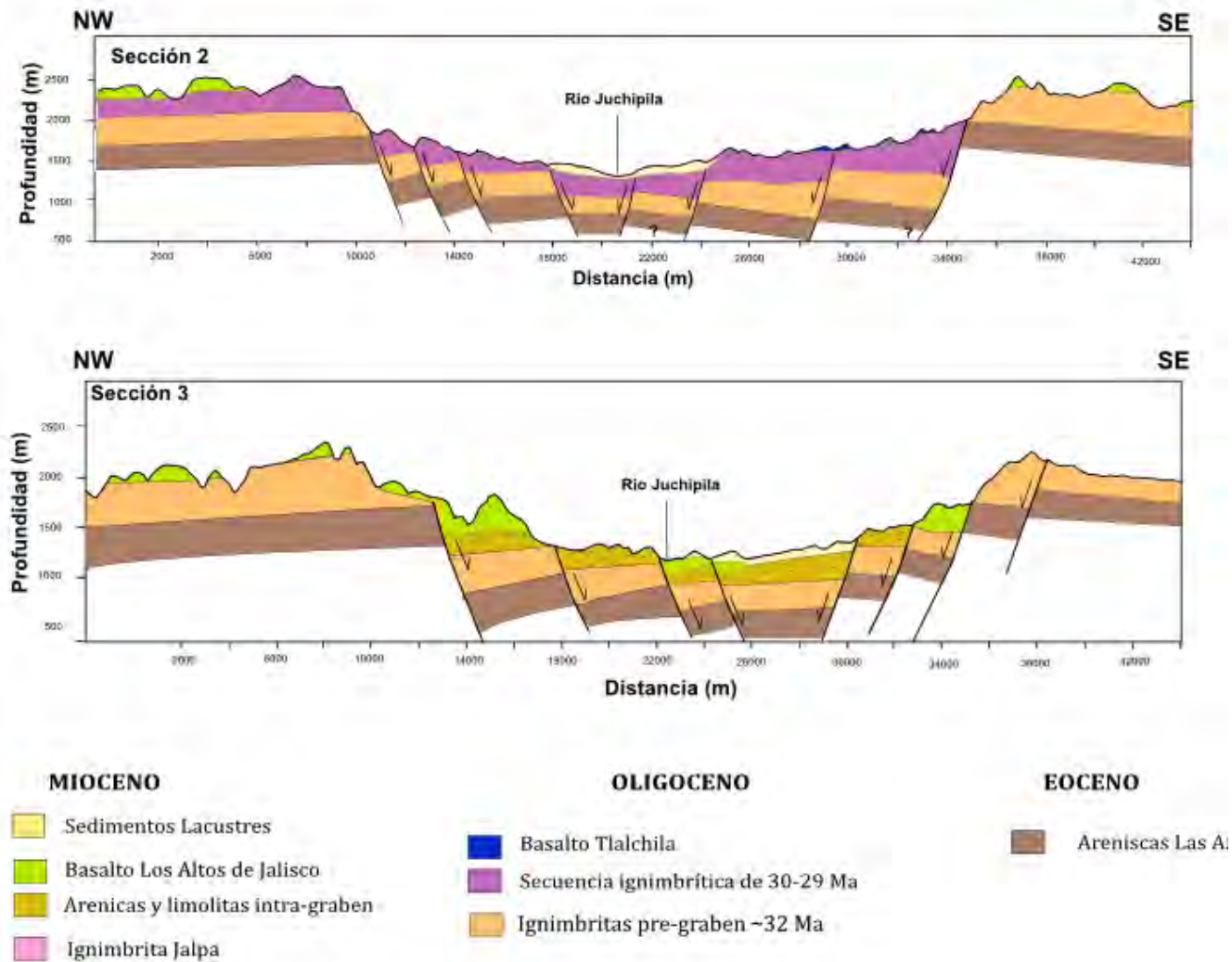


FIGURA 5.3 Secciones geológicas

## 5.1 Eoceno

### 5.1.1 Andesitas Aréchiga

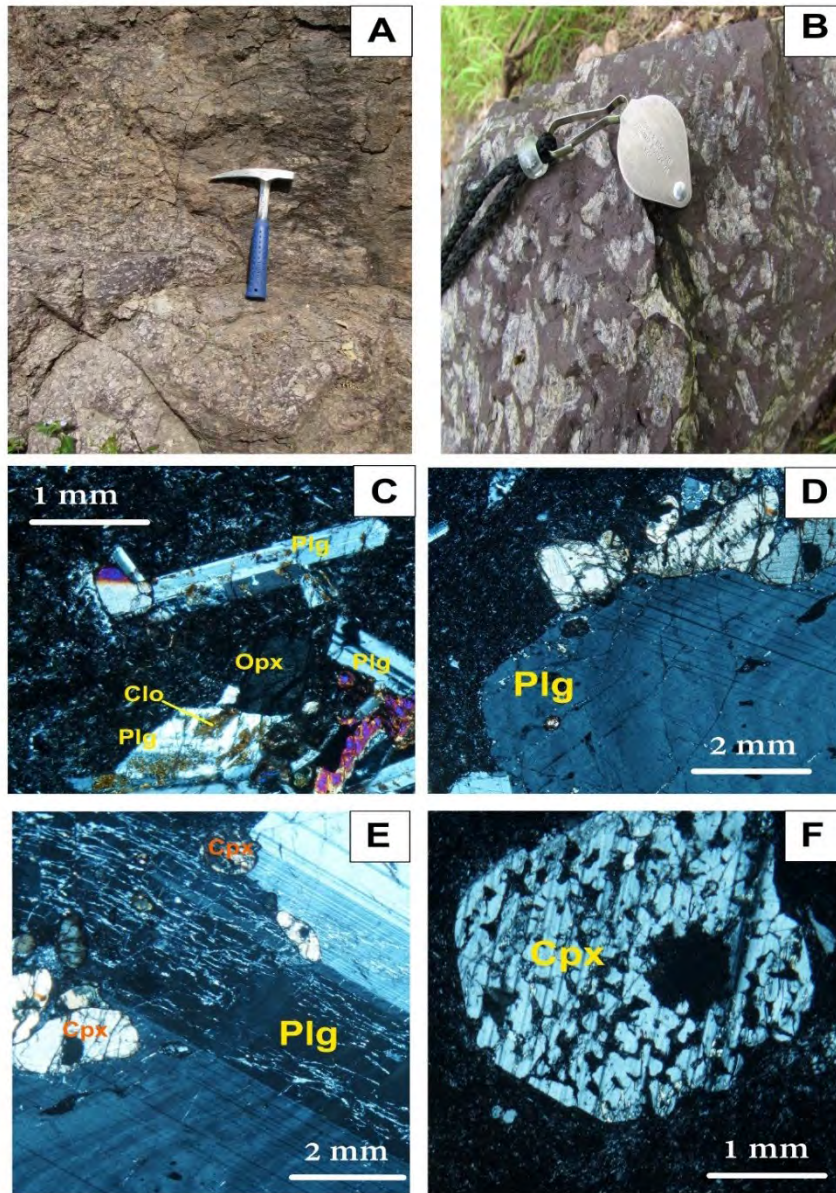
Las rocas más antiguas reconocidas en la región de estudio están representadas por una serie de flujos de lavas reportadas por primera vez por (Roesler, 1987) quien la llamó “*Big Feldespate Andesite*” y las describió como lavas con fenocristales de labradorita embebidos en una matriz afanítica. En el área de estudio se encuentra aflorando a 2.7 km al norte de Aréchiga y a 1.5 km al SE de Las Azucenas, en la Sierra de Morones en el hombro occidental del graben (Figuras 5.2 y 5.4), presenta espesores máximos de 70 m, los afloramientos abarcan cerca de 2 km a lo largo del camino de terracería. También se identificaron al Este de Caballerías, Zac., y a 1 km de Santa Rosa, Zac., en la parte baja del hombro E del graben (Figura 5.2).

Petrográficamente, se observa la presencia de textura porfídica, con fenocristales de 3-4 cm de plagioclasa, y también de clinopiroxeno con texturas de tamiz (Figura 5.4 D y F). Los cristales se encuentran fracturados, las alteraciones secundarias están dominadas por clorita y sericita (Figura 5.4 C, D y E). La matriz se caracteriza por ser muy vítrea sin embargo en ocasiones presenta textura pilotaxítica y/o intergranular (Figura 5.4 C). Webber et al. (1994) reportaron una edad de 48.1 Ma (K-Ar, plagioclasa) para estas lavas. La base de las andesitas no se observa ya que continúan hasta el lecho del Río Juchipila.

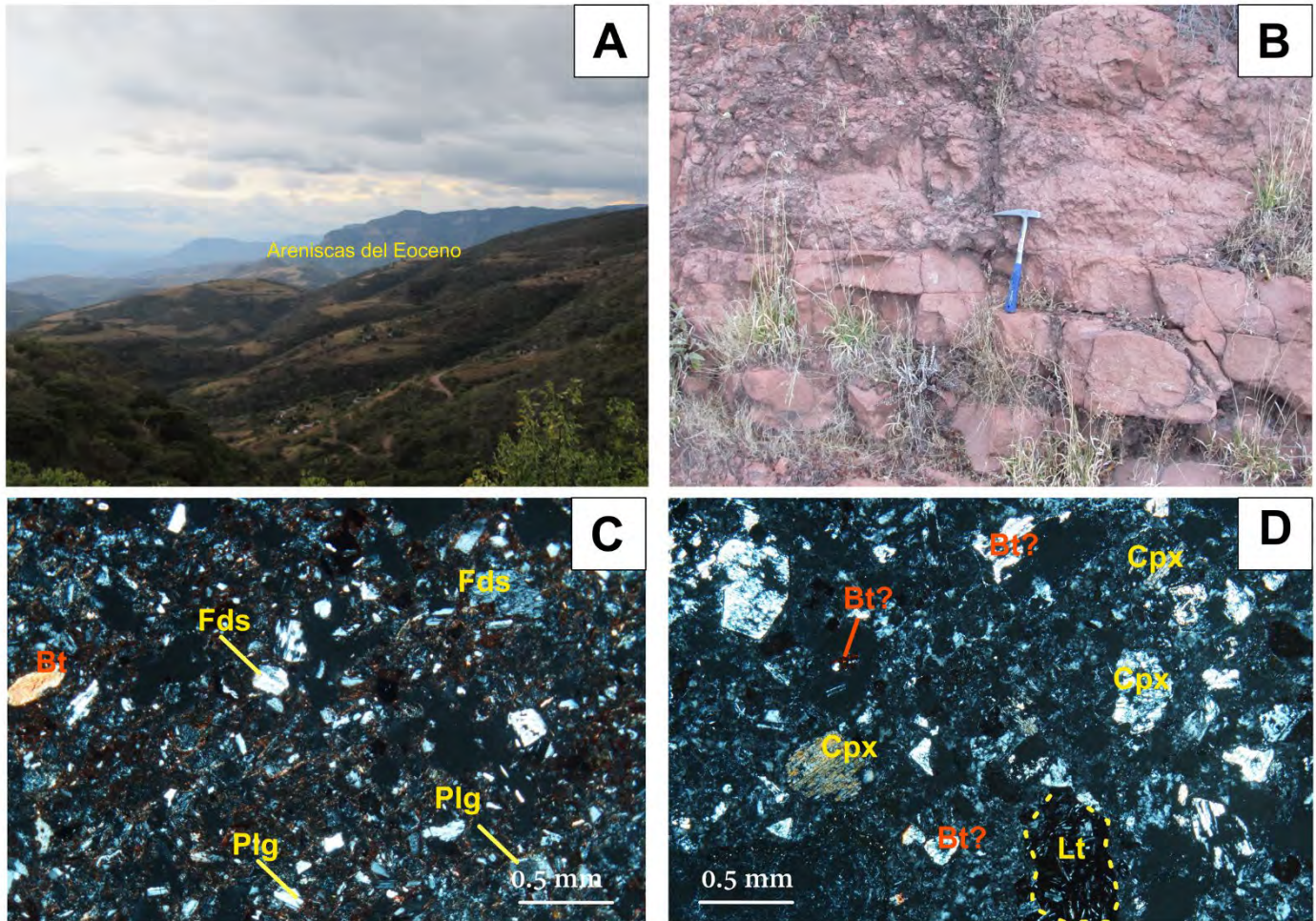
### 5.1.2 Areniscas Las Azucenas

Definidas por Roesler (1987) como Areniscas San Miguel, son rocas clásticas formadas por el producto de la erosión, sin embargo, este autor agrupa en esta secuencia tanto sedimentos como una secuencia de ceniza de caída de origen volcánica que en este trabajo separamos en unidades distintas.

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



**FIGURA 5.4.** A y B Aspecto en campo de las andesitas del Eoceno, véase el tamaño de los cristales y la típica textura porfídica. C. Sección delgada de la muestra JUC-18 en la que se observan fenocristales de plagioclasa alterados por clorita, ortopiroxeno, clinopiroxeno embebidos en una matriz microlítica. D y E. Cristal de plagioclasa que exhibe típico zoneamiento además de un borde de reacción por clinopiroxenos. Maclas polisintéticas en plagioclasa. Alteración por Sericita. F. Textura de cedazo en clinopiroxeno. **Plg**= Plagioclasa **Cpx**= Clinopiroxeno y **Opx**=ortopiroxeno



**FIGURA 5.5.** A Panorámica del depósito de las areniscas al NW de Arechiga B. Areniscas siliciclasticas color rojizo, nótese la estratificación paralela en la parte inferior y en la superior capa masiva con espesor mayor. C. Fotografía de la sección delgada correspondiente a la muestra JUC-33 colectada al NE de la Barranca del Aguacate. Arenisca grano soportado con cristales sub-redondeados de feldespato potásico, plagioclasa, biotita, en los intersticios del contacto entre granos presenta alteración por fluidos hidrotermales. D. Fotomicrografía de la muestra JUC-06. Arenisca clasto soportado con cristales sub-redondeados de clinopiroxeno, biotita con remplazamiento a opacita, además de líticos sub-redondeados de origen volcánico. **Fds**= Feldespato potásico, **Plg**= Plagioclasa, **Bt**=Biotita, **Cpx**= Clinopiroxeno, **Lt**= lítico

En el área de estudio estas areniscas fueron identificadas sobreyaciendo directamente las Andesitas del Eoceno al sur de Las Azucenas, en el hombro O del graben. También afloran en el hombro E del graben al sur de Tuitán, y más al sur al NW de la Barranca del Aguacate, Figura 5.2. Los tres afloramientos son muy similares. Se presentan como una secuencia de areniscas rojas siliciclasticas con intercalaciones de menor espesor de limolita arenosa que hacen posible observar la estratificación y laminación paralela

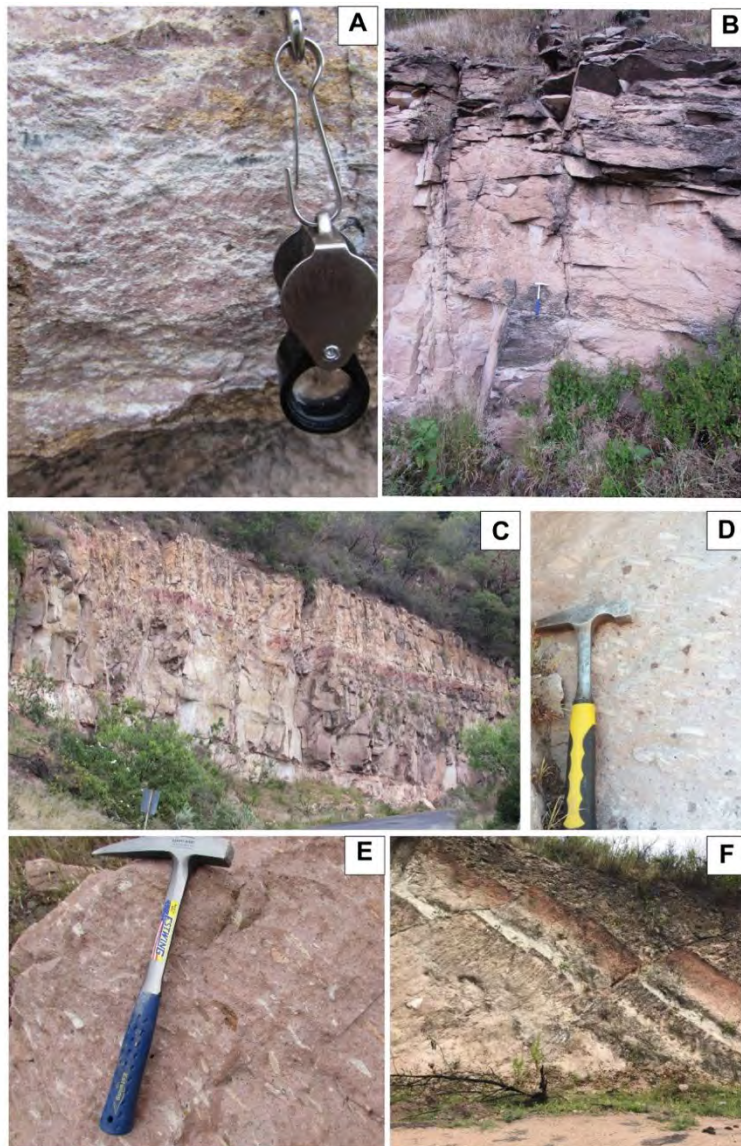
(Figura 5.5 B). Los componentes consisten en granos de feldespato potásico, cuarzo, biotita. Dentro de los paquetes de areniscas se observan comúnmente capas de ceniza lo que indica la ocurrencia de actividad volcánica explosiva durante el depósito de esta unidad. El fechamiento de circones detríticos por el método U-Pb presentado en el capítulo anterior indica una edad máxima de depósito de ~33 Ma edad que se ubica en el límite del Eoceno-Oligoceno. Además, la presencia de poblaciones de circones de edad Paleoceno y Cretácico Superior indica que al momento de la erosión ya estaban expuestas rocas plutónicas e ignimbritas del llamado arco Laramie que constituyen el basamento de la parte sur de SMO y la Mesa Central.

Bajo el microscopio se observa que las areniscas están constituidas por cristales de distintos tamaños, sub-redondeados, con estructura clasto-soportada. Se componen principalmente de cristales de origen volcánico además de líticos de rocas volcánicas con textura felsítica, andesítica y microlítica. Los cristales que constituyen a estas rocas son clinopiroxeno, plagioclasa con maclas polisintéticas, feldespato con macla de Carlsbad y biotita alterada por minerales opacos (Tabla 5.2, Figura 5.5 C y D). El tamaño de grano va de 0.09-1.5 mm.

## 5.2 Oligoceno

### 5.2.1 Ignimbritas pre-graben

Las rocas correspondientes al vulcanismo ignimbrítico previo a la formación del graben se encuentran aflorando en los hombros del graben de Juchipila. En el borde del hombro O del graben, entre el poblado de las Azucenas y El Cajón se encuentran aflorando una secuencia de depósitos de flujos de ceniza, con desvitrificación esferulítica de incipiente a avanzada que sobreyace directamente a las areniscas Aréchiga. En este trabajo se obtuvo una edad de  $32.01 \pm 0.14$  Ma correspondiente a la muestra JUC-19 (Figura 5.6 A, y B). El análisis petrográfico revela el alto grado de soldamiento (Figura 5.4 D) además alto grado de devitrificación, manifestado por estructura esferulítica, axiolítica,



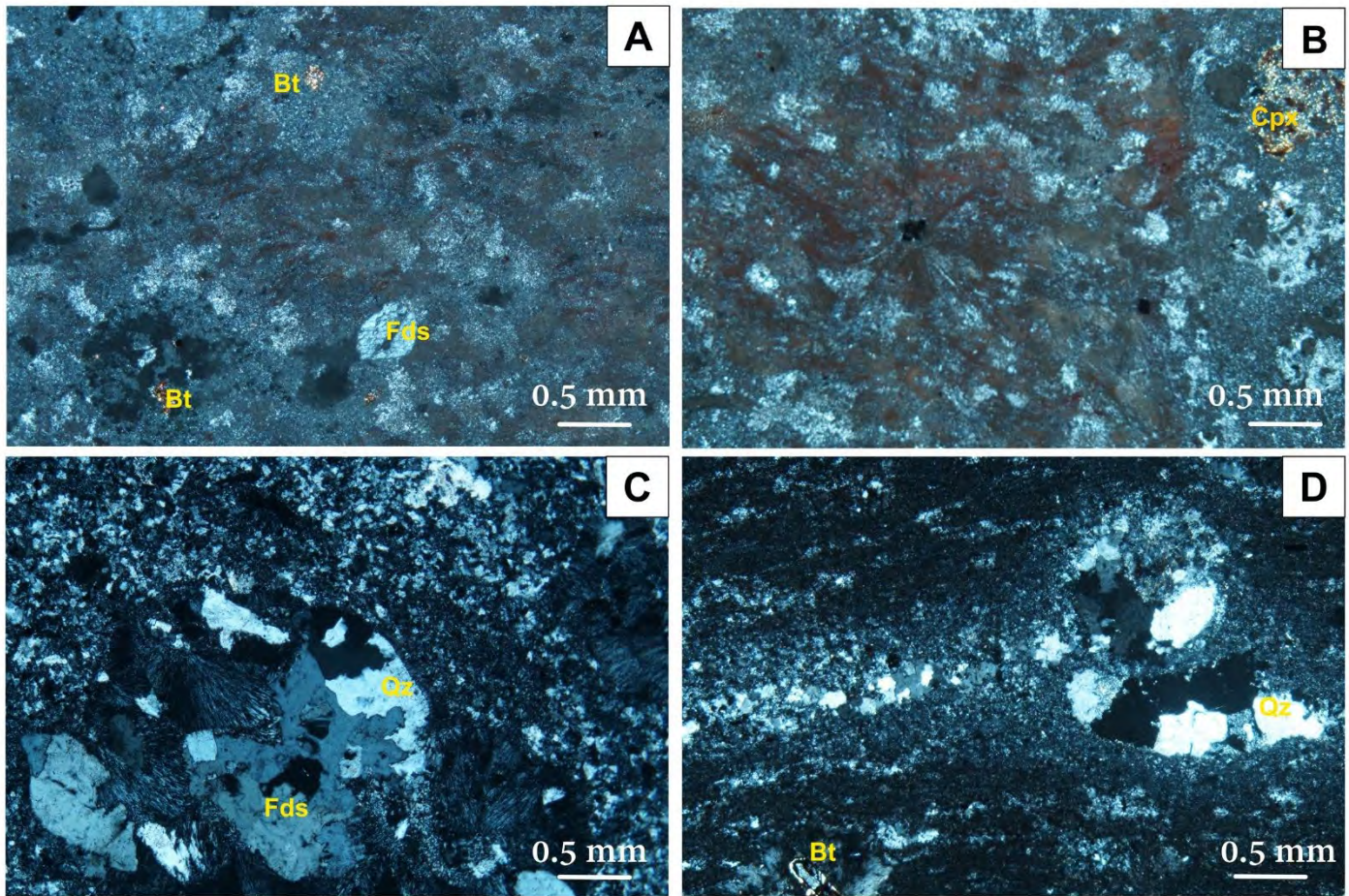
en fase de vapor y granofídica, formando mosaicos de cuarzo felsíticos (Figura 5.7 B, C y D). La mineralogía está constituida por 10% y biotita 5 % remplazada por opacita (Figura 5.7 D). En la parte central sobre el hombro W al sur del poblado de Aréchiga, a 3 km al norte de El Mixton estas ignimbritas vuelven a aflorar con las mismas características macroscópicas y petrográficas (Figura 5.6 C). Al extremo sur del graben sobre el hombro E, sobre el camino que sube a El Moral desde El Remolino, cerca de la Barranca del Aguacate afloran ignimbritas con incipiente grado de soldamiento ricas en material juvenil y líticos

**FIGURA 5.6.** A y B Aspecto de las ignimbritas que encuentran sobre el borde de hombro W del graben, sector centro norte; nótese foliación eutaxítica, desvitrificación y además alteración de clorita posiblemente ocasionado por acenso de fluidos hidrotermales. C. Afloramiento en conjunto de ignimbritas del Oligoceno. Se observa fracturamiento ocasionado por el intenso soldamiento y la presencia de varios flujos de ceniza. D. Ignimbrita con moderado soldamiento, rica en material juvenil y fragmentos líticos; se localiza en el sector sur del graben sobre el hombro este. E. Aspecto de ignimbrita del Oligoceno en el sector norte-centro de área de estudio sobre el hombro E del graben. F. Estructuras en-echelon producto del fallamiento normal al N de La Barranca del Aguacate

(Figuras 5.2 y 5.6 D). En lámina delgada es posible observar textura axiolítica y de fase de vapor producto de la desvitrificación del material juvenil (Figura 5.7 C). Una muestra recolectada en esta región (JUC-31) produjo una edad de  $30.16 \pm 0.13$  Ma (Cap. 3). Sobre este camino fue posible observar una zona de falla principal del graben que afecta



a estas unidades. Es posible observar estructuras en echelon con dirección principal NE-SO (Figura 5.6 F).



**FIGURA 5.7.** Fotomicrografías de las ignimbritas del Oligoceno vistas con nicoles cruzados **A.** Aspecto general de la muestra Juc-19, donde se observa biotita y matriz con alteración a clorita. **B.** Desvitrificación esferulítica al centro con texturas de desvitrificación granofídica a los bordes **C.** Textura de fase de vapor, además es posible ver el avanzado soldamiento en esta roca **D.** Cristal de biotita con remplazamiento parcial a opacita; textura de desvitrificación de esferulítica a plumosa. **Fds**= Feldespato potásico, **Plg**= Plagioclasa, **Bt**=Biotita, **Cpx**= Clinopiroxeno.

## 5.2.2 Secuencia de Ignimbritas San Miguel, Boquillas y Los Indios

En la parte central del graben se reconoció una secuencia de ignimbritas intercaladas con depósitos de caída, asociada a diques piroclásticos y brechas de rezago. Los diques se ubican en proximidad de las fallas maestras del graben, lo que indica que las

ignimbritas fueron emitidas a lo largo de fisuras durante el inicio de la actividad de las fallas normales. Las ignimbritas pertenecientes a esta secuencia se encuentran sobrepuestas sin paleosuelos o evidencias de erosión entre sí, lo que sugiere que se emplazaron en un periodo de tiempo corto, como se comprobó mediante geocronología.

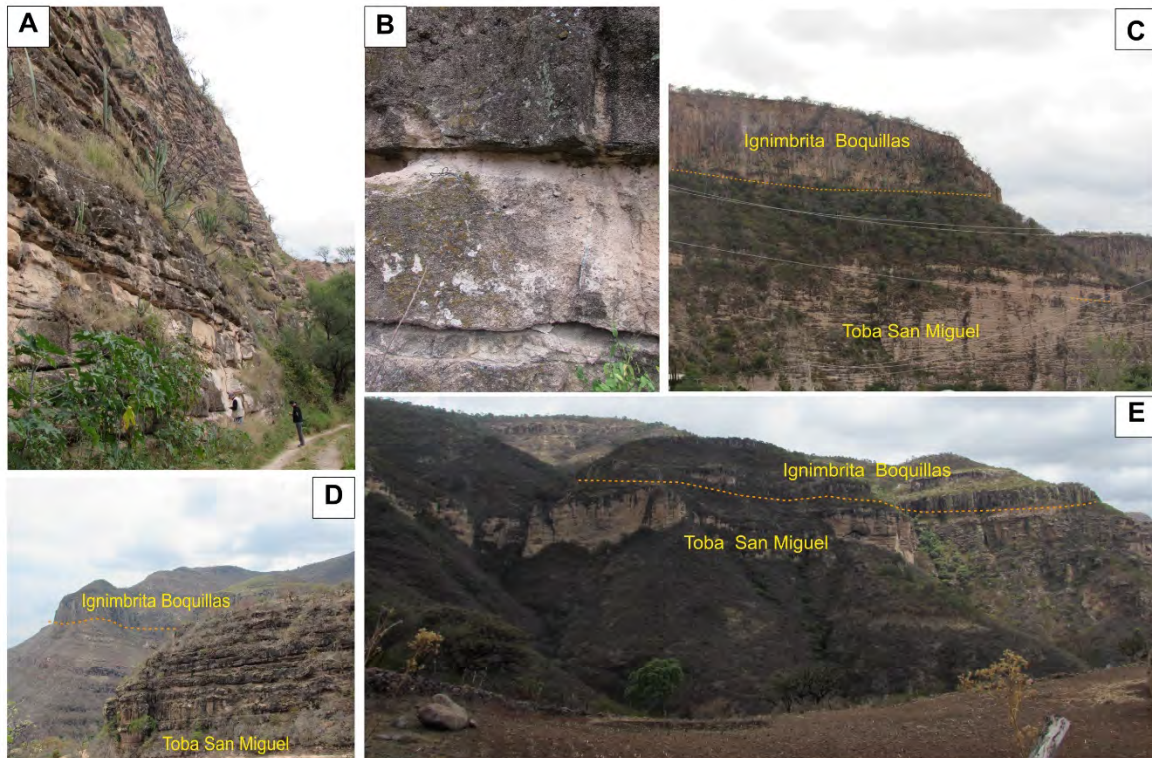
### 5.2.2.1 *Toba San Miguel*

Fue definida por Krause (1984) como una serie de depósitos de ceniza estratificados y retrabajados. Este autor menciona que los afloramientos principales se encuentran en la base de los arroyos de las siguientes localidades: Santa Cruz, Corral de Piedra, El Aguacate y Las Presas y define la localidad tipo cerca del Poblado de San Miguel, Zac (Figuras 5.2 y 5.8 A, B y C). Roesler (1987) agrupa a esta secuencia con las areniscas del Eoceno y las define como rocas clásticas. Webber et al., 1994 reporta una edad de  $25.2 \pm 2.2$  Ma obtenida por trazas de fisión en circones.

En este trabajo se describe como depósito de caída con estratificación paralela rico en contenido de material juvenil (pómez) y líticos, tamaño de grano de ceniza a lapilli con un espesor de 70 a 200 m. (Figura 5.8 A y B).

Fue posible reconocerla también en el hombro O del graben sobre el camino que va de El Aguacate hacia El Tablero, al SO de la Mesa de los Chávez, donde se obtuvo una edad de media ponderada de U-Pb de  $29.87 \pm 0.07$  Ma. También se encuentra aflorando a 4 km al E de El Tablero (Figura 5.8 D y E). Un poco más al norte, en la porción central del graben sobre este mismo hombro, se identificó esta unidad subyaciendo directamente a la ignimbrita Los Indios descrita más adelante. Además, a cerca de 6 km del poblado Los Horcones se identificaron espesores de 100-200 m, además las capas están más endurecidas.

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



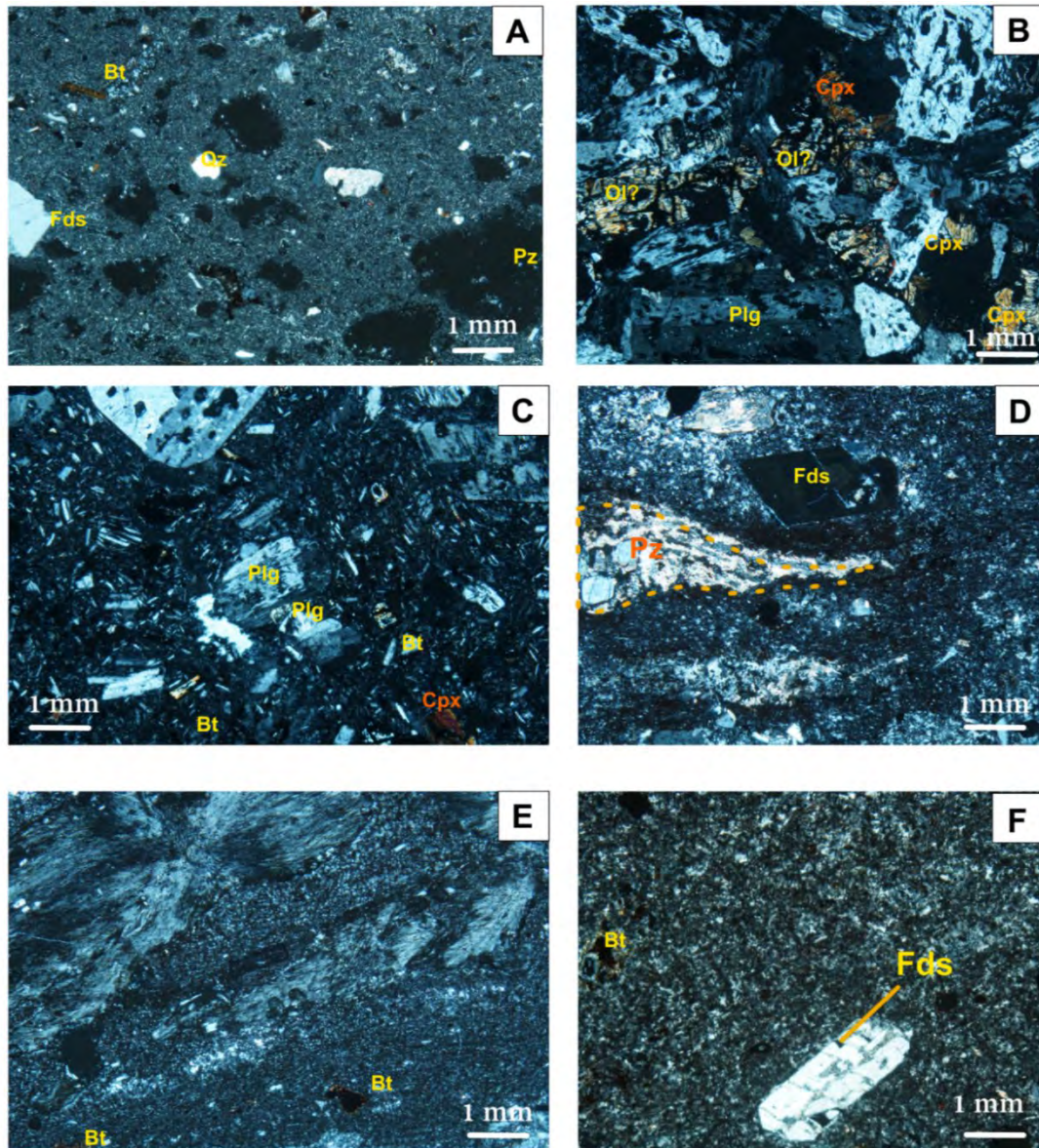
**FIGURA 5.8.** A. y B Aspecto de los depósitos de la toba San Miguel; depósito de caída estratificado, capas delgadas interestratificadas con capas de más gruesas, constituidas de material tamaño lapilli C, D y E. Relación estratigráfica de la toba San Miguel respecto a la ignimbrita Boquillas en distintos sitios del área de estudios. C. En la localidad tipo de la comunidad de San Miguel. E. Sobre el camino que llega a Los Horcones. D. Al SO de la Mesa de Los Chávez

El estudio petrográfico indica la presencia de una matriz con textura fragmentada con fenocristales de sanidino (10%), cuarzo (10%) y biotita (10%); el cuarzo muestra bahías de reacción, y la biotita es reemplazada por óxidos, muy probablemente opacita (Figura 5.9 A). Además, es posible encontrar fragmentos de pómez y fragmentos líticos de origen volcánico con textura felsítica y vítrea. En la parte superior de la toba San Miguel se colectó una muestra (JUC-04) que se caracteriza por la presencia de fenocristales de constituidos por plagioclasa con borde fibrosos, maclado polisintético y texturas de cedazo y exsolución, clinopiroxeno que se encuentra en forma de aglomerados y otros minerales que se encuentran fracturados y bastante alterados que

posiblemente correspondan a olivino. Estos minerales se encuentran embebidos en una matriz vítrea y en ocasiones con cristales de plagioclasa.

Cerca de la localidad de Carretones se localizó un depósito de flujo de ceniza con intercalaciones de depósito de caída que tiene menos de 10 m espesor y está subyaciendo a la secuencia ignimbrita San Miguel. Está constituido por una matriz de ceniza, abundantes cristales de sanidino y pequeñas cantidades de líticos. En lámina delgada muestra fenocristales de cuarzo (10%), sanidino (10%) y biotita (5%). La mayoría de los cristales de sanidino se encuentran reemplazados por sericita, además de presentar bajo contenido de líticos. Los análisis isotópicos dieron como resultado una edad de  $29.78 \pm 0.13$  Ma obtenida de una muestra representativa (JUC-37).

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



**FIGURA 5.9** A. Textura fragmentada en depósito de caída de la toba San Miguel con fenocristales de feldespato, cuarzo, biotita. Se observan relictos de fragmentos de pómez. B. Aglomerado de cristales en muestra JUC-04 constituido de fenocristales plagioclasa con textura de cedazo y maclado polisintético, borde corroído y en ocasiones textura de exsolución, cristales de clinopiroxeno y aglomerados de cristales bastante alterados y fracturados que posiblemente son olivino. C. Cristales de plagioclasa embebidos en una matriz pumicitica característica típica de la muestra JUC-04, cima de la toba San Miguel. D. Textura eutaxitica. Nótese la presencia de fiammes reemplazadas por sericita y matriz con desvitrificación granofídica (JUC- 23) E. Textura axialítica plumosa constituida de cristales fibrosos de feldespato y cuarzo, presencia de fenocristales de biotita reemplazado por opacos y matriz desvitrificada correspondiente a la muestra JUC-12 de la ignimbrita Boquillas F. Matriz con textura granofídica producto de la desvitrificación, fenocristales de feldespato y biotita. Corresponde a muestra JUC-48 colectada en la parte superior de la ignimbrita Boquillas. Fds= Feldespato potásico, Plg= Plagioclasa, Bt=Biotita, Pz=Pómez

### 5.2.2.2 Toba San Miguel

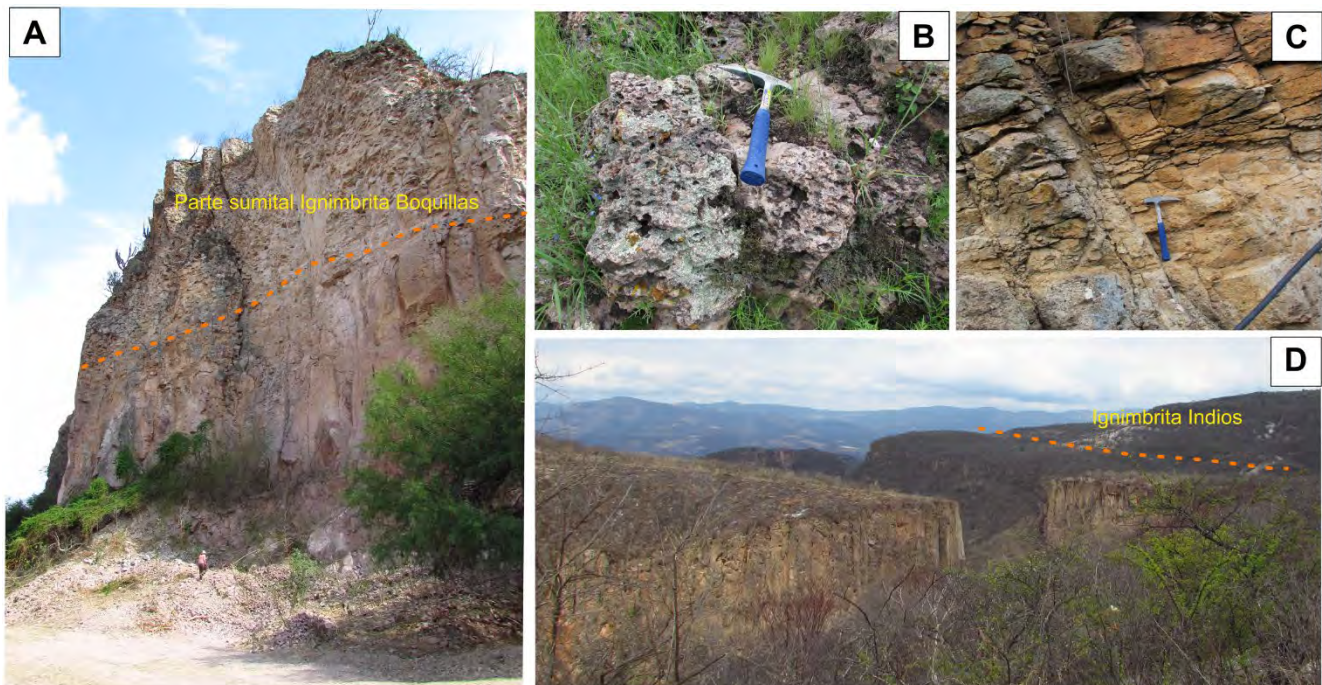
Esta unidad es reportada por Krause (1984) como dos unidades distintas: "*Litihic Tuff*" y "*Lithophysal purple Tuff*". La primera la describe como una ignimbrita densamente soldada caracterizada por abundancia de fragmentos líticos, y que forma acantilados; la segunda la describe como un flujo de ceniza caracterizado por abundancia de cavidades litofisales. Debido a que el contacto entre estas dos unidades descritas es continuo, sin evidencia de presencia de paleosuelos o erosión, Roesler (1987) las agrupó denominando a esta secuencia como "*Boquillas Tuff*". En este trabajo se adopta esta interpretación y se considera como una sola ignimbrita.

En la región de estudio, los afloramientos de esta unidad están representados por una ignimbrita cuya parte basal está constituida por un flujo de ceniza densamente soldada, rica en líticos y abundantes fiammes color gris oscuro. Presenta juntas columnares producto del enfriamiento y color rojizo a naranja quemado en conjunto la hace muy distintiva (Figura 5.10 A). La parte superior de esta ignimbrita la constituye un flujo de ceniza de color gris claro, con bajo soldamiento y caracterizado por abundantes litofisas (Figura 5.10 B y C).

La ignimbrita Boquillas se encuentra bien expuesta en el sector central del graben, al E de la presa de Achoquen. Más al E, a 5 km al sur del Poblado de Las Presas y al 3 km de Palma Cuata esta secuencia forma una barranca (Figura 5.10 D) en la cual es posible establecer la relación estratigráfica con la toba San Miguel que se encuentra subyaciendo a la ignimbrita Boquillas. De este sitio se obtuvo una edad U-Pb de  $29.72 \pm 0.16$  Ma. A 1 km al sur de Corral de Piedra aflora un bloque rotado de esta ignimbrita que se pone en contacto por falla con las areniscas Aréchiga. A 2 km al E de Corral de Piedra, cerca del poblado de El Molcajete, es posible observar la parte superior de esta ignimbrita, Figura 5.2. En el hombro oriental del graben, sobre el camino que lleva del Aguacate Zac., al Tablero Zac., fue posible reconocerla por las típicas juntas columnares que la caracterizan con espesores de 100m sobreyaciendo directamente a la ignimbrita San Miguel (Figura 5.8 D).

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

Muestras colectadas la parte basal de esta unidad exhibe textura axiolítica de aspecto plumoso rica en arreglos fibrosos radiales constituidos por feldespatos y cuarzo, textura de fase de vapor constituida por un mosaico de feldespatos y cuarzo que ponen en evidencia el alto grado de desvitrificación (Figura 5.9 E). La mineralogía está constituida por cristales de plagioclasa (30%) con zoneamiento, biotita (10%) en su mayoría remplazada a opacita y 5% de sanidino. Las geometrías de los fenocristales son anhedrales, subhedrales y en pocos casos euhedrales. El material juvenil exhibe textura eutaxítica y en ocasiones se encuentra remplazado por sericita (Figura 5.6 B y C). Lo anterior se encuentra embebido en una matriz originalmente vítrea con incipiente desvitrificación. La cima de la ignimbrita Boquillas se caracteriza por textura granofídica constituida por feldespatos potásicos y cuarzo en la matriz, como fenocristales plagioclasa y biotita. La matriz representa 85%, los fenocristales están constituidos por feldespatos potásicos (10%) seguido de biotita (5%), Figura 5.9 F.



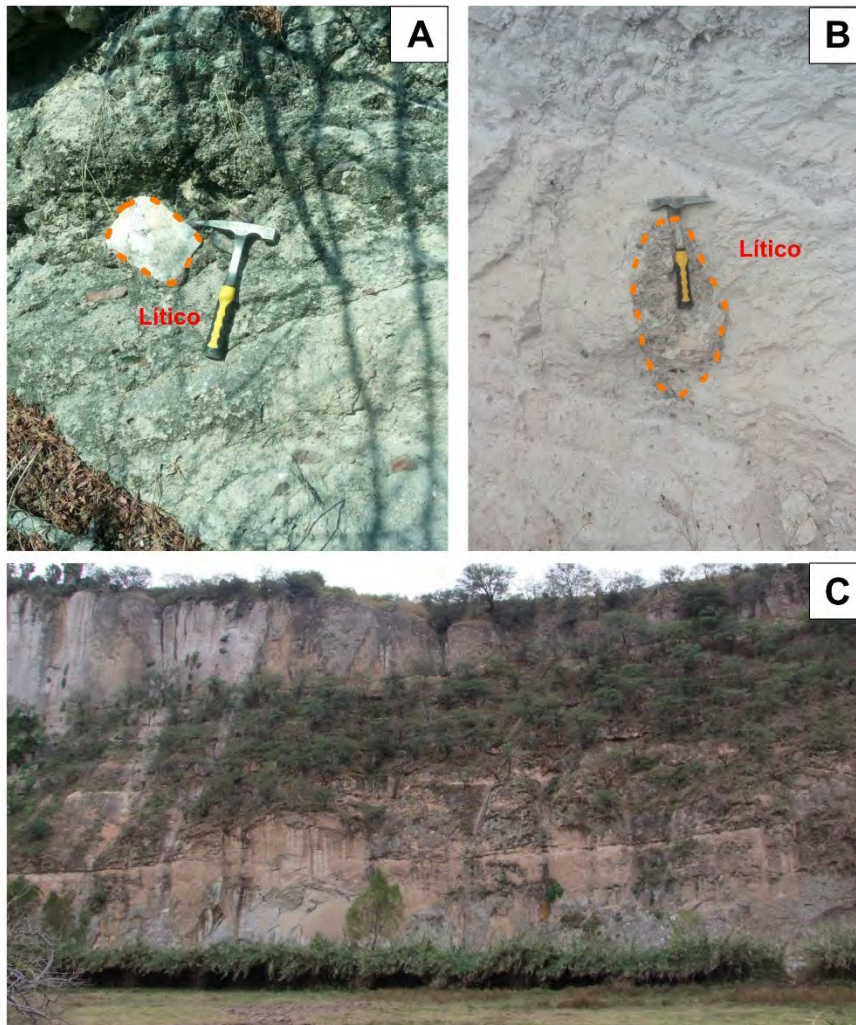
**FIGURA 5.10** A. Ignimbrita boquillas; nótese la parte inferior con alto soldamiento y la parte superior con litofisas B. Parte superior de la ignimbrita Boquillas. C. Transición de la parte soldada a la sude la Toba Boquillas D. Relación estratigráfica de superposición con la ignimbrita Los Indios

### 5.2.2.3 Toba Los Indios

Roesler (1987) empleó el nombre de “*Los Indios Tuff*” para describir múltiples flujos de ceniza ricos en cristales. Esta secuencia tiene variaciones verticales, la base está constituida por un flujo poco soldado con abundantes fragmentos juveniles, fragmentos líticos y cristales de plagioclasa. La parte superior muestra coloraciones de gris a rosa moderadamente soldada con cristales de feldespato potásico. La cima es densamente soldada, de color rosado y contiene cristales de andesina. Krause (1984) y Montague (1992) separan la ignimbrita Los Indios en distintas unidades. Krause, (1984) distingue tres unidades de acuerdo con la petrografía y Montague (1992) la divide en “*Los Indios Inferior*” e “*Los Indios Superior*”. Incluyen además una unidad denominada “*Yellow Tuff*” que fue fechada por Webber et al. (1994) y arrojó una edad de  $25.9 \pm 2.5$  Ma por medio de trazas de fisión en zircón.

En este trabajo consideramos la Ignimbrita Los Indios como una sola unidad de gran volumen y cuyos depósitos muestran una gran extensión (Figura 5.8 C). Además, es claramente distinguible por su aspecto poco consolidado y la abundancia de líticos en su parte basal (Figura 5.11 A y B). Es posible reconocer también que la parte superior de esta ignimbrita se encuentra más endurecida con pocos líticos de menor tamaño y mayor contenido de pómez. Depósitos con las primeras características descritas rellenan la parte central del interior del graben a 2.5 km al sur poblado de Achoquen (Figura 5.2 y 5.8 B), cerca del Balneario San Miguel (sitio de colecta de JUC-01 que arrojó una edad de  $30.37 \pm 0.10$  Ma). También está bien expuesta sobre el camino que va de Apozol a Juchipila, (Figuras 5.2 y 5.11 C) y en la parte intermedia de los hombros del graben donde se observa con menor contenido de líticos, mayor contenido de cristales y más consolidada (Figura 5.10 B).





**FIGURA 5.11.** A. y B Aspecto de la ignimbrita Los Indios con aspecto poco consolidado, con abundantes líticos embebidos en matriz de ceniza. C. Ignimbrita indios expuesta al sur de Achoquen Zac., como una serie de flujos con variaciones en espesor.

Por ejemplo, aflora repetidamente en el hombro occidental sobre el camino que va desde Corral de Piedra hacia el graben de Tlaltenango, Figura 5.2. Sobre el mismo camino delante de Las Azucenas, aproximadamente a 6 km de Barranca del Campanario vuelve aflorar, pero con mayor enriquecimiento de material juvenil (pómez de 8 cm; Figura 5.11 C y D).

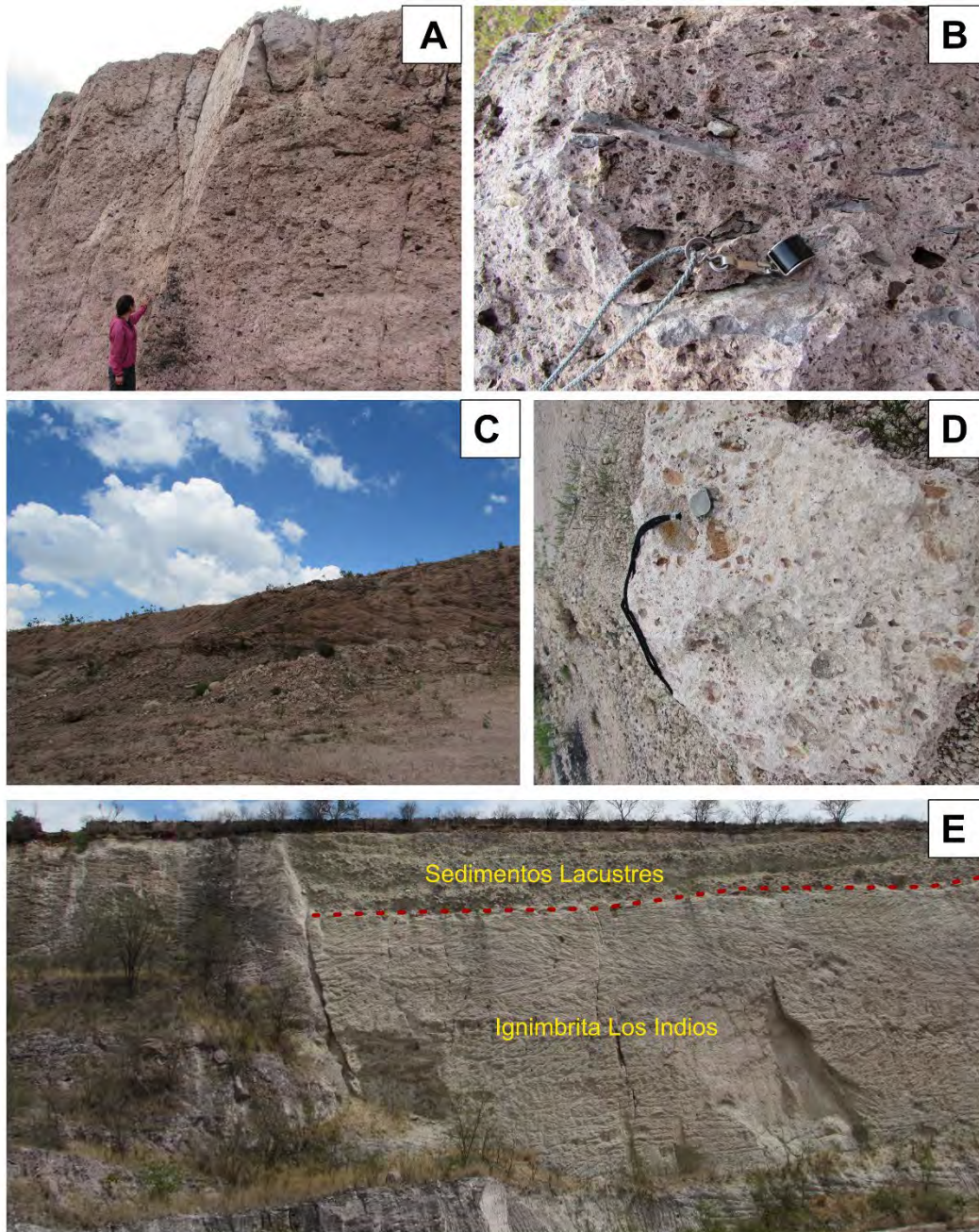
En la parte baja del hombro oriental, cerca del poblado de Palma Cuata se observa la relación estratigráfica con la ignimbrita Boquillas, donde se encuentra sobreyaciendo a esta última (Figura 5.10 D). En este mismo hombro, pero 4 km al NW de Las Fuentes se reconoció esta unidad mayormente consolidada, con menor cantidad de líticos y rica en

cristales. Se colectó la muestra JUC-27 que arrojó una edad de  $29.30 \pm 0.23$  Ma. Cerca de este sitio, pero al E de las Fuentes se reconoció esta misma unidad mayormente consolidada, incluso con presencia de fiammes y matriz rosa de ceniza (Figuras 5.1 y 5.10 A y B).

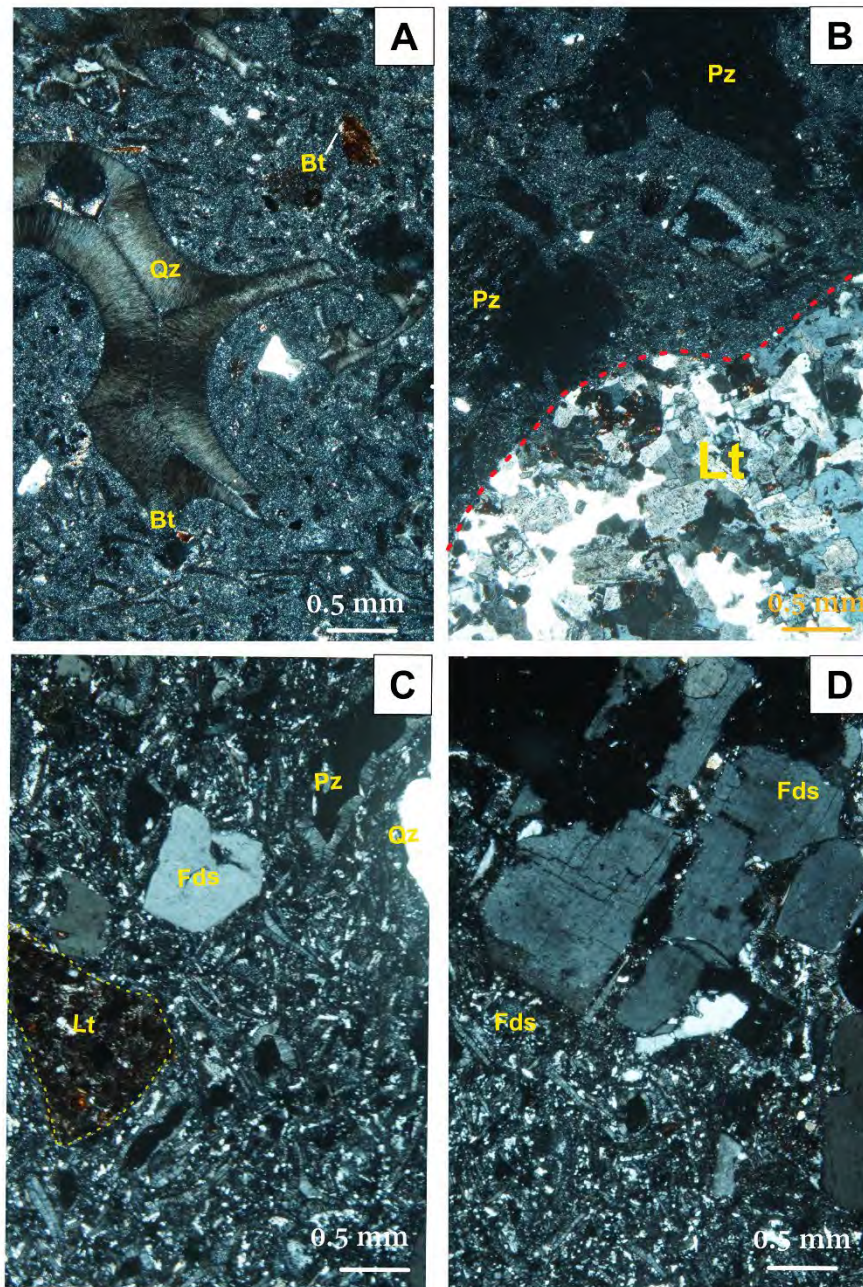
Otra de las peculiaridades de esta unidad es que se encuentra rellenando paleotopografía. En las imágenes satelitales a primera vista puede ser confundida con los sedimentos lacustres por su color blanquizo. Sin embargo, en campo se observa claramente que los sedimentos lacustres la sobreyacen (Figuras 5.12 E y 5.20 D).

Petrográficamente la ignimbrita Los Indios se caracteriza por ser una roca porfídica de con fenocristales de feldespatos potásico y biotita. La matriz se encuentra totalmente desvitrificada y con fragmentos pumiciticos y *shards* (X, Y, U), figura 5.13 A. De manera general es posible ver fragmentos de tamaño significativo (2mm) de pómez con textura axiolítica constituida de minerales fibrosos de feldespatos y cuarzo producto de la desvitrificación (Figura 5.13 A). La geometría de los fenocristales es subhedral. La proporción de fenocristales 10% de feldespatos potásico, cuarzo 5% y biotita 5% (Figura 5.13 C y D). Una característica que la distingue es la presencia de fragmentos líticos de gran tamaño. Los fragmentos líticos presentan mosaicos equigranulares de cuarzo y feldespatos y otros fragmentos están constituidos por cristales de plagioclasa en una matriz vítrea (Figuras 5.13 B y C).

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



**FIGURA 5.12.** A. y B. Aspecto de la ignimbrita Los Indios, incluso con presencia de fiammes, la matriz es ceniza de color rosa, al E de las Fuentes, Zac. C y D. Aspecto de la ignimbrita Los Indios consolidada, pero con matriz de ceniza color blanca amarillenta, poco contenido de líticos, rica en pómez, alto contenido de cristales y poco densa. Se localiza al NW de las Azucenas y a la 6 Km al E de la Barranca del Campanario D. Relación estratigráfica con los sedimentos lacustres a 2.5 Km del poblado de Achoquen, Zac.



**FIGURA 5.13.** A. Fragmentos pumicíticos embebidos en una matriz devitrificada, se presentan *shards* (tipo x, y, u), fragmentos pumicíticos con desvitrificación axiolítica; corresponde la ignimbrita Indios, muestra JUC-01 B. Lítico de gran tamaño con textura granofírica embebido en una matriz pumicítica, obsérvese relictos de fragmentos de pómez C. Muestra JUC-20; nótese la disminución del tamaños de lítico, mayor contenido de cristales embebidos en una matriz de textura granofírica D. Fenocristal de feldespato en la muestra JUC-27 correspondiente a la parte superior de la ignimbrita Los Indios que se caracteriza por contener mayor cantidad de cristales y se encuentra más consolidada. **Fds**= Feldespato potásico, **Bt**=Biotita, **L**=Lítico, **Pz**=Pómez

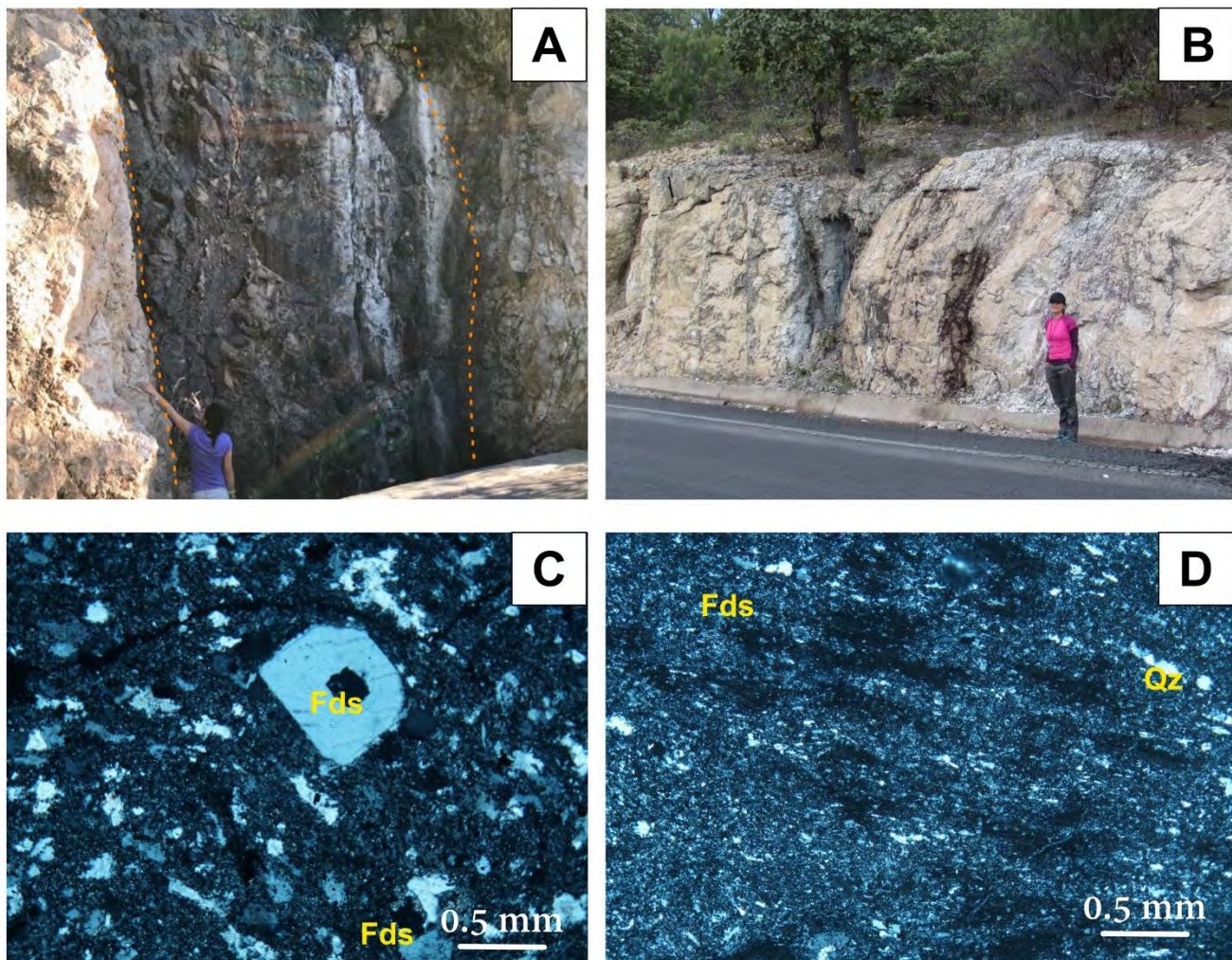
El paquete de ignimbritas San Miguel, Boquillas y Los Indios procede de fuentes locales dentro del graben como lo indica la presencia de diques piroclásticos y brechas de rezago a lo largo de fisuras paralelas a las fallas de graben. Estas ignimbritas se encuentran limitadas por la falla maestra de la parte oriental del graben y resulta afectadas por otras fallas con menor salto al interior del graben por lo que se considera que marca el inicio de la extensión.

### *5.2.2.1 Riolita Garduño*

Sobre el hombro occidental a 2 km de Las Azucenas se localiza una lava riolítica con juntas de enfriamiento y estructuras de deformación fluidal (Figuras 5.1 y 5.14 B). Esta unidad se encuentra justo encima de la ignimbrita Los Indios. Se realizó un fechamiento isotópico que arrojó una edad de  $29.9 \pm 0.091$  M.

Se localizaron zonas de diques piroclásticos, interpretados como zonas de alimentación, cerca de las fallas maestras del graben. En particular en el borde del hombro E del graben a 5 km al este de Palma Cuata se encontró un dique piroclástico asociado a la ignimbrita (Figura 5.14 A).

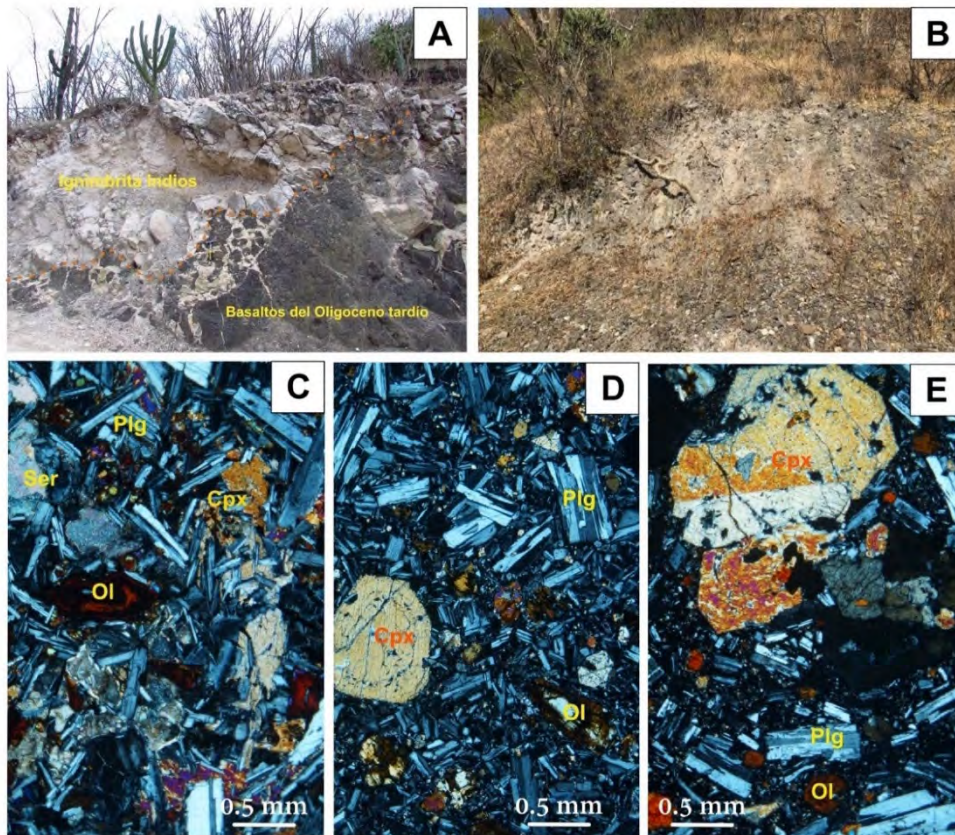
Bajo el microscopio, es posible identificar feldespatos potásicos como único fenocristal, la matriz representa 95% que exhibe alto grado de devitrificación constituida de agregados de cristales que conforman mosaicos equigranulares de felsíticos a lo que se denomina textura granofídica (Figura 5.14 C y D).



**FIGURA 5.14.** A. Dique piroclástico asociado a fallas que pone en evidencia zona de alimentación B. Lava riolítica con aspecto fluidal; se colectó la muestra JUC-41. C. Microfotografía de la muestra JUC-44. Roca con textura porfídica, cristal subhedral de feldespato inmerso en matriz desvitrificada microcristalina con textura granofídica que forman mosaico de feldespato y cuarzo los cuales ponen en evidencia la dirección de flujo, la proporción modal está representada por 95% matriz. La muestra fue colectada sobre borde E del graben D. Microfotografía de la muestra JUC-41 colectada sobre el borde W del graben, y presenta características petrográficas similares a JUC-44.

## 5.2.4 Basalto Tlalchichila

En el borde del hombro oriental del graben de Juchipila, al NW de Tlachichila (Figura 5.2), un flujo de lava máfico se encuentra formando una amplia mesa basáltica que tiene una extensión de aproximadamente 13 km hacia el SW a lo largo del hombro del graben. Martínez-Resendiz (2016) reporta una edad de 25.9 Ma obtenida por el método Ar-Ar en matriz. Esta mesa basáltica esta sobreyaciendo a una toba poco consolidada fechada por Nieto-Samaniego et al. (1999) en 26.6±0.7 Ma por K-Ar en sanidino. En el camino que baja de esta localidad hacia Jalpan, cerca del Poblado de Tuitán, Zac., vuelven aflorar las lavas con las mismas características.



**FIGURA 5.15.** Lavas basálticas del Oligoceno tardío **A.** Intrusión de lavas basálticas en la parte fina y más consolidada de la Ignimbrita Los Indios al sur de Palma Cuata Zac. **B.** Aspecto general de lavas basálticas del Oligoceno tardío, con alto grado de intemperismo y fracturación intensa **C., D.** y **E.** Microfotografías de lavas del Oligoceno tardío **A.** Roca con textura intergranular a oítica, los cristales que la constituyen son plagioclasa en forma de listón, clinopiroxeno y olivino alterado a iddingsita. **D y E.** Textura porfídica con fenocristales de clinopiroxeno y olivino, la matriz de textura intergranular seriada.

Mas al sur, en la parte baja del hombro E del graben, Webber et al. (1994) reportan una edad K-Ar de  $23.7 \pm 1.4$  Ma para unas coladas basálticas similares que se encuentran cerca de los poblados de El Frasco, El Zalate y Palma Cuata (Figura 5.2).

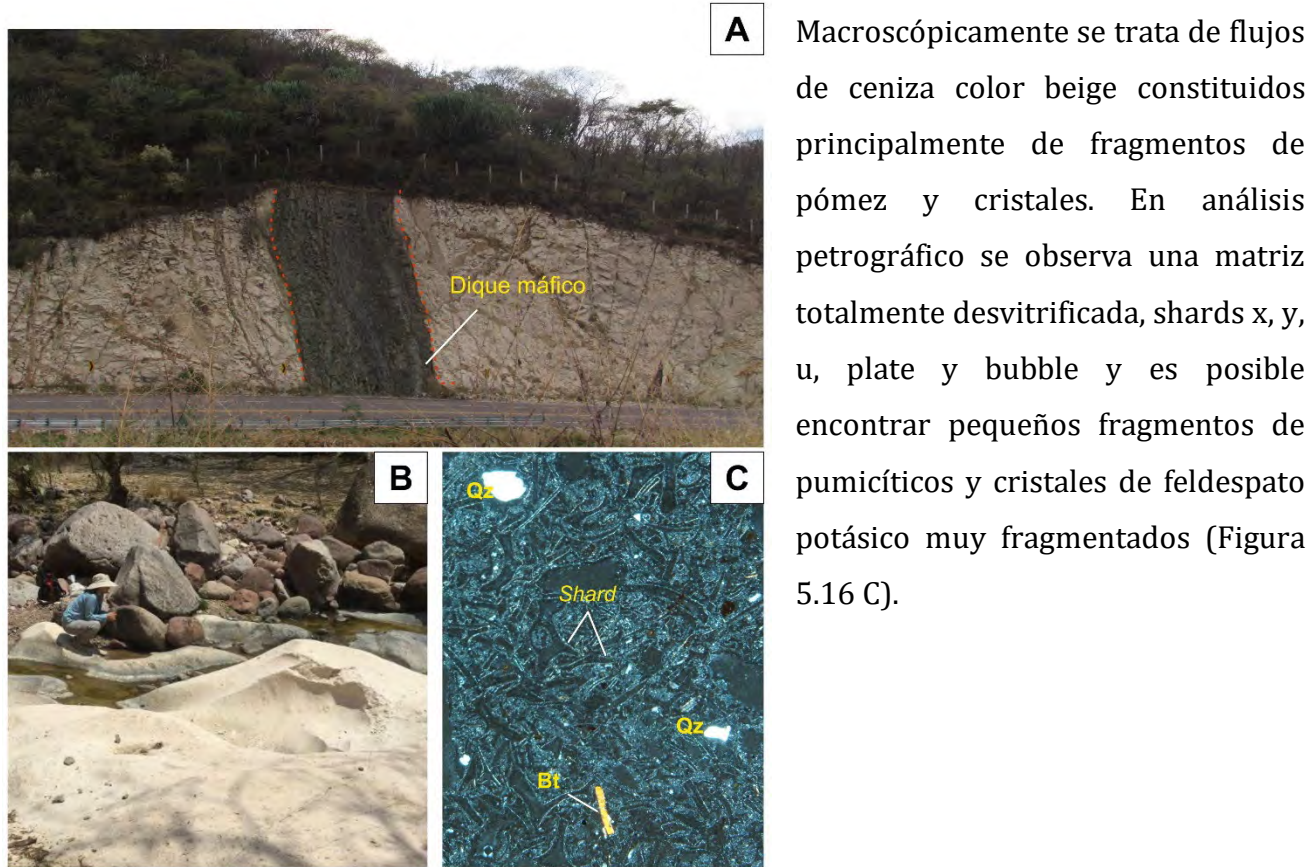
Se trata de delgados flujos de lavas basálticas con alto grado de intemperismo y bastante fracturados. En esta área se encuentran sobreyaciendo principalmente a las ignimbritas Los Indios y Boquillas, y localmente se observan los diques alimentadores de estas coladas basálticas cortando a la Ignimbrita Los Indios (Figura 5.14 A). Al interior del graben, en el poblado de Los Jacalitos Zac., aflora una mesa basáltica constituida por flujos a los que se intercala la ignimbrita Los Indios. Macroscópicamente estas lavas basálticas tienen textura porfírica, con fenocristales de olivino, piroxeno y plagioclasa (Figura 5.14 B). Petrográficamente, se caracterizan por texturas intergranulares a ofítica y en ocasiones textura porfídica con matriz intergranular, la mineralogía está constituida por plagioclasa con bordes fibrosos maclas polisintéticas, clinopiroxeno y olivino que se encuentra remplazado por iddingsita. En los intersticios se encuentra rellenos por sericita como mineral secundario (Figuras 5.14 C, D E).

## 5.3 Mioceno

### 5.3.1 Toba Jalpa

Al norte de Jalpa se observan depósitos de flujos de ceniza en facies distales que se encuentran limitados a la parte baja del graben siendo ausentes en las partes altas de los hombros. Estos depósitos se observan principalmente en el brazo E de la parte norte del graben, y localmente están cortados por diques basálticos (Figura 5.16 A). Para una muestra colectada sobre el libramiento de Jalpa cerca de Tuitán (Figura 5.2) se obtuvo una edad U-Pb de  $22.47 \pm 0.17$  Ma. Al E de Moyahua fue posible reconocer estos depósitos de flujos de ceniza poco consolidados que son sobreyacidos por flujos de basaltos de 10-13 Ma.





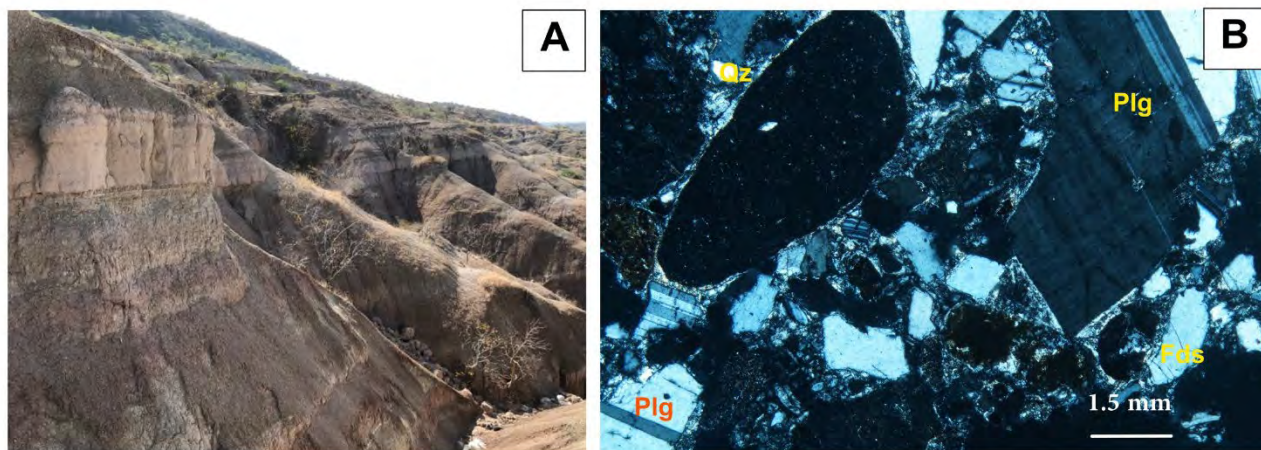
**FIGURA 5.16.** A. Flujo de ceniza color beige depositado en el libramiento de Jalpa intruido por un dique máfico B. Flujo de ceniza al SW de Rancho Pelón, Zac. C. Microfotografía de la muestra JUC-29, colectada en el libramiento de Jalpa. Qz=Cuarzo, Bt= Biotita

### 5.3.2 Areniscas y limolitas intra-graben

Secuencias de limolitas arenosas siliciclasticas intercaladas con capas de areniscas limosas de coloraciones café oscuro a marrón se encuentran en diferentes lugares al interior del graben, sobreyaciendo a la secuencia ignimbrítica de 30-29 Ma (Figura 5.17 A). La sección mejor expuesta se encuentra aproximadamente a 2.5 Km al W de la Presa de Achoquen, donde se obtuvo una edad máxima de depósito de ~20 Ma. También se observan en Cuxpala Zac., y en el sector sur en las faldas de los hombros del graben (Figura 5.2). Las capas más gruesas contienen mayor tamaño de grano en comparación

con las capas más delgadas. Esto indica que hubo fluctuaciones en la tasa de sedimentación, con etapas donde la energía de depositación era mayor que en otras.

Petrográficamente exhiben gran contenido de clastos y cristales de origen volcánico. Los cristales están constituidos de plagioclasa (30%), sanidino (30%), cuarzo (20%) y clinopiroxeno (10%). Los clastos están constituidos por rocas volcánicas que se encuentran muy alteradas y reemplazadas por minerales secundarios, lo que dificulta identificar su origen. Sin embargo, en algunos casos se logra identificar el origen volcánico (Figura 5.17 B). Tomando en cuenta también las edades de los circones detríticos todo apunta a que estos sedimentos se formaron por la erosión de la secuencia de ignimbrita sin-extensionales y de los depósitos de flujos de ceniza distales expuestos al norte de Jalpa.



**FIGURA 5.17.** A. Secuencia limolitas intercaladas con areniscas siliciclasticas, depositadas cerca de la Presa de Achoquen, sitio de recolección de la muestra JUC-15 B. Microfotografía de la muestra JUC-15. Se observa la predominancia de cristales de origen volcánico rotos con poco grado de redondez y líticos redondeados en parte de origen volcánico.

### 5.3.3 Basaltos Los Altos de Jalisco

En el sector sur del área de estudio se encuentran volúmenes importantes de coladas de lavas basálticas emplazadas al interior del graben y en sus hombros. Adentro del graben se encuentran parcialmente cubiertas por una sucesión de sedimentos fluvio-

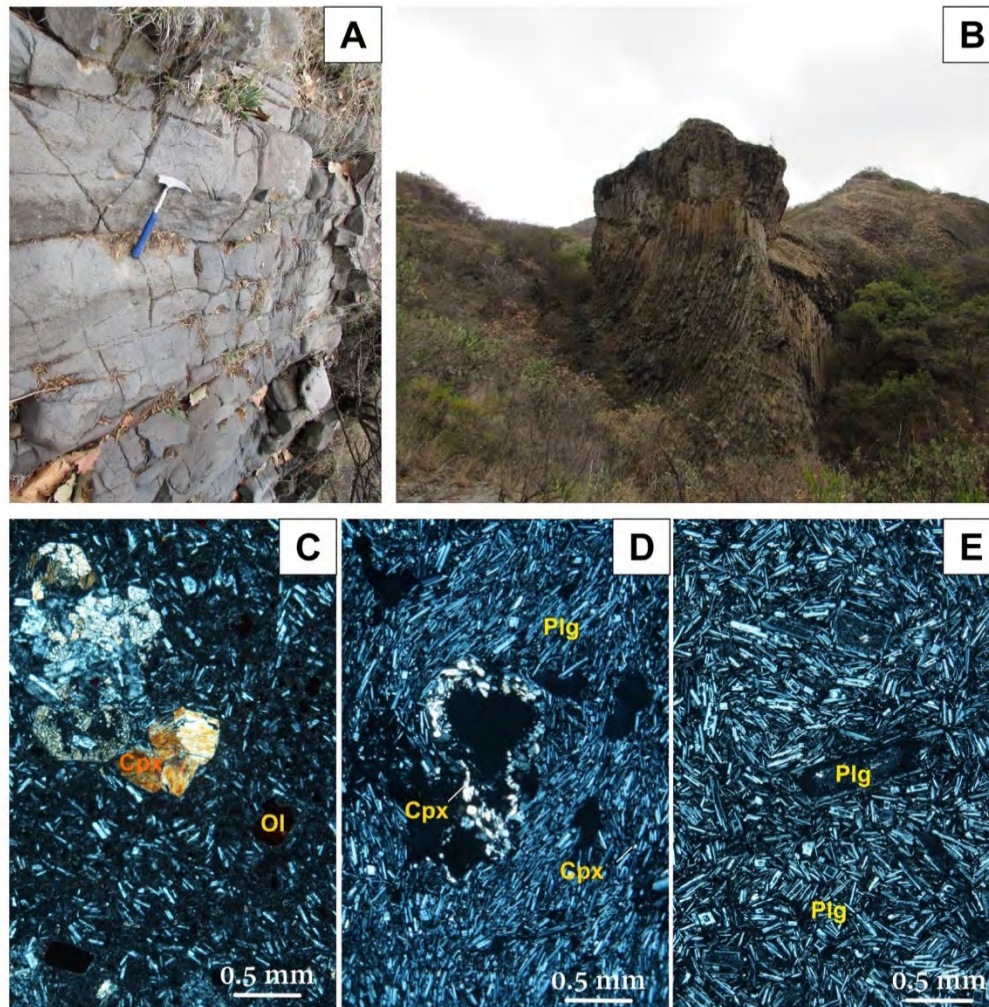
## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

---

lacustres. Martínez-Reséndiz reporta edades Ar-Ar de  $11 \pm 0.13$  y  $10.55 \pm 0.21$  Ma para las coladas de esta región.

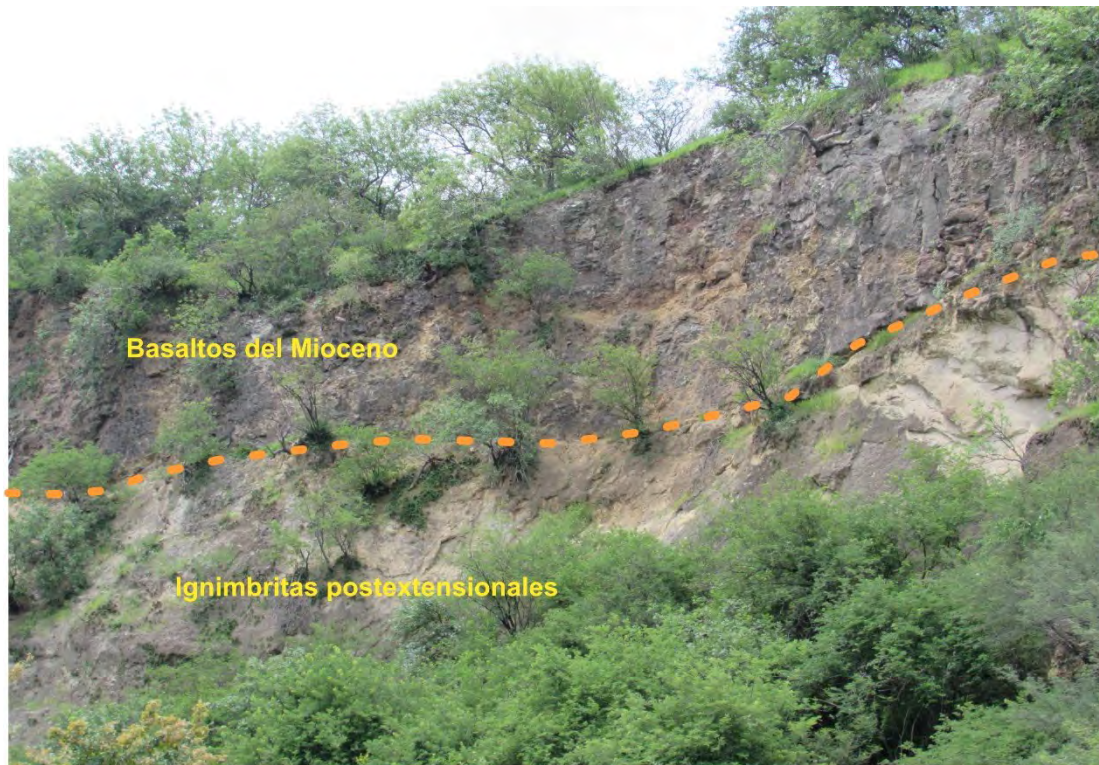
Sobre el hombro este del graben de Juchipila se identifica una serie de estructuras volcánicas y mesas de lava basálticas. Al sur y norte de Nochistlán, Zac., se localizan la mesa San Miguel y la mesa Cerro La Joya, respectivamente, formadas por flujos de lava basáltica con fenocristales de olivino con aspecto vesiculado, que presentan hasta  $\sim 20$  m de espesor. Nieto-Obregón et al. (1981) obtuvieron dos edades K-Ar de  $10.96 \pm 0.47$  Ma y  $10.52 \pm 0.22$  Ma para las lavas del cerro La Joya.

Sobre el hombro occidental del graben de Juchipila se encuentran aflorando extensas mesas basálticas algunas de las cuales sobreyacen a la Ignimbrita Los Indios. Estas coladas se extienden en el camino que va del Aguacate a El Tablero y en la Mesa de Los Chávez (Figura 5.2). En la localidad de Carretones, Zac., se colectó la muestra JUC-39 que procede de una colada de  $\sim 25$  m de altura que presenta unas espectaculares juntas columnares producto del enfriamiento al fluir la colada en un paleo-arroyo (Figura 5.18 B).



**FIGURA 5.18.** A. Aspecto de las coladas basálticas del Mioceno tardío. B. Colada basáltica con juntas columnares de enfriamiento que aflora en la cima del hombro occidental del graben, al suroeste de Carretones, Zac. C, D y E. Microfotografías de las lavas máficas. C. Aglomerado de cristales de clinopiroxeno, fenocristal de olivino reemplazado por iddingsita embebidos en una matriz pilotaxítica constituida de plagioclasa tubular que en conjunto conforman una textura porfídica (JUC-25). D. Borde de reacción compuesto por sobrecrecimiento de clinopiroxeno en un cristal esquelético en matriz pilotaxítica de plagioclasa y clinopiroxeno (JUC-39). Cristales de plagioclasa con textura de exsolución en una matriz intergranular (JUC-36). Plg= Plagioclasa, Ol=Olivino Cpx= Clinopiroxeno

En la parte sur del graben, estas coladas son bastante extensas, cada flujo presenta espesores de 5-10 m y se encuentran sobreyaciendo directamente a los sedimentos intra-graben del Mioceno medio y depósitos de flujos de ceniza. A su vez las coladas basálticas son cubiertas por sedimentos fluvio-lacustres (Figura 5.20 C).



**FIGURA 5.19. A.** Flujo de ceniza poco consolidado sobreyacido por lavas máficas al sur de Juchipila, Zac. cerca de Moyahua de Estrada, Zac.

Petrográficamente presentan texturas porfídicas con fenocristales de clinopiroxeno en aglomerados, plagioclasa con texturas de tamiz y exsolución y en algunos casos cristales extintos que presentan un borde de reacción constituido de clinopiroxeno y ortopiroxeno microlítico. La matriz se caracteriza por una textura pilotaxítica constituida de plagioclasa en forma tubular y clinopiroxeno microlítico.

### 5.3.3 Sedimentos lacustres

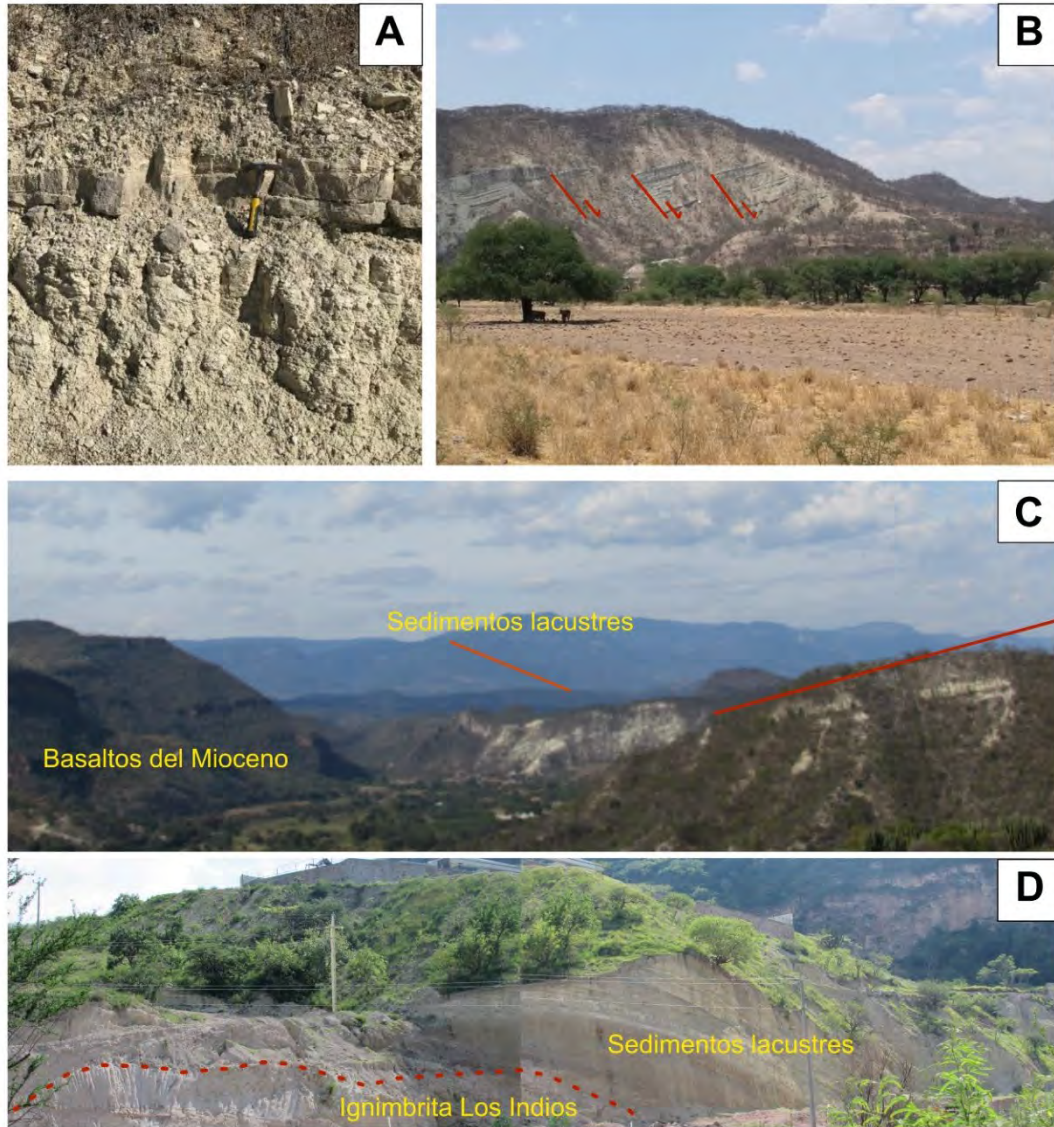
Lahiere (1982) y López (1991) describen una sucesión sedimentaria compuesta por areniscas volcánicas intercaladas con capas lacustres ricas en ostrácodos, diatomeas y moluscos. También son descritos por Carranza-Castañeda et al. (2013) como sedimentos finos y masivos con inclinación hacia los SW, depositados en cuencas ocupadas por lagos extensos durante el Mioceno tardío y Plioceno temprano. Estos autores reportan tres edades de U-Pb en circón comprendida entre 6.95 y 5.59 Ma para capas de ceniza volcánica interestratificadas en la parte superior de la secuencia sedimentaria.

En la región de estudio los afloramientos de sedimentos lacustres se encuentran representados por secuencias de limolitas calcáreas intercaladas con capas de limolitas y limolitas arenosas siliciclásticas (Figura 5.20 A), que interpretamos como planicies de inundación que son ocasionadas por la interrupción del drenaje por el emplazamiento de las coladas basálticas descrita en el apartado anterior. Rellenan en buena medida la parte central del graben, con variaciones de espesor de norte a sur. Los depósitos más extensos y con espesores importantes se encuentran en el sur del graben cerca de Moyahua de Estrada, Zac., sobreyaciendo coladas de lavas máficas que corresponden a la unidad anterior (Figura 5.20 C).

Hacia Juchipila y Apozol Zac., disminuye gradualmente el espesor de los depósitos lacustres, además se encuentran sobreyaciendo directamente a la ignimbrita Los Indios (Figura 5.20 D). Cerca de Achoquen, Zac., rellenan parte de los cañones formados por la secuencia de ignimbritas San Miguel, Boquillas y Los Indios, lo que ocasiona que los depósitos no sean continuos. Hacia el norte de la Pitaya Zac., (Figura 5.1) los espesores disminuyen considerablemente (5-3 m). Al Este de Jalpa, por encima de los depósitos lacustres se encuentran depósitos de conglomerados clasto soportados de origen fluvial con alto grado de redondez de probable edad Cuaternario.

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

La tabla 5.1 se presenta un resumen de las características de las unidades que se describieron anteriormente, se muestra la abundancia de fenocristales en porcentaje, y una breve descripción de matriz para las rocas que la presentan.



**FIGURA 5.20.** A. Secuencia limolitas intercaladas con limolitas calcáreas que se alternan en ocasiones con limolitas arenosas siliciclasticas B. Sedimentos lacustres al sur del graben basculados al SW. C. Sedimentos Lacustres cerca de Moyahua de Estrada, Zac. Sobreyacen a los basaltos del Mioceno. D. Al norte de Apozol., Zac estos sedimentos se encuentran sobreyaciendo a la ignimbrita Los Indios.

**TABLA 5.1** Características petrográficas de las rocas del sector centro sur del graben de Juchipila

Muestra	Grupo	Ol	Fenocristales (%)					Qz	Pómez %	Liticos %	Matriz Descripción	Minerales secundarios
			Plg	Cpx	Bt	Sn						
MIOCENO												
JUC-25	Basaltos											
	Mioceno medio tardío		5	5	10						85	
JUC-39	Tlalchichila			8								
JUC-15	Areniscas y limolitas intra-greben			30	10		30	20		15	ser	
JUC-08	Distales						5	10		85	Matriz rica en fragmentos pumiciticos con shards tipo u, y, X y bubble	
JUC-29	Distales 24 Ma					5	5	5		85	Matriz pumicitica con shards tipo u, y, X y bubble	
JUC-24	Distales					10	10	10			Matiz vitrea	
OLIGOCENO												
JUC-22	Basaltos Oligoceno tardío		10	10	10							
JUC-41	Riolita						5	5			Matriz granofídica devitrificada constituida de feldespato y cuarzo	
JUC-44	Riolita						3	3			Matriz granofídica devitrificada constituida de feldespato y cuarzo	
JUC-01	Indios					5	10	5	10	15	Matriz rica en fragmentos pumiciticos y shards u, y x	
JUC-02	Indios					5	10	5	5	5	Matriz granofídica rica en fragmentos pumiciticos con shards u, y x	
JUC-03	Indios					5	10	5	5	5	Matriz granofídica, fragmentos pumiciticos y shards u, y x	
JUC-05	Indios					5	10	5	15	5	Matriz granofídica con shards u, y x	
JUC-16	Indios		15									
JUC-17	Los indios					5	10	5	10	15	Matriz rica en fragmentos pumiciticos y shards u, y x	
JUC-20	Los Indios					5	10	5	10	15	Matriz vitroclástica con shards u, y x	
JUC-21	indios					5	10	5	15	5	Matriz pumicitica granofídica con shards u, y x	
JUC-27	Indios					2	30	5	10		Matriz granofídica con shards u, y x	
JUC-12	Boquillas								20		Matriz eutaxiticaa granofídica, con texturas axiolíticas en pómez	
JUC-23	Boquillas		30							20	Matriz eutaxiticaa granofídica, con texturas axiolíticas en pómez	
JUC-09	Boquillas										Matriz eutaxiticaa granofídica, con texturas axiolíticas en pómez	
JUC-26	Boquillas						5	10			Matriz eutaxitica granofídica, con texturas axiolíticas en pómez	
JUC-48	Boquillas						5	10			Matriz eutaxiticaa granofídica, con texturas axiolíticas en pómez	
JUC-42	San Miguel						10	10	10		Matriz con devitrificación incipiente	
JUC-04	San Miguel		30	20			10				Matriz devitrificada	
JUC-37	San Miguel						5	10	10	5	Matriz devitrificada a granofídica	
JUC-19	Ignimbrita pregraben									3	Matriz devitrificada, con textura esferulítica, bastante alterada	
JUC-31	Ignimbrita pregraben		20	10	10						Textura de fase de vapor y granofídica, devitrificación avanzada	
JUC-32	Ignimbrita pregraben						10	10	15		Textura de fase de vapor y granofídica, devitrificación avanzada	
EOCENO												
JUC-06	Areniscas									10		
JUC-33	Areniscas del Eoceno									10		
JUC-10	Areniscas									10		
JUC-18	Andesitas del Eoceno		10	20	20						Matriz afanítica con algunos microlitos de plg	
JUC-46	Eoceno		10	20	20						Matriz afanítica con algunos microlitos de plg	

Ol= Olivino; Plg=Plagioclasa; Cpx= Clinopiroxeno; Bt=Biotita; Sn=Sanidino; Qz= Cuarzo; M.Sec=Minerales secundarios; Ser=sericita; Clo=clorita



## 6. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

Con el propósito de caracterizar las diferentes unidades ignimbríticas y apoyar su correlación espacial se analizaron 29 muestras de ignimbritas con un espectrómetro de Fluorescencia de rayos portátil X Bruker TRACER 5i.

La caracterización geoquímica descrita en este capítulo tiene mayor utilidad en la correlación estratigráfica más que para interpretación petrológica ya que, aunque el equipo usado para la medición tiene una alta precisión, no alcanza la que se obtiene en laboratorio. Por otro lado, la medición in situ no permite excluir fragmentos líticos cuando estos están presentes en la roca.

Los elementos mayores analizados son Si, Ti, Al, Fe, Ca y K y sus concentraciones están expresadas en porcentaje de los óxidos, que posteriormente fueron normalizados al 100%. Debido a que los valores de las mediciones de SiO<sub>2</sub> son muy dispersos y se subestiman para una ignimbrita riolítica no se contemplaron para la caracterización.

También se obtuvieron análisis de elementos traza dentro del límite de detección del aparato como Co, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Pb, U, Th, U, Ta, Y y Zr.

Como fue descrito en los capítulos anteriores, los datos de geocronología U-Pb y Ar-Ar y las observaciones estratigráficas permitieron distinguir tres grupos principales de ignimbritas. Se decidió hacer un análisis geoquímico a las ignimbritas para identificar si presentaban características geoquímicas distintas que logran diferenciarse. Y se decidieron agrupar de acuerdo con el orden estratigráfico 1) Ignimbritas pre-graben (~ 32 Ma) 2) Secuencia ignimbrítica que incluye a San Miguel, Boquillas y Los Indios (30-29 Ma) y 3) rocas del Mioceno.

## 6.1 Elementos mayores

Los elementos mayores que ayudan a discriminar mejor las rocas estudiadas son Ca, K, Fe y Ti (Figura 6.1). El grupo de ignimbritas pre-graben (~ 32Ma) muestra valores de CaO% de 0.2-1.8%. En el diagrama de K<sub>2</sub>O vs CaO estas muestras (JUC-31, JUC-13 y JUC-32) generan una pendiente negativa donde la concentración de K<sub>2</sub>O disminuye conforme se enriquece en CaO%, mientras que la muestra JUC-45 presenta un mayor enriquecimiento (9% en peso de K<sub>2</sub>O). En el diagrama de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>% vs CaO% este grupo de rocas (JUC-45, JUC-31 y JUC-13) definen una pendiente positiva, con enriquecimiento de Fe conforme se incrementa el contenido de CaO%. Además, presentan valores de TiO<sub>2</sub> en el rango 0.1-0.2 %.

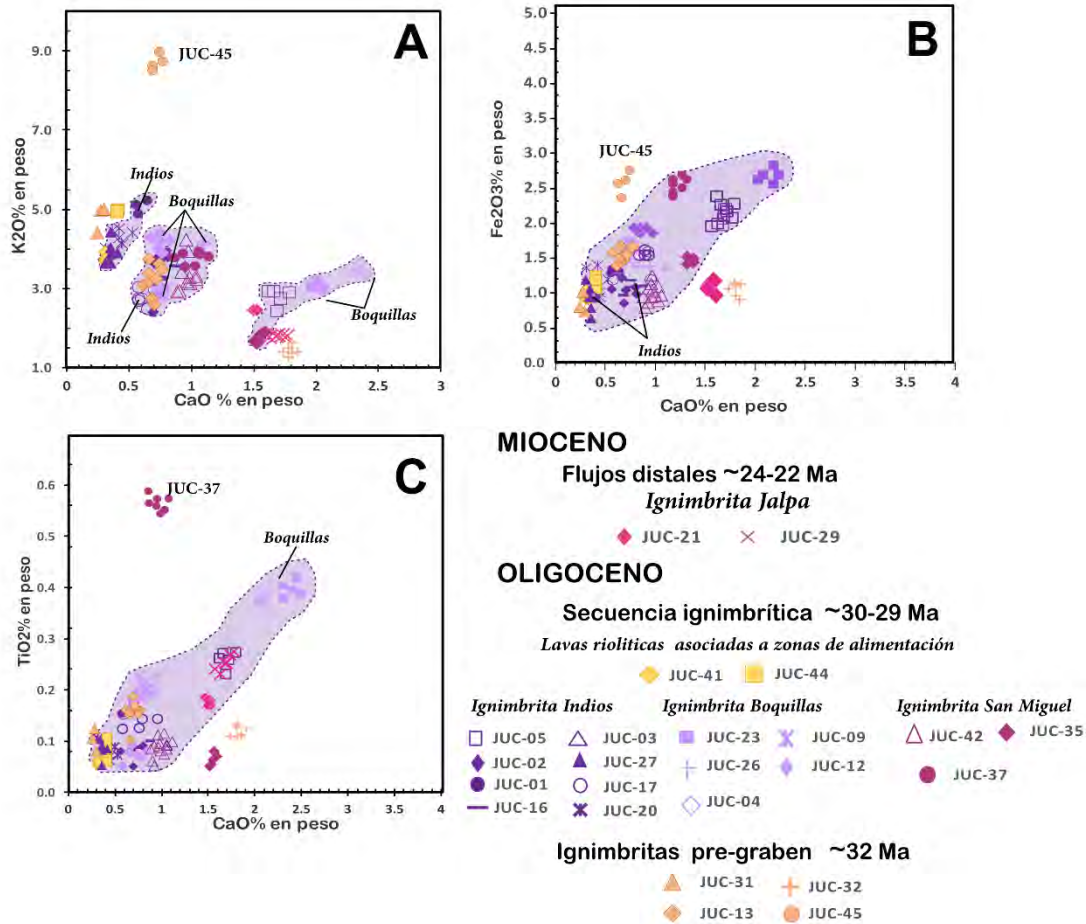
El grupo que incluye a la secuencia ignimbrítica (~ 30-29) exhibe tres agrupaciones principales en cuanto a concentraciones de CaO%: el primero, en el rango 0.25-0.27%, corresponde a la ignimbrita Los Indios (JUC-01, JUC-27, JUC-20); el segundo tiene valores de 0.3-1% (JUC-37, JUC-12, JUC-26, JUC-09, JUC-03, JUC-16, JUC-02, JUC-17) y el tercero de 1.5-2.5% (JUC-35, JUC-23, JUC-04, JUC-05). Los valores de K<sub>2</sub>O de este grupo están en el rango 1.2-5%. Además, muestran valores de 0.25-2.8% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, con los valores más altos en las muestras JUC-37 y JUC-23. Las concentraciones de TiO<sub>2</sub> para este grupo va de 0.05-0.45% y en conjunto los valores generan una pendiente positiva sin contemplar la muestra JUC-37 que presenta una concentración de 0.58 % es la más alta de todas las muestras.

Las muestras JUC-41 y JUC-44, que corresponden a lavas riolíticas asociadas a la secuencia ignimbrítica de 30-29 Ma, presentan concentraciones similares en CaO%, K<sub>2</sub>O%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiO<sub>2</sub> a las muestras JUC-27 y JUC-20 que corresponden a la ignimbrita Los Indios, lo que confirma la relación genética entre las dos unidades.

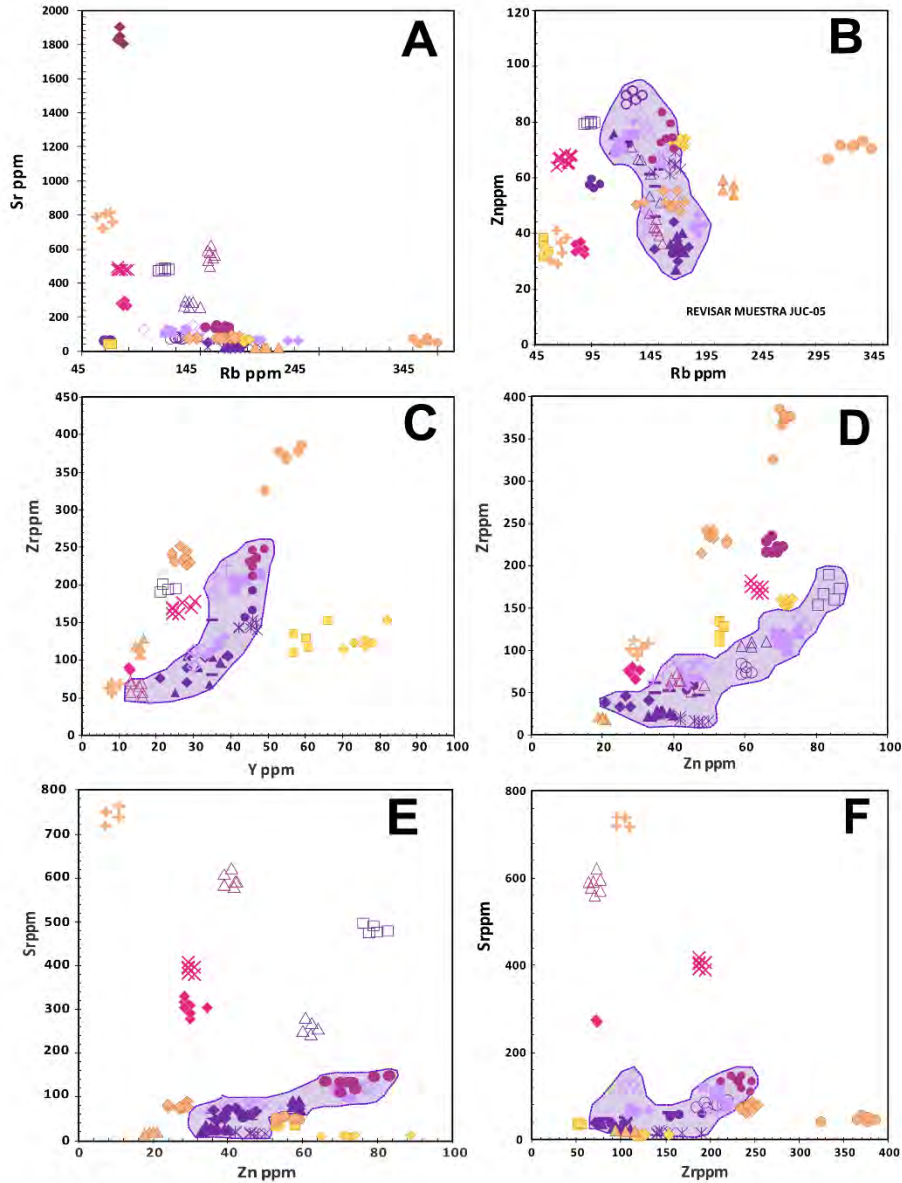
Algunas concentraciones de las muestras correspondientes al primer grupo que llegan en ocasiones a traslaparse con las que se presentan en algunas muestras la secuencia ignimbrítica de 30-29 Ma. Sin embargo, en los diagramas Harker CaO vs K<sub>2</sub>O y CaO vs Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> las muestras de esos dos grupos definen líneas de tendencias paralelas lo que podría indicar que estos grupos de rocas tienen fuentes distintas. Las rocas del grupo

**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO**

Mioceno muestran bajos valores de  $K_2O\%$  (1.7-2.9%),  $Fe_2O_3$  (1-1.5%) y  $TiO_2$  (0.17-0.2%). En general las dos muestras de este grupo que se analizaron siempre se encuentran agrupadas.



**FIGURA 6.1** Diagramas de variación de tipo Harker de los elementos mayores para las ignimbritas del sector centro sur del graben de Juchipila. Las abundancias de los elementos mayores están expresadas en óxidos normalizados al 100% en peso **A.** CaOvs $K_2O$ , **B.** CaOvs $Fe_2O_3$ , **C.** CaOvs $TiO_2$



**MIOCENO**

Flujos distales ~24-22 Ma

*Ignimbrita Jalpa*

◆ JUC-21    × JUC-29

**OLIGOCENO**

Secuencia ignimbritica ~30-29 Ma

*Lavas riolíticas asociadas a zonas de alimentación*

◆ JUC-41    ■ JUC-44

*Ignimbrita Indios*

*Ignimbrita Boquillas*

*Ignimbrita San Miguel*

□ JUC-05    △ JUC-03    ■ JUC-23    × JUC-09  
 ◆ JUC-02    ▲ JUC-27    + JUC-26    ◆ JUC-12  
 ● JUC-01    ○ JUC-17    ◆ JUC-04  
 — JUC-16    × JUC-20    ◆ JUC-04

△ JUC-42    ◆ JUC-35  
 ● JUC-37

**Ignimbritas pre-graben ~32 Ma**

▲ JUC-31    + JUC-32  
 ◆ JUC-13    ● JUC-45

**FIGURA 6.2** Diagramas de variación de tipo Harker de los elementos traza para las ignimbritas del sector centro sur del graben de Juchipila. Las abundancias de los elementos mayores están expresadas en óxidos normalizados al 100% en peso **A.** Rb vs Sr, **B.** Rb vs Zn, **C.** Y vs Zr, **D.** Zn vs Zr y **E.** Zn vs Sr **E.** Zr vs

## 6.2 Elementos traza

Los elementos traza, como el Sr, Zr, Zn, Rb e Y fueron de gran ayuda para poder caracterizar los distintos grupos de ignimbritas. La Figura 6.2 A exhibe las concentraciones de Rb vs Sr, donde se observan rocas con alto Rb y bajo Sr, rocas de alto Sr y bajo Rb y rocas de bajas concentraciones de ambos elementos.

Las ignimbritas pre-graben (~ 32Ma) muestran valores de Rb que van de 63 a 348 ppm, la muestra JUC-45 (346 ppm) presenta el valor más alto de todas las rocas, mientras que los valores de Sr son generalmente muy bajos (19-73 ppm). En las gráficas de las figuras 6.2B, C y D este grupo define una pendiente positiva y particularmente en los diagramas de Y vs Zr y Zn vs Zr y exhibe tendencias paralelas respecto a las ignimbritas sinextensionales. En particular la muestra JUC-45 muestra las concentraciones más altas de Zn (73 ppm) para este grupo de rocas, además de que presenta las concentraciones más altas de Rb (347 ppm) y Zr (400 ppm) de todas las rocas de este estudio. La muestra JUC-32 también correspondiente a este grupo y presenta las concentraciones de Sr más altas (800 ppm).

La mayoría de las muestras de la secuencia ignimbrítica (30-29 Ma) muestran bajas concentraciones de Sr (10-147 ppm) y valores de 145-245 ppm de Rb. Aunque las muestras JUC-05 (500 ppm), JUC-03 (292 ppm) y JUC-42 (600 ppm) presentaron valores altos. En particular la muestra JUC-35 (1829 ppm) es la que exhibe la concentración mayor de todas las rocas. Las concentraciones de Zn van de 30-90 ppm, las de Zr de 50-238 ppm y las de Y de 10-50 ppm. La muestra JUC-37 exhibe valores altos de Zn (80 ppm), Zr (238 ppm) e Y (50 ppm).

En cuanto a las muestras de del grupo del Mioceno muestran altas concentraciones de Sr (300-450ppm) y bajas concentraciones de Rb (71-78 ppm), caracterizando a este grupo de alto Sr y bajo Rb. Los valores de Zn van de 31-71 ppm, los de Zr (72-198 ppm) por último las concentraciones de Y son las más bajas en comparación a los otros dos grupos (20-30 ppm).

En la Figura 6.3 se muestran los patrones de elementos traza en diagramas multielementales normalizados a manto primitivo de Sun y McDonough (1989), los cuales permiten una mejor discriminación entre los grupos de las rocas estudiadas en este trabajo. Estos diagramas se obtuvieron a partir de los elementos Rb, Ba, Sr, Th, U, Nb, Ta, Pb, Sr, Zr e Y.

Las ignimbritas del primer grupo son muy heterogéneas probablemente debido a que su fuente está fuera del área de estudio y puede ser muy variable (Figura 6.3 A). Existen características que comparten, sin embargo, cada muestra logra diferenciarse de las demás. De manera general, todas muestran una anomalía negativa de Nb y enriquecimiento similar de Ta. La muestra JUC-45 exhibe un notable enriquecimiento de Ba, característica que comparte con la muestra JUC-32. Estas dos muestras presentan también una concentración similar de Th. La JUC-45 se encuentra ligeramente más enriquecida de Pb, Zr e Y de todas las muestras de este grupo (Figura 6.3 A). Las muestras JUC-31 y JUC-13 comparten un patrón Rb-Tb con una pequeña anomalía negativa en Ba y, junto con la JUC-45, exhiben anomalía negativa en Sr y positiva en Zr (Figura 6.3 A).

En las ignimbritas del segundo grupo las señales son más homogéneas mostrando una pequeña anomalía en Ba (Figura 6.3 B), una pronunciada anomalía negativa en Nb, señal de enriquecimiento similar de Ta-Pb, la anomalía negativa de Sr, una pequeña anomalía en Zr y un patrón similar en Y. De manera particular en las rocas pertenecientes a la ignimbrita Boquillas se encuentran ligeramente más enriquecida en Ba con valores normalizados de 108-143, lo que genera que la anomalía en Ba sea menos pronunciada que la de la ignimbrita Los Indios que presentan valores normalizados de 49-90.1 (Figura 6.2 B). Los valores normalizados de la anomalía de Sr van de 3.7-5.6. En cambio, los valores de la ignimbrita Los Indios son de 0.8-3, por lo

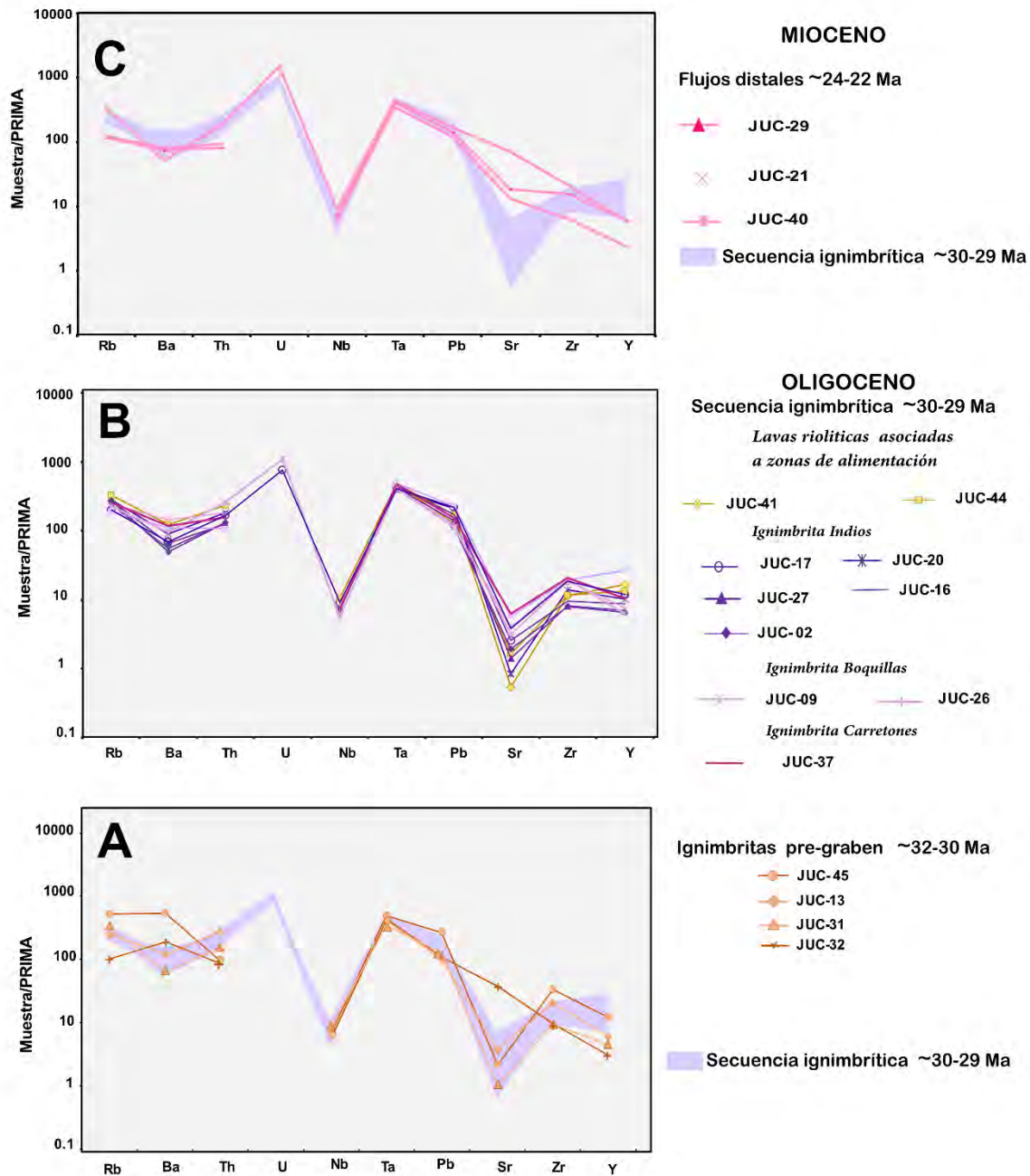
## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

---

que la anomalía de Sr es más pronunciada en estas últimas rocas (Figura 6.3 B). Las muestras de la ignimbrita Boquillas presenta una anomalía poco pronunciada de Zr con valores normalizados (18.5-20.7) pero más enriquecida con respecto a las muestras Los indios que son inferiores (Figura 6.3 B).

Las muestras JUC-09 (Boquillas) y JUC-17 (Los Indios) son las únicas que mostraron valores de U, la primera más enriquecida característica revelada por los valores normalizados presentes (761.9 y 1095.2 respectivamente). La muestra JUC-37 presenta patrones muy similares a las muestras de la ignimbrita Boquillas. Mientras que para las rocas JUC-41 y JUC-44 que corresponden a lavas riolíticas de zonas de alimentación. Los patrones de elementos traza se agrupan bastante bien con las rocas del grupo sin-extensional (Figura 6.3 B).

El grupo de rocas del Mioceno exhibe un patrón Th-Pb similar al de la secuencia ignimbrítica de ~30-29 Ma (Figura 6.3 C). Las muestras JUC-29 y JUC-21 no presentan una clara anomalía de Ba en comparación a la roca JUC-40, además que esta muestra es la que exhibe un mayor enriquecimiento de Sr, característica que distingue a este grupo (Figura 6.3 C). Además, esta roca también presenta un enriquecimiento en U (1507 en valores normalizados). Por otro lado, estas rocas muestran valores normalizados de Y más bajos (2.3-6.4 ) que el grupo denominado secuencia ignimbrítica de ~30-29 Ma.



**FIGURA 6.3** Patrones de elementos traza para los tres grupos de ignimbritas del sector Centro Sur del Graben de Juchipila (normalizados a manto primitivo de Sun y McDonough (1989)). **A.** Ignimbritas preextensionales **B.** Ignimbritas Sinextensionales **C.** Ignimbritas postextensionales. Se reportan las edades U-Pb en zircon obtenidas para las rocas a excepción de la muestra JUC-20 que se reporta la edad Ar-Ar en feldespatos K.



## 7. GENERACIÓN DE CALOR RADIOGÉNICO U, Th, K.

La corteza continental consiste en un promedio de 61% de SiO<sub>2</sub> y se encuentra estratificada composicionalmente. Además, en comparación con la corteza oceánica, está conformada por una capa superior de composición félsica. Los datos de pozos profundos y los estudios sísmicos de alta resolución, complementados por mediciones de laboratorio de las velocidades sísmicas en diferentes tipos de rocas, indican que las rocas graníticas y en general las rocas silíceas dominan la composición de la corteza superior, cuyo grosor suele ser de 10 a 20 km (Christensen y Mooney, 1995; Artemieva y Thybo, 2013; Cherepanova et al., 2013).

De acuerdo con Jaupart and Mareschal (2003) las rocas ricas en sílice poseen altos contenidos de isotopos radioactivos como lo son U, Th y K que se clasifican como LILE (elementos litófilos de Ión grande) (Taylor and McLennan, 1985). El K se concentra principalmente en minerales como el feldespatos de K, la muscovita, biotita y flogopita, mientras que el U y el Th es posible encontrarlos en minerales menos abundantes como zircón, titanita, monazita y baddeleyita (Van Schmus, 1995).

La generación de calor radiogénico (GCr) dentro de la litosfera, producto del decaimiento de los isotopos radiactivos de K, Th y U, se calcula que produce el 30 % del calor global en los continentes (Pollack y Chapman, 1977; Vitorello y Pollack, 1980; Artemieva y Mooney, 2001; Hasterok y Chapman, 2007b). Este parámetro puede ser calculado a partir de la concentración de estos tres elementos con la ecuación (1) propuesta por Birch (1954) y más tarde modificada por (Rybach, 1988):

$$GCr(\mu Wm^{-3}) = \rho(9.67CU + 2.56 CTh + 2.89 CK) * 10^{-5} \quad \text{Ecuación 1}$$

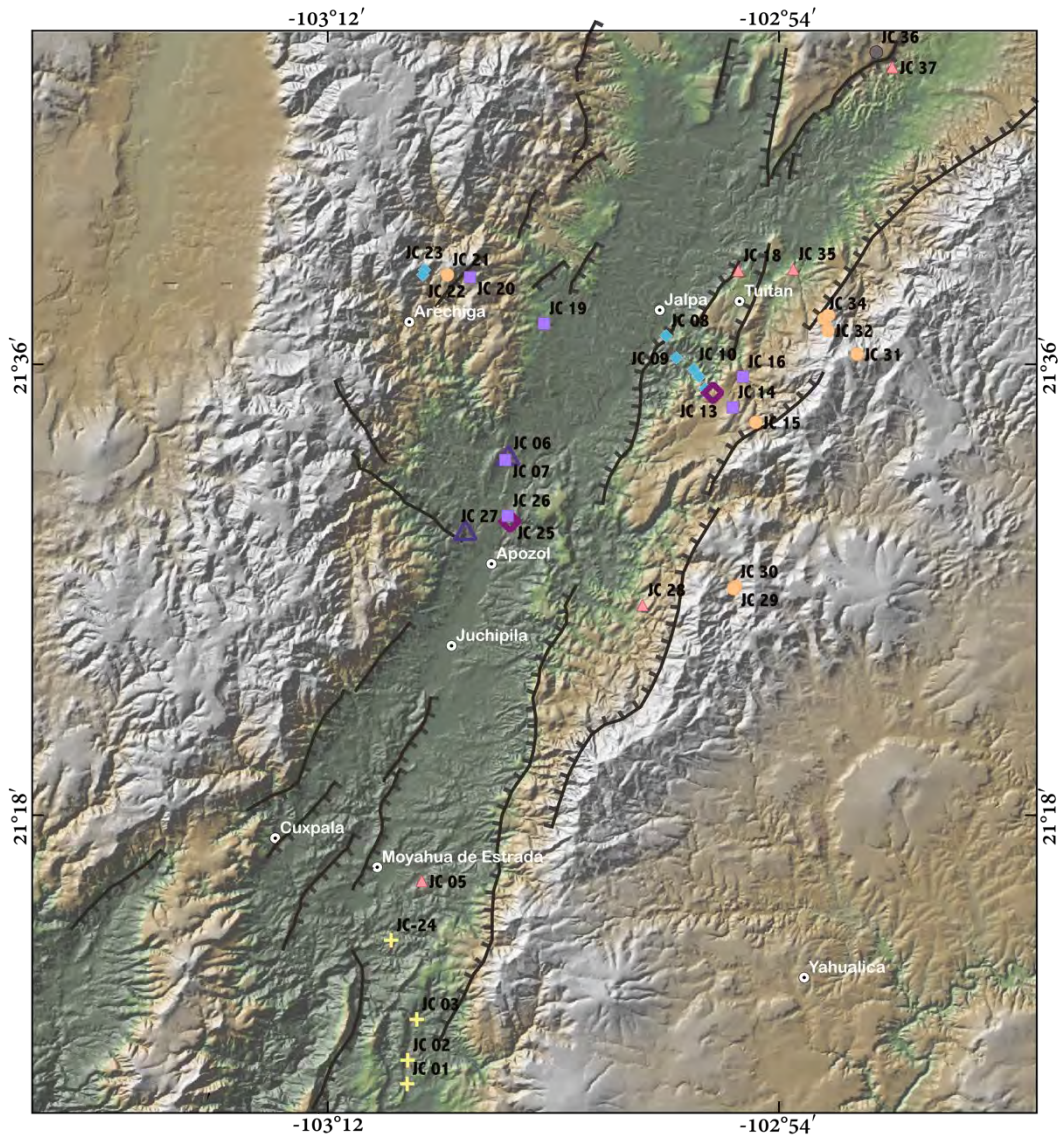
Donde  $\rho$  es la densidad de la roca, CU y CTh son las concentraciones en ppm de U y Th, respectivamente, mientras que CK es la concentración de K en %. Para utilizar esta ecuación, en este trabajo se calculó la densidad de las rocas de cada unidad medida en campo mediante la balanza de Jolly (ver capítulo 3).

A nivel global existen sitios donde el valor de GCr es anómalamente alto y que además coinciden con anomalías de temperatura en la superficie reveladas por mapas de flujo de calor. Por ejemplo, en Australia central se tienen bien documentadas estas relaciones y se asume que la causa de las anomalías térmicas que se observan es la alta producción de calor radiogénico en rocas graníticas paleozoicas y precámbricas (Siégel et al., 2014, Artemieva et al., 2017). Otros sitios documentados con estas características son el sector centro-sur de Slovakia (Harley et al., 2017) y la región sur oriental de Arabia Saudita (Abbady & Ghamdi, 2018).

Si las rocas con altas concentraciones de estos elementos radioactivos se encuentran sepultadas por sedimentos de baja conductividad térmica y poca permeabilidad se puede generar una acumulación de calor y pueden considerarse como prospectos para aprovechamiento geotérmico.

Un objetivo importante del proyecto PAPIIT dentro del cual se ha llevado a cabo esta tesis es lo que comprobar si las concentraciones de elementos radiogénicos y el calor generado por las rocas silíceas del área de estudio pueden ser la causa de las manifestaciones termales y de las anomalías reportadas en mapas de flujo de calor que afectan el graben de Juchipila. Para este fin, en el área de estudio se realizaron un aproximado de 40 mediciones en campo de seis unidades geológicas en distintos sitios (Figura 7.1; Tabla 7.1). Las unidades que se sometieron a este análisis (previamente descritas en el capítulo de estratigrafía) son las andesitas Aréchiga, las ignimbritas pre-graben  $\sim 32$ Ma, la secuencia de ignimbritas de  $\sim 30$ -29 Ma, los flujos distales del Mioceno y los sedimentos lacustres. También se incluyó una medición de la Ignimbrita Los Serna que se encuentra más al norte de la zona de estudio. Se decidió incluirla debido que es la que presenta los valores más altos de GCr.

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO



**MIOCENO**

- ◆ Flujos distales ~24-22 Ma

**OLIGOCENO**

**Secuencia ignimbrítica ~30-29 Ma**

- Ignimbrita Los Indios
- ▲ Ignimbrita Boquillas
- ◆ Ignimbrita San Miguel
- Ignimbritas pre-graben ~32 Ma
- Ignimbrita Los Serna

**Fallas**

- Falla normal principal

- Localidades

**FIGURA 7.1** Mapa donde se muestra la localización de los sitios de medición de las concentraciones de U, Th y K para las unidades geológicas reconocidas en el área de estudio. El relieve sombreado tomado de Geomap App.

Es la Tabla 7.1 es posible observar la variabilidad significativa en las concentraciones de U, Th y K en las rocas de las unidades geológicas medidas en el sector centro y sur del graben de Juchipila. Los valores de U van de 1.2 a 8.4 ppm (Figura 7.2D), los de Th de 2 a 38.2 ppm (Figura 7.2A) y los de K de 0.1 a 8.2 % en peso (Figura 7.2B).

La unidad geológica que exhibe los valores más altos es la ignimbrita Los Serna, fechada en 37.8 Ma (Beltrán Martínez, 2018), donde se encuentra un enriquecimiento significativo en los tres elementos radiogénicos, en particular el Th (38.2 ppm), que muestra la concentración más alta medida en el área de estudio. La concentración del U (6.7 ppm) y del K (8.2%) se encuentran también entre las más elevadas (Figura 7.2 A, B y D).

Después de la Ignimbrita los Serna, los valores más altos de Th corresponden a las ignimbritas pre-graben ~32 Ma (22-29 ppm), mientras que la secuencia ignimbrítica San Miguel, Boquillas y Los Indios (~30-29 Ma) muestran valores de 13.8 a 22.9 ppm (Figura 7.2 A). Las andesitas Aréchiga, los flujos distales del Mioceno fechadas en ~24-22 Ma y los sedimentos lacustres muestran valores Th muy similares entre sí, aunque algunas muestras se traslapan con los valores más bajos de las ignimbritas sin-extensionales (Figura 7.2 A).

Los valores de U son muy variables para los distintos grupos y no llegan a marcar una tendencia clara. Sin embargo, es posible distinguir que las ignimbritas pre-graben ~32 Ma se encuentran ligeramente más enriquecidas respecto a las demás y que las muestras que mejor se agrupan entre sí son las correspondientes los flujos distales de ~24-22 Ma (Figura 7.2 D).

En el diagrama de K vs Th (figura 7.2 B) se puede observar dos grupos: el primero que se caracteriza por un enriquecimiento mayor de K (5-6.8%) y que está constituido por el grupo de ignimbritas pre-graben y la secuencia ignimbrítica San Miguel, Boquillas y Los Indios (~30-29 Ma). El segundo grupo está constituido por las andesitas Aréchiga del Eoceno, los flujos distales del Mioceno y los sedimentos lacustres, con concentraciones de K de 2.7 a 4.2 % en peso.

**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO**

**TABLA 7.1** Concentraciones de U, Th y K, densidad y generación de calor para los distintos sitios de medición de las unidades geológicas reconocidas en campo.

Medición	Latitud N	Longitud O	Unidad Geologica	U ppm	Th ppm	K%	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>	GCr $\mu$ W/m <sup>3</sup>
JC-01	21° 7'16.22"	103° 8'49.71"	Sedimentos Lacustres	2.8	2	0.4	1.46	0.49
JC-02	21° 8'12.83"	103° 8'48.61"	Sedimentos Lacustres	3.4	6.9	1.5	1.46	0.80
JC-03	21° 9'50.64"	103° 8'26.78"	Sedimentos Lacustres	7	10.4	2	1.46	1.46
JC-24	21°13'0.21"	103° 9'27.95"	Sedimentos Lacustres	5.8	25.3	4.5	1.46	1.95
JC-05	21°15'21.98"	103° 8'14.70"	Ignimbritas postextensionales	4.2	7.8	2.7	2.03	1.39
JC-18	21°39'44.76"	102°55'36.87"	Ignimbritas postextensionales	3.4	16.6	2.8	2.03	1.70
JC-28	21°29'56.99"	103° 4'49.22"	Ignimbritas postextensionales	2.8	12.4	3.7	2.03	1.41
JC-32	21°36'24.43"	102°50'52.49"	Ignimbritas postextensionales	2.5	12.1	2.4	2.03	1.26
JC-34	21°37'57.39"	102°52'1.08"	Ignimbritas postextensionales	1.7	10.7	3.7	2.03	1.11
JC-35	21°37'49.32"	102°52'12.50"	Ignimbritas postextensionales	2.8	10.1	3.2	2.03	1.26
JC-37	21°48'20.99"	102°50'4.87"	Ignimbritas postextensionales	4	15.1	4.2	2.03	1.82
JC-26	21°29'56.99"	103° 4'49.22"	Los Indios Tuff	5	20.5	6.8	2.22	2.67
JC-07	21°32'10.65"	103° 4'54.85"	Los Indios Tuff	4.9	22.5	5.4	2.22	2.68
JC-14	21°34'16.81"	102°55'50.25"	Los Indios Tuff	6.4	23.5	8	2.22	3.22
JC-16	21°35'30.06"	102°55'26.03"	Los Indios Tuff	4.4	13.8	6.2	2.22	2.13
JC-19	21°37'37.92"	103° 3'22.18"	Los Indios Tuff	2.9	14.9	5.7	2.22	1.84
JC-20	21°39'28.79"	103° 6'19.42"	Los Indios Tuff	5.3	19	7.1	2.22	2.67
JC-27	21°29'15.31"	103° 6'30.26"	Boquillas Tuff	5.1	20.9	5.7	2.31	2.76
JC-06	21°32'14.82"	103° 4'47.53"	Boquillas Tuff	6.5	22.9	6	2.33	3.23
JC-13	21°34'51.74"	102°56'37.55"	San Miguel Tuff	5.5	16.9	5	2.1	2.33
JC-25	21°29'43.39"	103° 4'43.38"	San Miguel Tuff	3.7	15.9	5.4	2.1	1.93
JC-15	21°33'41.04"	102°54'55.14"	Ignimbrita del Oligoceno	6.6	22	5.4	2.5	3.39
JC-21	21°39'34.32"	03° 7'13.23"	Ignimbritas del Oligoceno	8.4	29.1	4.8	2.5	4.24
JC-33	21°37'21.54"	102°52'2.13"	Ignimbritas del Oligoceno	6.1	32.3	7.7	2.5	4.10
JC-30	21°27'2.44"	102°55'48.00"	Ignimbritas del Oligoceno	5.8	26.3	7.5	2.5	3.63
JC-31	21°27'7.02"	102°55'44.56"	Ignimbritas del Oligoceno	5.1	26.6	5.6	2.5	3.34
JC-36	21°48'27.78"	02°50'6.63"	Ignimbrita Los Serna	6.7	38.2	8.2	2.6	4.84
JC-22	21°39'34.21"	103° 8'12.35"	Andesitas del Eoceno	4.3	19	3.2	2.7	2.69
JC-23	21°39'46.23"	103° 8'8.21"	Areniscas del Eoceno	1.9	11.5	2.3	2.7	1.47
JC-09	21°36'15.51"	102°58'5.60"	Andesitas del Eoceno	1.2	3.3	1.4	2.7	0.65
JC-10	21°35'47.61"	102°57'23.68"	Andesitas del Eoceno	3.1	8.8	3.2	2.7	1.67

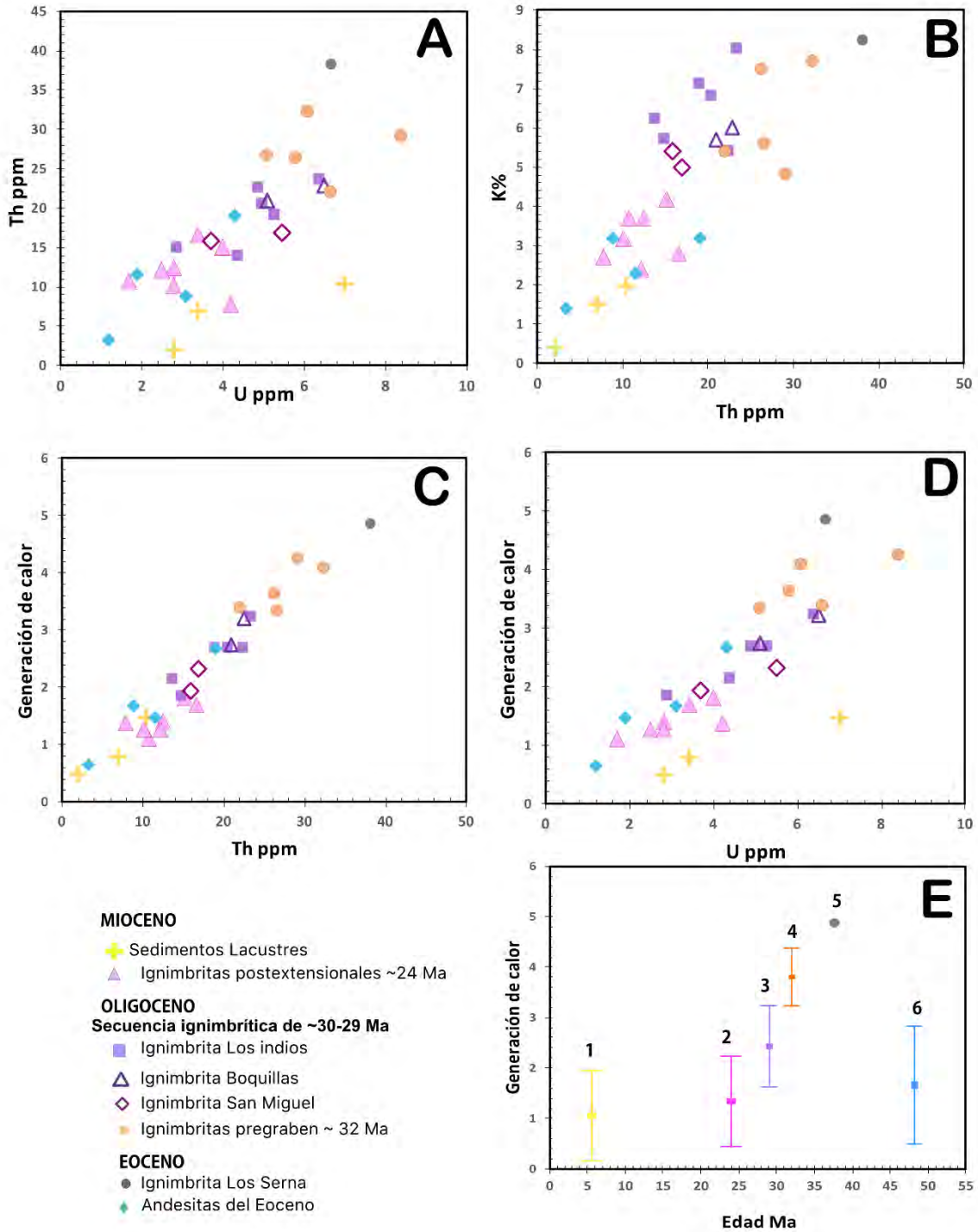
$\rho$ = Densidad

GCr=Generación de calor radiogénico

Las muestras se encuentran ordenadas de acuerdo a la unidad geologica de menor a mayor edad

El valor más alto en cuanto a la generación de calor radiogénico ( $4.84 \mu\text{Wm}^{-3}$ ) corresponde a la Ignimbrita Los Serna (Figura 7.2 E; Tabla 7.1), seguida de las ignimbritas del Oligoceno ( $3.34\text{-}4.2 \mu\text{Wm}^{-3}$ ) que producen valores relativamente más altos a los demás grupos (Figura 7.2 E; Tabla 7.1). La secuencia de Ignimbritas San Miguel, Boquillas y Los Indios que producen valores de  $1.8\text{-}3.2 \mu\text{Wm}^{-3}$  (Figura 7.2 E; Tabla 7.1). En general se puede notar que las ignimbritas tienen una generación de calor radiogénico menor al disminuir su edad (Figura 7.2 E).

Los valores arrojados por el grupo de flujos distales del Mioceno  $\sim 24\text{-}22$  Ma y sedimentos lacustres corresponden a  $0.4\text{-}1.95 \mu\text{Wm}^{-3}$  que son bastante similares a las andesitas Aréchiga ( $0.6\text{-}2.6 \mu\text{Wm}^{-3}$ ) (Figura 7.2 E; Tabla 7.1). Estos últimos grupos muestran los valores más bajos para este parámetro.



**FIGURA 7.2** Diagramas que muestran las concentraciones de U (ppm), Th (ppm) y K (%), además de la cantidad de GCr. **A.** U vs Th; **B.** Th vs K; **D.** U vs Generación de calor; **E.** Edad vs Generación de calor, donde **1**= sedimentos lacustres; **2**=Flujos distales del Mioceno (24-22 Ma) ; **3**= Secuencia ignimbrítica San Miguel, Boquillas y Los Indios ; **4**=ignimbritas de ~32 Ma; **5**=Ignimbrita Los Serna 37.8 Ma, **6**= Andesitas Aréchiga

## 8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 8.1 Evolución geológica

Las rocas que se encuentran en el sector centro sur del graben de Juchipila corresponden a dos provincias volcánicas: la Sierra Madre Occidental (SMO) y la Faja Volcánica Transmexicana. La mayoría de las unidades corresponden a la primera provincia mientras que a la segunda se le atribuyen solo la unidad de los basaltos del Mioceno medio-tardío. La integración de los análisis geocronológicos U-Pb y Ar-Ar, la petrografía que conforman las unidades reconocidas y la realización de un mapa geológico permitió distinguir los distintos eventos que ocurrieron en el área de estudio y su temporalidad. Con base en esto las rocas estudiadas se dividieron en tres grupos: unidades pre-extensionales (48-32 Ma), grupo volcánico sin-extensional (30-26) y unidades post-extensionales (24-5 Ma).

Las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio están conformadas por lavas andesíticas de 48.1 Ma (Webber et al., 1994). Al norte del área de estudio, en la continuación del graben Beltran-Martinez (2019) reporta ignimbritas de 47.50 y 37.8 Ma, las cuales se correlacionan con el primer pulso ignimbrítico que se ha documentado en la SMO y que aflora principalmente en los estados de Chihuahua, Sonora, Sinaloa (Ferrari et al., 2017, Aguirre-Díaz 1991) así como en Durango, donde Loza-Aguirre (2012) reporta ignimbritas con edades de 51 a 38 Ma. En la Mesa Central, Nieto-Samaniego et al. (1996 y 1999) reportan una secuencia de ignimbritas silíceas, lavas andesíticas y domos riolíticos con edades de 51.7-37.6 Ma que también corresponden a este episodio volcánico. Los pulsos ignimbríticos del Eoceno se interpretan como evento precursor del episodio ignimbrítico mayor que tuvo lugar en el Oligoceno (Ferrari et al., 2007) (ver figura 8.1 A).

En el sector centro y sur del graben de Juchipila las ignimbritas correspondientes al pulso del Eoceno están ausentes, solo es posible reconocer a las andesitas Aréchiga. Ambas unidades se encuentran cubiertas por una secuencia de areniscas masivas siliciclasticas con edad máxima de depósito de  $\sim 33$  Ma, y que contienen circones del Cretácico-Paleoceno y tienen espesores importantes de hasta 300-400 m, representando un hiatus entre el vulcanismo del Eoceno y Oligoceno. En particular, en la zona de estudio este hiatus dura  $\sim 16$  Ma (Figura 8.1 A).

A los  $\sim 32$  Ma se registró el emplazamiento de ignimbritas distales constituidas de depósitos de flujos de ceniza altamente soldados y desvitrificados, que se pueden correlacionar con la etapa inicial del pulso ignimbrítico del Oligoceno, el cual se encuentra distribuido prácticamente en toda la SMO y la Mesa Central (Figura 8.1 A) (Ferrari et al., 2002; Bryan et al., 2014).

El emplazamiento de una secuencia volcánica con distribución y fuente local representa un nuevo episodio volcánico. A estas unidades volcánicas fueron descritas con los nombres informales de *San Miguel Tuff*, *Boquillas Tuff*, y *Los Indios Tuff* con edades de trazas de fisión en circones de  $25.2 \pm 2.2$  Ma,  $25.3 \pm 2.4$  Ma y  $25.9 \pm 2.5$ , respectivamente (Webber et al., 1994). Esta secuencia está constituida por tobas de caída, sobreyacidas por ignimbritas densamente soldadas con litofisas en su cima, a su vez sobreyacidas por una ignimbrita de gran extensión rica en líticos de diferente tamaño.

Una de las aportaciones de este trabajo fue la obtención de nuevas edades para esta secuencia ignimbrítica. La mayoría de los análisis en circones arrojó edades discordantes, que pueden deberse a pérdida de plomo radiogénico ocasionado por algún proceso que produjo que el sistema U-Pb no permaneciera cerrado, un exceso de plomo común o bien un bajo contenido de U (Schoene, 2014). Debido a esto se decidió realizar tres fechamientos adicionales por el método Ar-Ar para comprobar la edad de la ignimbrita Los Indios. Sin embargo, los resultados son comparables con las de U-Pb.

Las nuevas edades obtenidas en este trabajo indican que este paquete de ignimbritas fue emplazado entre 30 y 29 Ma (Figura 8.1 B) durante el inicio de la extensión que formó el graben, debido a su distribución en gran medida al interior del mismo y la



presencia de zonas de alimentación cercana a las fallas de borde. Por esta razón se interpretaron como ignimbritas sin-extensionales. Aguirre-Díaz et al., 2008 propone las ignimbritas de la SMO son emitidas por fisuras producidas por el sistema de fallas regionales que conforman los grábenes a lo que llama graben caldera.

Esta actividad culminó con el emplazamiento de lavas riolíticas que se encuentran asociadas a las zonas de alimentación (Figura 8.1 C). El emplazamiento de lavas riolíticas al final de la actividad ignimbritica sugiere que después de las erupciones explosivas que originaron a las ignimbritas se dio una despresurización de la cámara magmática, lo que dio lugar a un cambio a una actividad efusiva. Posteriormente, son emplazadas lavas máficas alcalino-sódicas (25.9 y 23.5 Ma) que fueron emitidas a lo largo de las fallas de borde del graben (Figura 8.1 C). La efusión de estas lavas de fuentes primitivas y firma intraplaca indica el ascenso de fundidos astenosférico asociados a una importante extensión litosférica regional Martínez-Reséndiz 2016, casos similares fueron reportados en Nazas-Rodeo por Aranda-Gómez et al., (1997). Estos fundidos basálticos pueden haber fundido partes de la corteza continental y haber provocado la formación de los magmas silícicos que dieron origen a las ignimbritas. La llegada en superficie de estos basaltos después de casi 3 Ma de las ignimbritas indica que para ese entonces la corteza superior y las cámaras silícicas ya eran lo suficientemente frías para que los magmas máficos pudieran atravesarlas a lo largo de fallas frágiles.

A los ~ 24-22 Ma se emplazan flujos de ceniza al interior del graben que se encuentran cubriendo a las unidades del Eoceno y Oligoceno. Estas ignimbritas se ven afectadas solo parcialmente por la deformación extensional que caracteriza a la zona de estudio. Estos flujos piroclásticos pueden ser correlacionados con el pulso ignimbritico del Mioceno temprano que representa el final del vulcanismo silícico explosivo en el sur de la SMO (Figura 8.1D) (Ferrari et., al 2002). Tobas de ceniza poco soldadas son reportadas en la terminación sur del graben por Silva-Fragoso (2015) quien obtiene una edad de 23. 84 Ma. Así mismo ignimbritas similares se encuentran en la terminación del graben de Taltenango, donde se reportan edades de 21-23 Ma (Nieto-Obregon et al., 1981, 1985; Moore et al., 1994). Otra secuencia de edad similar se

encuentra más al oeste en la SMO en los límites con Nayarit (secuencia de Las Canoas y de la Mesa del Nayar, 23.5 Ma y 21 Ma, Ferrari et al. 2002).

Una secuencia de limolitas intercaladas con capas de areniscas aflora en los bordes del graben. La edad máxima de depósito de esta secuencia es de  $\sim 20$  Ma y en la parte central es posible observarla ligeramente basculada y afallada, lo que indica que la deformación extensional todavía no terminaba para esta fecha (Figura 8.1 D). Representan una etapa de baja o nula actividad volcánica que está asociada a la erosión de las unidades ignimbríticas del Oligoceno y Mioceno temprano expuestas en las paredes del graben y en su interior. Más al sur Silva-Fragoso (2015) reporta sedimentos con características similares que se depositan a lo largo del Río Patitos.

Entre 13 y 10 Ma grandes cantidades de lavas máficas fueron emplazadas principalmente al sur del graben, relleno por completo la depresión tectónica. Estos flujos de lava basálticas y basáltico-andesítica marcan el inicio de la actividad volcánica de la FVTM (Figura 8.1D). Más al sur estas lavas máficas que son reportadas ampliamente en el Río Santiago donde Moore et al. (1994) los denomina Basaltos de San Cristobal y los describe como una secuencia masiva y monótona de lavas máficas con espesores de 2 a 20 m. Esta sucesión fue emplazada entre de 11 y 9 Ma de acuerdo con los fechamientos reportados en Damon et al. (1979) Nieto-Obregon et al. (1985), Moore et al. (1994) y Rossotti et al. (2002). Al sur del graben de Juchipila estos basaltos forman la gran meseta de Los Altos de Jalisco (Ferrari et al. 2000).

El emplazamiento de grandes volúmenes de estos basaltos ocasionó la interrupción del drenaje que dio lugar a la formación de un lago y la acumulación de sedimentos lacustres. La edad de los sedimentos lacustres es de  $\sim 6$  Ma (Carranza-Castañeda et al., 2013). En el sector sur del graben se encuentran basculados al SW, lo que indica que se presenta una reactivación de la actividad de las fallas posterior a los 6 Ma y que probablemente permitió que el drenaje lograra incidir en los basaltos erosionando finalmente los depósitos lacustres (Figura 8.1 E).

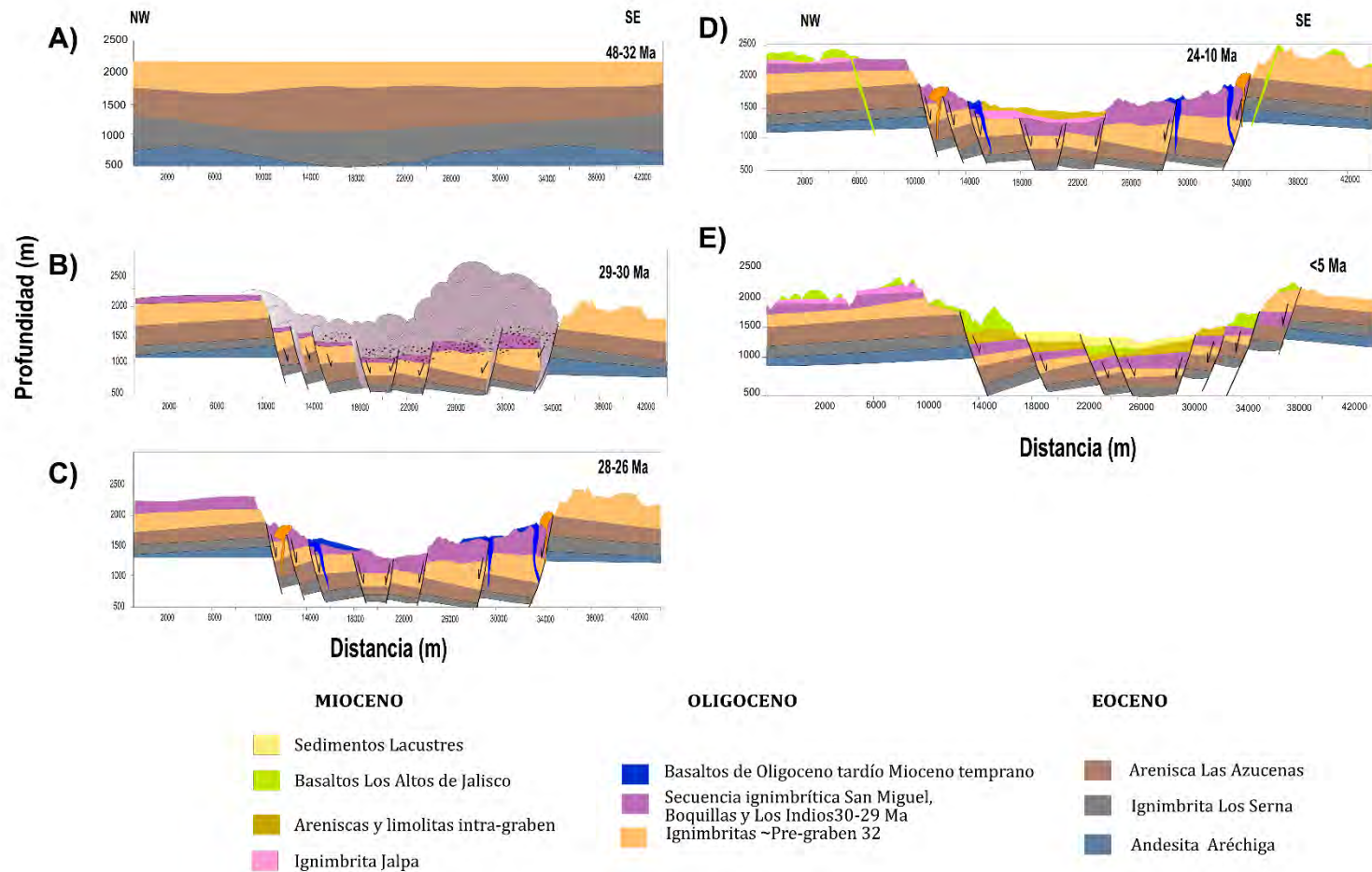


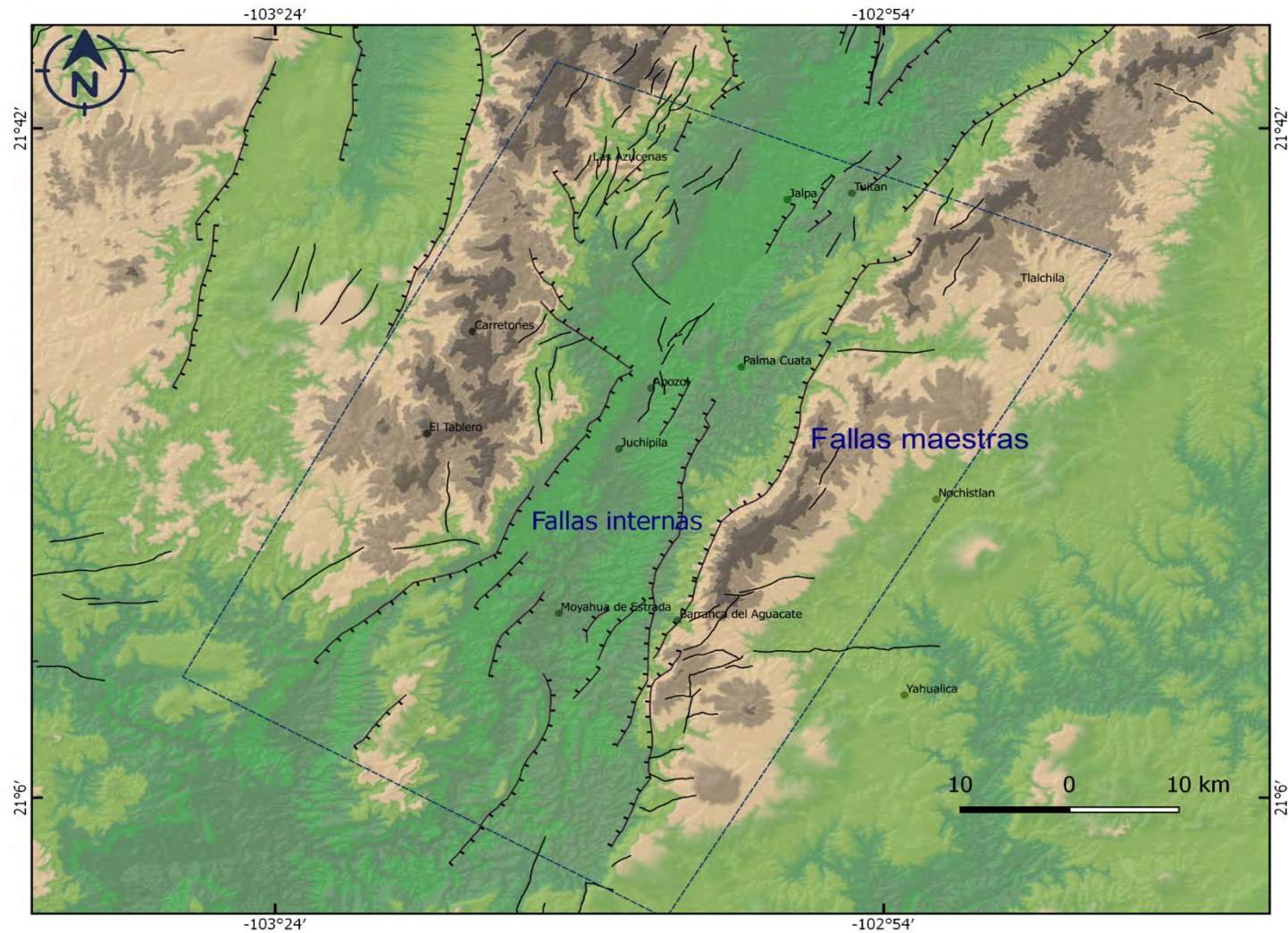
FIGURA 8.1 Evolución geológica para el graben de Juchipila

## 8.2 Tectónica local

En área de estudio convergen dos sistemas principales de fallas normales, la mayoría de estas fallas incluyendo las fallas principales tienen una dirección NNE-SSW, seguidas de fallas NW-SW. En la terminación sur del graben tenemos una cantidad menor de fallas de dirección NE-SW, que se encuentran entre la transición entre la SMO y la FVTM (Figura 8.2). El primer grupo de fallas son producto de la extensión aproximadamente E-O que da origen a la formación del graben y que es ocasionada en la etapa temprana de la extensión de la litósfera que llevo a la apertura del Golfo de California (Ferrari et al., 2013).

Las areniscas del Eoceno y las ignimbritas del Oligoceno se encuentran inclinadas hacia el SW sobre el hombro W del graben, (ver sección 1) y cortadas por fallas maestras que corresponden al primer grupo con dirección NNE-SSW. Mientras que en hombro E del graben tanto las unidades pre-extensionales como el grupo volcánico sin-extensional de encuentran con inclinaciones hacia SE (Sección 1 y 2). Una serie de fallas secundarias NW-SE y NE-SW, de menor dimensión afecta este sector (Figura 8.2). El graben se encuentra segmentado, debido a que en el sector norte afloran las unidades más antiguas, sin evidencia de deformación a partir del Mioceno medio. En ambos hombros afloran las unidades de las Andesitas del Eoceno, Areniscas del Eoceno y las Ignimbritas del Oligoceno cortadas por las fallas maestras del graben.

En el sector sur del graben existen evidencias de una reactivación de la deformación por fallas NE- SW que afectan a los basaltos del Mioceno medio-tardío y los sedimentos lacustres, lo que indica que este episodio pudo iniciar al final del emplazamiento de los basaltos, pero continuó después de ~ 6 Ma, que corresponde a la edad de la parte alta de estos sedimentos. Esta actividad puede correlacionarse con la actividad extensional de la FVTM que se encuentra bien documentada al este de Guadalajara y que afectan a los basaltos de Los Altos de Jalisco y que continua durante el emplazamiento del vulcanismo máfico (Ferrari et al., 2000a).



**FIGURA 8.2** Mapa que muestra la distribución de las fallas en el graben de Juchipila. El reconocimiento de las fallas por medio de imágenes satelitales y del trabajo de campo.

### 8.3 Correlación estratigráfica mediante la caracterización geoquímica

Las caracterizaciones geoquímicas mediante mediciones con un equipo portátil en campo fueron de gran apoyo para identificar las unidades. Se lograron reconocer características distintivas de cada grupo.

La secuencia de ignimbritas de ~30-29 Ma presentó un comportamiento heterogéneo, probablemente debido a que se trata de ignimbritas procedentes de diferentes áreas con variaciones geoquímicas en su fuente.

Los contenidos de Zn, Zr, Y, Rb y Sr permitieron hacer una discriminación entre el grupo de ignimbrita pre- y sin-extensionales, mostrando tendencias paralelas entre sí, lo que indica que las fuentes que las originaron fueron distintas (Figuras 6.2 B, C y D). Las ignimbritas Los Indios (200-600 ppm) y San Miguel (600 y 1800 ppm) mostraron los valores más altos de Sr lo que permitió diferenciarlas de la ignimbrita Boquillas.

Los flujos distales de 24 Ma siempre se separaron del grupo ~30-29 Ma y se agrupan entre sí en todos los diagramas. Una característica que distingue a las ignimbritas sin-extensionales de las post-extensionales es la anomalía de Sr bien marcada, y un enriquecimiento de Zr e Y que el segundo grupo carece (Figura 6.3).

### 8.4 Hidrotermalismo y producción de calor radioactivo en ignimbritas

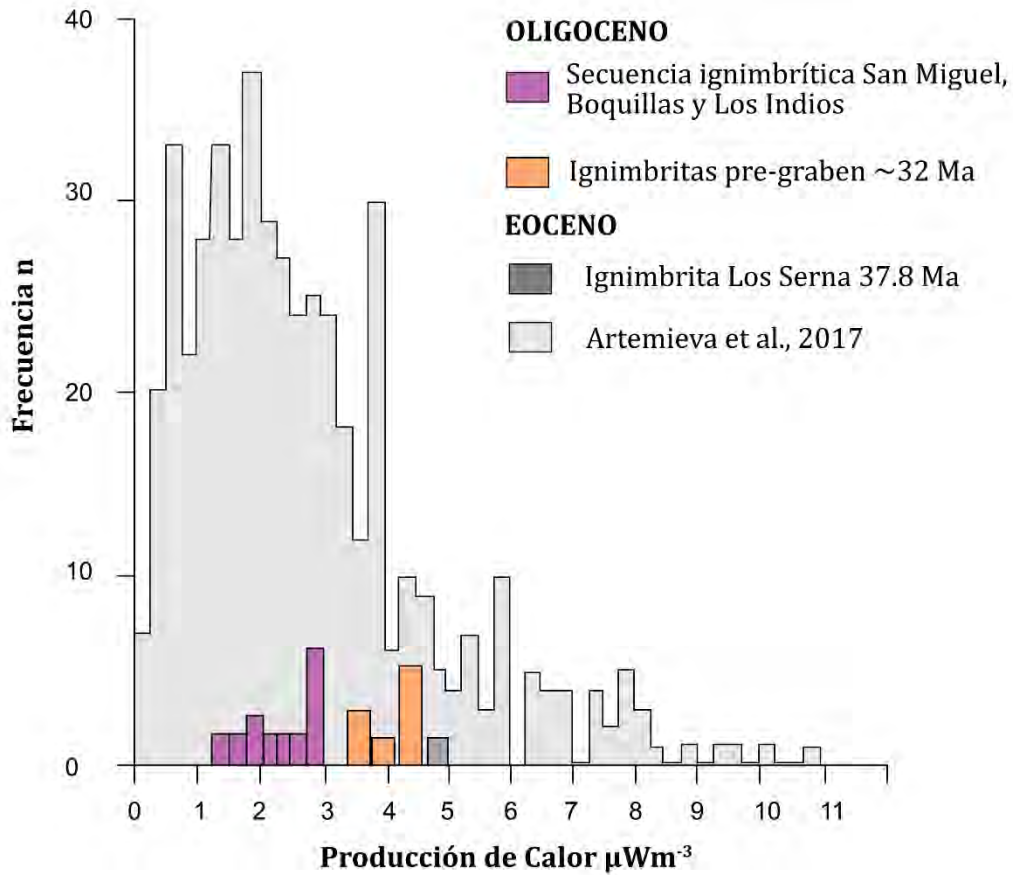
En el área del graben de Juchipila se han identificado manifestaciones termales con temperaturas de 35°C hasta 69°C (mediciones obtenidas por el grupo de hidrogeología del proyecto general) y valores de flujo de calor regional de 90-150 mWm<sup>-2</sup> (Prol-Ledesma et al., 2018). Sin embargo, la última actividad volcánica reportada en esta región tuvo lugar a finales del Mioceno 13-10.4 Ma y es de carácter máfico (ver capítulo

5). Esto sugiere la posibilidad de la presencia de un reservorio geotérmico no convencional. En este apartado se realiza una comparación de nuestros valores de generación de calor radiogénico ( $\mu\text{Wm}^{-3}$ ) obtenidos mediante espectrometría de Gamma Ray (U, Th, K) en campo (capítulo 7) con datos obtenidos en otras partes del mundo que presentan condiciones similares al graben de Juchipila.

Los análisis obtenidos para el área de estudio mostraron valores muy variables de entre 0.49 y 4.89  $\mu\text{Wm}^{-3}$ . Los valores más altos corresponden a las ignimbritas pre-graben seguidas de la secuencia ignimbrítica San Miguel, Boquillas y Los Indios ~30-29 Ma (Figura 7.2 E) lo que indica que estos paquetes ignimbríticos son los que aportan mayor contenido de calor radiogénico, presentando una tendencia decreciente del contenido de calor radiogénico con la edad de las rocas (Figura 8.1). En este trabajo se calculó la densidad real de las unidades, ya que este valor afecta de manera lineal el cálculo de producción de calor (formula 7.1). Los trabajos reportados usan un valor general de densidad para granito de 2.7  $\text{g/cm}^3$ , ligeramente mayor que los obtenidos para nuestras muestras de ignimbritas (2.1-2.6  $\text{g/cm}^3$ ).

A nivel global la producción de calor radiogénico para granitos y rocas volcánicas varía en un rango de 0.1 a 11  $\mu\text{Wm}^{-3}$ , usando una base de datos geoquímica con 108,103 datos de rocas ígneas (Artemieva et al., 2017). El análisis global revela que la producción de calor radiogénico se incrementa en rocas félsicas y con alto contenido en álcalis. En particular, Australia presenta varios sitios con altos valores de este parámetro (3-10  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ), mientras que otro estudio global solo en granitos reporta valores de 0.3-11  $\mu\text{Wm}^{-3}$  a nivel global y 6-11  $\mu\text{Wm}^{-3}$  para Australia (Figura 8.2; Artemieva et al., 2017), siendo el país con más datos reportados con altos valores en calor radiogénico.

En México, de acuerdo con Hasterok y Webb (2003) hay valores de ~0.1-9  $\mu\text{Wm}^{-3}$ , mientras que Artemieva et al. (2017) reportan valores de 2-4  $\mu\text{Wm}^{-3}$  (Figura 8.2). En ambos trabajos los datos fueron calculados a partir de la ecuación 7.1 y por medio de interpolaciones a partir de mediciones (3-10  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ). Estos últimos autores clasifican a los valores de generación de calor radiogénico en bajo (<1-2  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ), medio (2-3  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ) y alto ( $\geq 5 \mu\text{Wm}^{-3}$ ).



**FIGURA 8.3** Diagrama de frecuencias de la producción de calor radiogénico  $\mu\text{Wm}^{-3}$  para las ignimbritas del área de estudio obtenidos en este trabajo

Estudios locales en Australia indican la presencia manifestaciones termales bien documentadas sin presencia vulcanismo reciente que pueda ocasionarlas. En particular, al SW de Queensland, en el sector centro-oriental de este país, se presentan elevados gradientes geotermales (Polak and Horsfall, 1979), anomalías de flujo de calor con valores de  $55\text{-}120 \text{ mWm}^{-2}$  y producción de calor radiogénico de  $3.17\text{-}4.87 \mu\text{Wm}^{-3}$



ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE  
JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

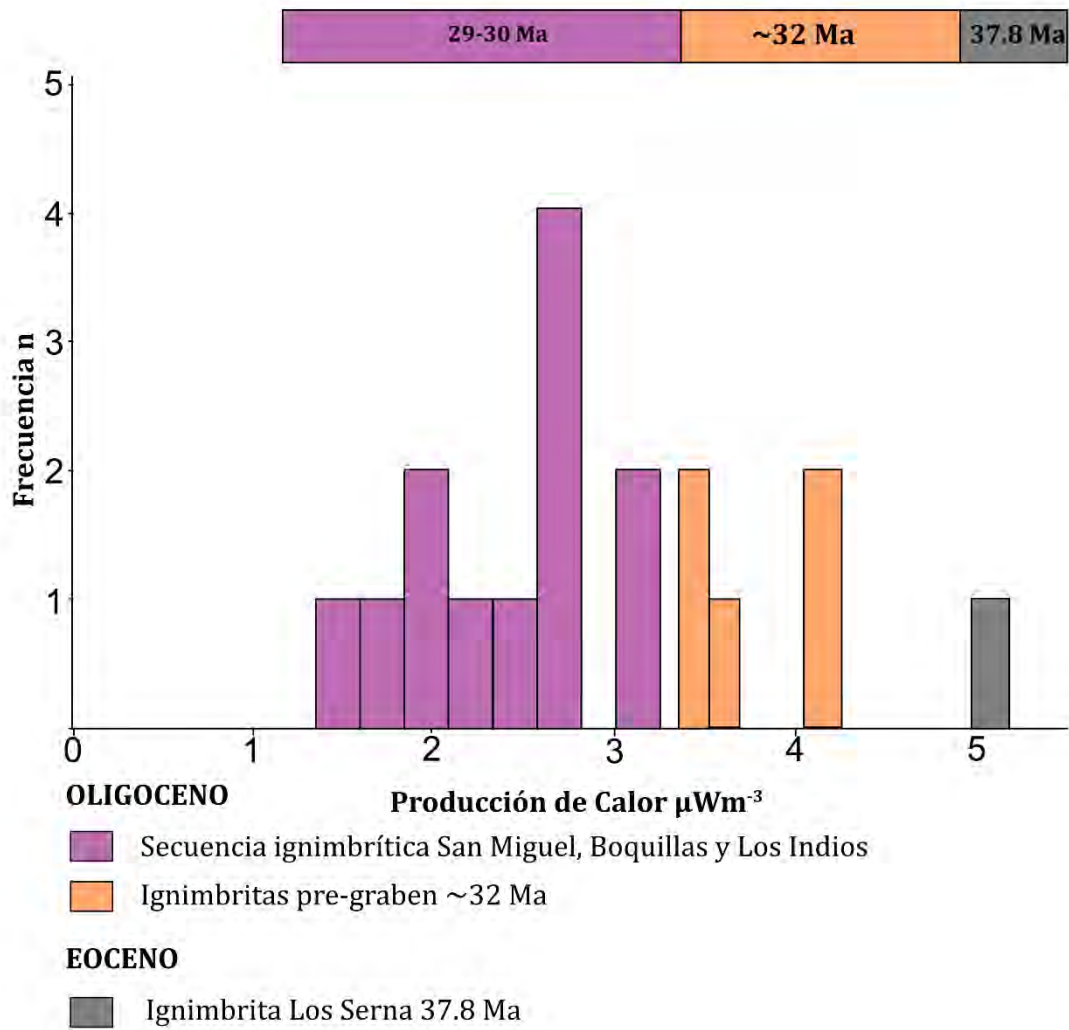
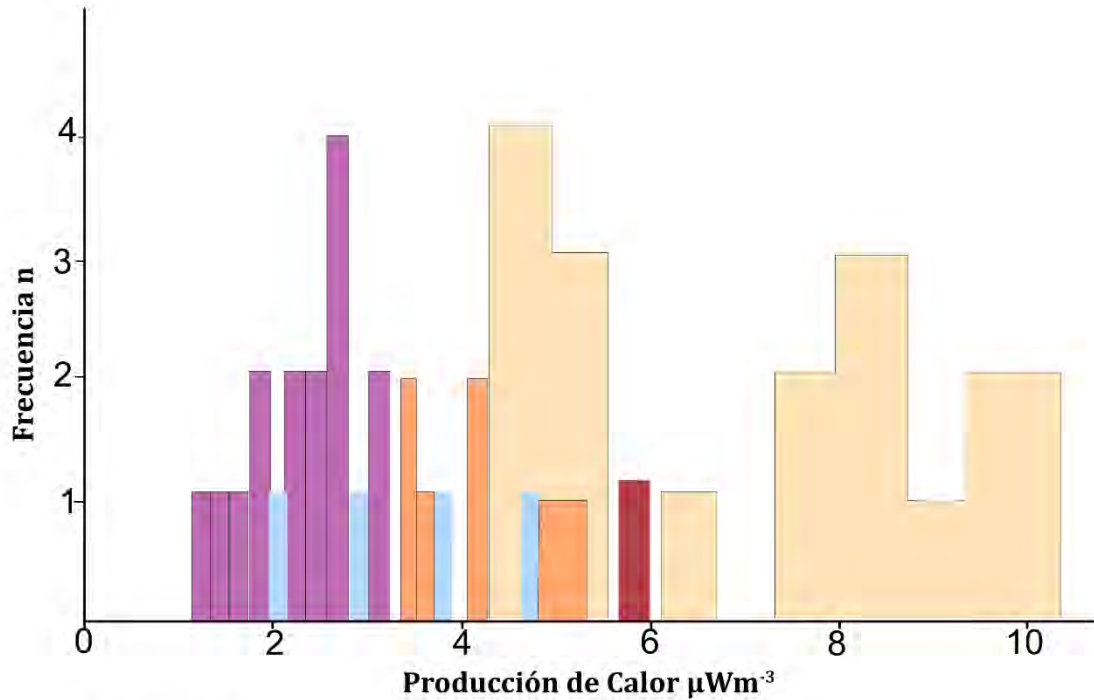


FIGURA 8.4 Diagrama de frecuencias de producción de calor radiogénico  $\mu\text{Wm}^{-3}$  para las ignimbritas del área de estudio comparados con otros trabajos a nivel mundial



**OLIGOCENO**

- Secuencia ignimbrítica San Miguel, Boquillas y Los Indios
- Ignimbritas pre-graben ~32 Ma

**EOCENO**

- Ignimbrita Los Serna 37.8 Ma

**Datos de la literatura**

- Arabia Saudita (Abbady & Al-Ghamdi, 2018)
- SW de Australia (Siégl et al., 2014)
- Australia central (Jean-Claude, Claude Jaupart 2013)

**FIGURA 8.5** Diagrama de frecuencias para las ignimbritas pre-extensionales y sin-extensionales de la producción de calor radiogénico  $\mu\text{Wm}^{-3}$  comparados con ~400 valores de granitos de todo el mundo (Artemieva et al., 2017)

en granitos (Siégl et al., 2014). En Innamincka, en el sur de Australia, se interpreta que las altas temperaturas están relacionadas al calor radiogénico que producen las rocas graníticas del Precámbrico y Paleozoico que se encuentran a profundidad, subyacidos por una cubierta sedimentaria (Middleton, 1979; Gallagher, 1987; Beadsmore, 2004).

## ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO Y SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA, JAL., ZAC., MÉXICO

---

Una serie de análisis realizados en granitos reportan valores de  $2.19-10.35 \mu\text{Wm}^{-3}$  en Arabia Saudita que están relacionados a anomalías de flujos de calor  $> 90 \text{ mWm}^{-2}$  (Abbady & Ghamdi, 2018). En la parte centro sur de Slovakia las manifestaciones termales presentan temperaturas de  $32-35 \text{ }^\circ\text{C}$  (Harley et al., 2017) y anomalías de flujo de calor de  $\sim 40-120 \text{ mWm}^{-2}$ . En este país se reportan cuerpos intrusivos de composición diorítica a granodiotirica que producen calor radiogénico de  $2.2-4.92 \mu\text{Wm}^{-3}$ .

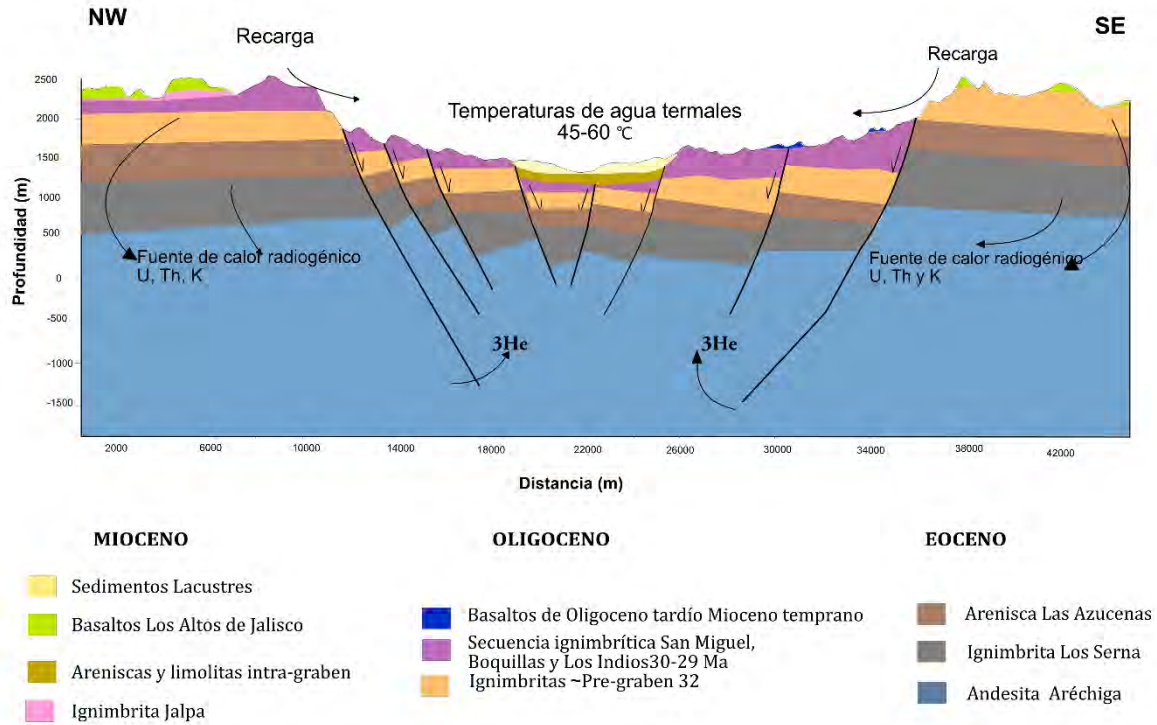
Los datos obtenidos en este trabajo se comparan con los valores medios de calor radioactivo en granitos obtenido nivel global, a excepción de la ignimbrita Los Serna que es el valor más alto del área de estudio y que se ubica justo en el límite inferior de los valores altos de la clasificación propuesta por Artemieva 2017 (Figura 8.1).

Si comparamos el calor radioactivo generado por las ignimbritas pre-graben y la secuencia de ignimbrítica San Miguel, Boquillas y Los Indios (30-29 Ma) con trabajos locales podemos ver que los datos son muy similares a los obtenidos para el SW de Australia, Australia central y Slovakia (Figura 8.2). Mientras que los reportados en Arabia Saudita son casi el doble de los valores obtenidos para Juchipila. Todos los estudios consultados para comparación proceden de áreas donde existen anomalías de flujo de calor no asociados a actividad volcánica reciente (condiciones similares a las de Juchipila) y debido a que el calor producto de elementos radioactivos como el U, Th y K tiene una significativa contribución en el calor generado en el planeta (Hurley & Fairbairn, 1953 y Rybach, 1976), se infiere que los granitos pueden ser las principales rocas productoras de calor radiogénico.

En este trabajo decidimos analizar a las secuencias ignimbríticas que se encuentran directamente por debajo de sedimentos siliciclásticos y lacustres. Sin embargo, el termalismo en Juchipila puede ser provocado también por el calor producido por el decaimiento radioactivo en rocas más antiguas como las ignimbritas del Eoceno y del Oligoceno (Figura 8.6).

Por otro lado, estudios realizados por el grupo de hidrogeoquímica del proyecto indican que la composición de los isótopos de He de las aguas del graben es principalmente de

origen atmosférico pero que existe una contribución de He mantelico de hasta 16 % en muestras de agua termal, que es justificado por la probable presencia de fallas profundas que facilite el ascenso de fluidos calientes provenientes de la astenosfera (Billarent et al., 2019). Esto podría significar que existe más de un proceso que está generando altas temperaturas en el graben de Juchipila (Figura 8.6).



**FIGURA 8.6** Modelo conceptual del graben del origen de calor en el graben de Juchipila

## 9. REFERENCIAS

- Abbady, G.E. A, Al-Ghamdi A. H., 2018. Heat production rate from radioactive elements of granite rocks in north and southeastern Arabian shield Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. 11, 281-290.
- Abbady, G.E. A, El-Arabi, A. M., Abbady A., 2006. Heat production rate from radioactive elements in igneous and metamorphic rocks in Eastern Desert, Egypt. *Applied radiation and isotopes*.
- Abbasi, S. A., & Abbasi, N. 2000. The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources, *Applied Energy*, 65, 121-144.
- Aguirre-Díaz, G. J., McDowell, F. W., 1993. Nature and Timing of faulting and synextensional magmatism in the southern Basin and Range, central-eastern Durango, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 105, 1435-1444.
- Aigner T., Scauer M., Junghans W. D., L. Reinhardt., 1995. Outcrop gamma ray logging and its applications: examples from the German Triassic. *Sediment Geology* 100 47-61
- Armstead, H.C.H., *Geothermal Energy*, E. & F.N. Spon, London, 1983, 404 pp.
- Artemieva I., Thybob H., Jakobsena K., Sørensen K., Nielsena S.K., 2017. Heat production in granitic rocks: Global analysis based on a new data compilation GRANITE2017. *Earth-Science Reviews* 172, 1-26.
- Artemieva, I., 2006. Global 1\*1 thermal model for the continental lithosphere: implications for lithosphere secular evolution. *Tectonophysics* 416, 245-277.
- Artemieva, I., Mooney, W., 2001. Thermal thickness and evolution of Precambrian lithosphere: a global study. *Journal of Geophysical Research* 106, 16387-16414.
- Ashwal, L., Morgan, P., Kelley, S., Percival, J., 1987. Heat production in an Archean crustal profile and implications for heat flow and mobilization of heat-producing elements. *Earth Planet. Sci. Lett.* 85, 439-450.
- Attia. T. E., Wahid Ahmed M., 2016. Role of uranium in controlling radiogenic heat production based on gamma ray spectrometry and thermal remote sensing data, southwestern Sinai, Egypt. *Environ Earth*. 296, 1-17.

- Barbier, E. and Fanelli, M., Non-electrical uses of geothermal energy, *Prog. Energy Combustion Sci.*, 3, 1977, 73-103.
- Barbier, E., 2002. Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(1), 3-65.
- Bernal, J.P., Lozano-Santacruz, R., 2005. Characterization of a new set of eight geochemical reference materials for XRF major and trace element analysis. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22, no. 3, p. 329-344.
- Bertani, R. 2016. Geothermal power generation in the world 2010-2014 update report. *Geothermics*, 60, 31-43.
- Blackwell, D., Richards, M. C. (2004). The 2004 geothermal map of North America, explanation of resources and applications. *Geothermal Resource Council Transactions*, 28, 317-320
- Bonin, B., 2007. A type granites and related rocks: evolution of a concept, problems and prospects. *Lithos* 97, 1-29.
- Botero-Santa, A. P., Origen y evolución de la falla de El Bajío en su sector noroeste. Tesis de Maestría. UNAM, 113p.
- Brady, R., Ducea, M., Kidder, S., Saleeby, J., 2006. The distribution of radiogenic heat production as a function of depth in the Sierra Nevada Batholith, California. *Lithosphere* 86, 229-244.
- Brouwer, P. (2013). *Theory of XRF (4ta edition)* Holanda: PANalytical B. V.
- Bush, L. 2011 Provides current information on X-ray fluorescence technology and applications. Written in a nontechnical manner accessible to the layperson, but contains enough detail to be relevant to professionals in the field of X-ray fluorescence. "The Dynamic World of X-ray Fluorescence." *Spectroscopy* 26 40-44.
- Carranza-Castañeda C., Aranda-Gómez J., Wang X, Iriondo A., 2013. The early late Hemphillian (Hh2) faunal assemblage from Juchipila Basin, State of Zacatecas, México and its biostratigraphic correlation with other Hemphillian faunas in central México. *Contributions in Science*, 521, 13-49.
- Chamorro-Camazón, C. (2009), "Energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos. Estado actual y perspectivas a nivel mundial", *Dyna*, vol. 84 (1), pp. 44-51
- Comisión Federal de Electricidad (2010). Disponible en: [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx) Gutiérrez-Negrín, L. C. A. y J. L. Quijano-León (2005), "Update of geothermics in Mexico", en *Proceedings of the World Geothermal Congress, Antalya, Turquía*, 24-29 de abril, 10
- Comisión Federal de Electricidad, CFE (2017) Datos compilados - página Web: <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad>.

- Correia G. G., Duarte L. V., Pereira A., Silva R. L., 2012. Outcrop gamma-ray spectrometry: Applications to the Sinemurian–Pliensbachian organic-rich facies of the Lusitanian Basin (Portugal). *Journal of Iberian Geology* 38 373-388.
- Cuenot, N., Faucher, J. P., Fritsch, D., Genter, A., Szablinski, D. 2008. The European EGS project at Soultz-sous-Forêts: from extensive exploration to power production. In *Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, IEEE (1-8).
- Danis C, O'Neill C, Lee J. 2011b Geothermal state of the Sydney Basin: assessment of constraints and techniques. *Aust J Earth Sci.* doi:10.1080/08120099.2011.606504
- Danis C., 2014. Use of groundwater temperature data in geothermal exploration: the example of Sydney Basin, Australia. *Hydrogeology Journal* 22, 87-10. DOI 10.1007/s10040-013-1070-4 Development and Utilization, UNITAR, New York, 31-57.
- Dickson BL, Scott KM., 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. *Geol Geophys* 17, 187–200
- Dickson, M.H., Fanelli, M. (2005) *Geothermal Energy: Utilization and Technology*. Earthscan Publications Ltd., 226 p.
- Duque-Trujillo, J., 2010. Geocronología (U/Pb y 40Ar/39Ar) y geoquímica de los intrusivos paleógenos de la Sierra Nevada de Santa Marta y sus relaciones con la tectónica del Caribe y el arco magmático circun-Caribeño. Tesis de Maestría. UNAM. 197 p.
- EPA (2007) Method 6200-Field portable X-Ray Fluorecence Apectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment. Enviromental Agency.
- Evaluación de la Geotermia en México, 2018, disponible en: <http://www.cre.gob.mx/documento/2027.pdf>
- Faure, G., Mensing, T. M., 2005. *Isotopes: principles and aplicaciones*, John Wiley 6 sons Inc, E. U. A, 896p.
- Ferrari L., Orozco-Esquivel, Bryan S. E, López-Martínez M., Silva-Fragoso., 2017. Cenozoic magmatism and extension in western Mexico: Linking the Sierra Madre Occidental silicic large igneous province and the Comondú Group with the Gulf of California rift. *Earth-Science Reviews*. 183,115-152.
- Ferrari L., 2016. El potencial de las energías renovables: Geotermia. *Revista de periodismo científico*, edición online marzo 2016.
- Ferrari, L., Lopez-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., Carrasco-Núñez, G., 1999. Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico. From the Sierra Madre Occidental to the Mexican volcanic belt. *Geology* 27, 303–306.

- Ferrari, L., López-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., Carrasco-Núñez, G., 1999. Spacetime patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: from the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt: *Geology*, 27, 303-306.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., Carrasco-Núñez, G., 1999. Spacetime patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: from the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt: *Geology*, 27, 303-306.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Orozco-Esquivel, T., Bryan, S., Duque-Trujillo, J., Lonsdale, P., Solari, L., 2013. Late Oligocene to Middle Miocene rifting and synextensional magmatism in the southwestern Sierra Madre Occidental, México: The beginning of the Gulf of California rift. *Geosphere*, 9, 5. doi:10.1130/GES00925.1
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Rosas-Elguera, J., 2002. Ignimbrite flareup and deformation in the southern Sierra Madre Occidental, western Mexico implications for the late subduction history of the Farallon Plate: *Tectonics*, 21, 10.1029/2001TC001302.
- Ferrari, L., Morán-Zenteno, D., González-Torres, E.A, 2007. Actualización de la Carta Geológica de México, escala 1:4,000,000: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Nuevo Atlas Nacional de México.
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas, S., Romero, F., 2000. Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block: *Geological Society of America Special Paper*, 334, 65-84.
- Ferrari, L., Rosas-Elguera, J., 2000. Late Miocene to Quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico: the Tepic-Zacoalco rift revised: *Geological Society America Special Paper* 334, 41-64.
- Ferrari, L., Valencia-Moreno M., Bryan S., 2005. Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de la sociedad Geologica Mexicana*, 3, 343-378.
- Garnish, J.D., ed., Proceedings of the First EEC/US Workshop on Geothermal Hot- Dry Rock Technology, *Geothermics* 16, 1987, 323—461.
- Gastil, R. G., Krummenacher D., Jensky W. E., 1978, Reconnaissance geology of west-central Nayarit, Mexico: Geological Society of America, text to accompany Map and Chart Series, Map MC-24.
- Gastil, R. G., Krummenacher, D., Minch, J., 1979, The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California: *Geological Society of America Bulletin*, 90, 839-857.
- Goodstein, D. L., 2005 *Out of gas: The end of the age of oil*. New York: W.W. Norton.
- Gudmundsson, J.S., The elements of direct uses, *Geothermics*, 17, 1988, 119-136.



- Harley T. L., Westaway R., McCay T. A., 2017. Gamma-ray spectrometry in the field: Radioactive heat production in the Central Slovakian Volcanic Zone *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 338, 1–24.
- Hasterok, D., Chapan D. S., 2011. Heat production and geotherms for the continental lithosphere. *Earth and Planetary Science Letters* 59-70.
- Hasterok, D., M. Gard, Webb J., 2018. On the radiogenic heat production of metamorphic, igneous, and sedimentary rocks. *Geoscience Frontiers* 9 , 1777-1794.
- Hasterok, D., Webb J., 2017 On the radiogenic heat production of igneous rocks. *Geoscience Frontiers* 8, 919-940.
- Huttrer, G.W., The status of world geothermal power generation 1995 – 2000, *Geothermics* 30, 2001, 7-27.
- International Energy Agency (IEA), 2018, Renewables 2017 Edition, disponible en:[http://www.iea.org/bookshop/761Market\\_Report\\_Series:\\_Renewables\\_207](http://www.iea.org/bookshop/761Market_Report_Series:_Renewables_207) intrusivos paleógenos de la Sierra Nevada de Santa Marta y sus relaciones con la tectónica del Caribe y el arco magmático Circun-Caribeño. Tesis de Maestría. UNAM. 197 p.
- Jaupart, C., Mareschal, J.-C., 2003. Constraints on crustal heat production from heat flow data. In: Rudnick, R.L. (Ed.), *The Crust, Vol. 3 Treatise on Geochemistry* (Eds. H.D. Holland and K.K. Turekian). Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 65–84.
- Krause, K. W., 1984. Stratigraphy, geochemistry and petrology of the Juchipila volcanic sequence and caldera complex, Juchipila, Zacatecas, México. Thesis, University of New Orleans, New Orleans, LA, 167p.
- Lahiere L., 1982. Petrology of lacustrine deposits, Juchipila quadrangle, Zacatecas, Mexico. Thesis, University of New Orleans, New Orleans, LA, 85p.
- Lewis, T., Hyndman, R., Flück, P., 2003. Heat flow, heat generation, and crustal temperatures in the northern Canadian Cordillera: thermal control of tectonics. *J. Geophys. Res.* 108, 2316. doi:10.1029/2002JB002090.
- Lopez, J. C., 1991. Stratigraphy and petrology of Miocene-Pliocene lacustrine deposits, Juchipila quadrenge, Zacatecas, México. Thesis, University of New Orleans, New Orleans, LA, 219p
- Loza-Aguirre, I., Nieto-Samaniego, Á., Alaníz Álvarez, S.A., Ortega-Obregón, C., 2012. Cenozoic volcanism and extension in northwestern Mesa Central, Durango México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64, 2, p. 243–263
- Lozano-Santa Cruz, R., Verma, S.P., Girón, P., Velasco- Tapia, F., Morán-Zenteno, D., Viera, F., Chávez, G., 1995. Calibración preliminar de fluorescencia de rayos X para análisis cuantitativo de elementos mayores en rocas ígneas: *Actas INAGEQ*, 1, p. 203–208.

- Lozano, R., Bernal, J.P., 2005, Assessment of eight new geochemical reference materials for XRF major and trace element analysis: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(3), 329-344.
- Luhr, J. F., Henry, C. D, Housh, T. B., Aranda-Gómez, J. J., McIntosh, W. C., 2001. Early extension and associated mafic alkalic volcanism from the southern Basin and Range Province: Geology and petrology of the Rodeo and Nazas volcanic fields, Durango (Mexico): *Geological Society of America Bulletin*, 113, 760-773.
- Lyons, J. I., 1988. Geology and ore deposits of the Bolaños silver district, Jalisco, Mexico: *Economic Geology*, 83, 1560-1582.
- Marguá, E., and Grieken R., 2013. X-Ray Fluorescence Spectrometry and Related Techniques: An Introduction. New York: Momentum Press, <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001614898&lang=es&site=eds-live>.
- Maryland., 1995. *Gamma Ray Spectrometry in the Environment*. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX00100713341&lang=es&site=eds-live>. Accessed June 26, 2019.
- McCay A. T, Harley T. L, Younger P L., Sanderson D. C. W., Cresswell A. J., 2014. Gamma-ray Spectrometry in Geothermal Exploration: State of the Art Techniques. *Energies* 7, 4757-4780. doi:10.3390/en7084757
- McDougall, I., Harrison, T. M., 1999, *Geochronology and Thermochronology by the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Method*. Oxford University Press, 269.
- McDowell, F. W., Clabaugh, S. E., 1979. Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: *Geological Society of America Special Paper*, 180, 113-124.
- McDowell, F. W., Keizer, R. P., 1977. Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1479-1487.
- McLaren, S., Sandiford, M., Hand, M., Neumann, N., Wyborn, L., Bastrakova, I., 2003. The hot south continent: heat flow and heat production in Australian Proterozoic terranes. *Geological Society of Australia Special Publication* 22, 151-161. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2372-8.157>
- Montague, K. A., *Petrology and Geochemistry of Rhyolitic Ahs-Flow Tuff, Juchipila, Zacatecas, México*. Thesis, University of New Orleans, New Orleans, LA, 221p.

- Moore, G., Marone, C., Carmichael, I., Renne, P., 1994. Basaltic volcanism and extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt. *Geological Society of America Bulletin* 106, 383–394.
- Mori, L., Gómez-Tuena, A., Cai, Y., Goldstein, S., 2007. Effects of prolonged flat subduction on the Miocene magmatic record of the central Trans-Mexican Volcanic Belt. *Chemical Geology* 244, 452–473.
- Nieto-Obregón, J., Delgado-Argote, L., Damon, P. E., 1981. Relaciones petrológicas y geocronológicas del magmatismo de la Sierra Madre Occidental el Eje Neovolcánico en Nayarit, Jalisco y Zacatecas: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Memoria Técnica, XIV, 327-361.
- Nieto-Obregón, J., Delgado-Argote, L., Damon, P. E., 1985. Geochronologic, petrologic, and structural data related to large morphologic features between the Sierra Madre Occidental and the Mexican volcanic belt: *Geofísica Internacional*, 24, 623-663.
- Nieto-Samaniego, A. F., Ferrari, L., Alaniz-Álvarez, S. A., Labarthe- Hernández, G., Rosas-Elguera, J., 1999. Variation of Cenozoic extension and volcanism across the southern Sierra Madre Occidental volcanic province, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 111, 347-363.
- Nieto-Samaniego, A. F., Macías-Romo, C., Alaniz-Álvarez, S. A., 1996. Nuevas edades isotópicas de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 13, 117-122.
- Ordaz-Méndez, C.A., Armenta, M.F., Silva, G. R. (2011). Potencial geotérmico de la República Mexicana. *Geotermia*, 50.
- Orozco-Esquivel, M.T., Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Alvarez, S.A., 2002, Origin of rhyolitic lavas in the Mesa Central, Mexico, by crustal melting related to extension: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 118(1-2), 37-56.
- Prol-Ledesma R.M., Carrillo-de la Cruz J. L., Torres-Vera M.A., Membrillo-Abad A. S., Espinoza-Ojeda O. M., 2018. Heat Flow map and geothermal resources in Mexico. *Terra digitalis* 2, 1-15. DOI: 10.22201/igg.25940694.2018.2.51.105
- Prol-Ledesma R.M., Juarez, G. (1986). Geothermal map of Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 28, 3-4: 351-362.
- Ramos-Rosique, A., 2012. Timing and evolution of Late Oligocene to Early Miocene magmatism and epithermal mineralization in the central Bolaños Graben, southern Sierra Madre Occidental, México. Tesis de Doctorado. UNAM Kingston University. 287p.

- Roesler, T. A., 1987, The structure and stratigraphy a part of the Tepechitlan quadrangle, Zacatecas, Mexico: M.S. thesis, Univ New Orleans, 133 p
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., López-Martínez, M., Urrutia-Fucugauchi, J., 1997. Stratigraphy and tectonics of the Guadalajara region and the triple junction area, western Mexico: *International Geology Review*, 39, 125-140.
- Rossotti, A., Ferrari, L., López-Martínez, M., Rosas-Elguera, J., 2002. Geology of the boundary between the Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican Volcanic Belt in the Guadalajara region, western Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 19, 1-15.
- Roy, R., Blackwell, D., Birch, F., 1968. Heat generation of plutonic rocks and continental heat flow provinces. *Earth Planet. Sci. Lett.* 5, 1–12.
- Rybach, L., 1976. Radioactive Heat Production in Rocks and its Relations to other Petrophysical Parameters. *Pageoph*, 114, 1-9.
- Rybach, L., 1988. Determination of heat production rate. In: Hänel, R., Rybach, L., Stegena, I., *Terrestrial Handbook of Heat-flow Density Determination*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 125-142. Ch. 4.2.
- Rybach, L., Buntebarth, G., 1984. The variation of heat generation, density and seismic velocity with rock type in the continental lithosphere. *Tectonophysics* 103, 335-344.
- Shackley MS. X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology 2011. New York, Springer, 2011; <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001650955&lang=es&site=eds-live>. Accessed June 25, 2019.
- Shoene B., 2014. U-Th-Pb Geochronology. *Treatise of geochemical data*, 4, 341-370
- Siégel, C., Schrank C. E., Bryan S. E., Beardmore G. R., Purdy D.J., 2014. Heat-producing crust regulation of subsurface temperatures: A stochastic model re-evaluation of the geothermal potential in southwestern Queensland, Australia: *Geothermics* 51, 182-200.
- Silva-Fragoso, A., 2015. Tectónica y volcanismo bimodal en la zona de transición entre la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Trans-Mexicana al norte de Guadalajara, Jalisco. Tesis de Licenciatura. UNAM. 118 p.
- Šimíček, D., Bábek O., Leichmann J., 2012. Outcrop gamma-ray logging of siliciclastic turbidites: Separating the detrital provenance signal from facies in the foreland-basin turbidites of the Moravo-Silesian basin, Czech Republic: *Sedimentary Geology*, 50-64.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. (312 pp.) Blackwell, Oxford.
- Toscano, M., Pérez-López, R., 2012. Concentración de minerales pesados mediante las técnicas de bastea y su interpretación: *Enseñanza de Ciencias de la Tierra*, 20, 164.

- Torres Rodríguez V., Venegas Salgado S., Herrera Franco J., González-Partida E. (1993). Manifestaciones Termales de la República Mexicana. En: Torres Rodríguez V., Geotermia en México. Programa Universitario de Energía; Coordinación de la Investigación Científica UNAM, pp, 1-79, ISBN 968-36-3444.
- Torres, V., V. Arellano, R. M. Barragán, E. González, J. J. Herrera, E. Santoyo y S. Venegas (1993), Geotermia en México, México, Programa Universitario de Energía, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, 161 p.
- Uhrke, Victor E., Ron Jenkins, and Deane K. Smith, eds. A Practical Guide for the Preparation of Specimens for X-ray Fluorescence and X-ray Diffraction Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1998. Provides the best techniques for issues with XRF and XRD analysis. Covers material usually left for manuals along with theoretical discussion.
- Umhoefer, P. J., Dorsey, R., Willsey, S., Mayer, L., Renne, P., 2001. Stratigraphy and geochronology of the Comondú Group near Loreto, Baja California Sur, Mexico: *Sedimentary Geology*, 144, 125 – 147.
- Valencia, V.A., Righter, K., Rosas-Elguera, J., López-Martínez, M., Grove, M., 2013. The age and composition of the pre-Cenozoic basement of the Jalisco block: Implications for and relation to the Guerrero composite terrane. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 166, p. 1–24, doi: 10.1007/s00410-013-0908
- Webber, K. L., Fernández, L. A., Simmons, W. B., 1994. Geochemistry and mineralogy of the Eocene-Oligocene volcanic sequence, southern Sierra Madre Occidental, Juchipila, Zacatecas, Mexico: *Geofísica Internacional*, 33, 77-89.
- Wollenberg, H., Smith, A., 1987. Radiogenic heat production of crustal rocks: an assessment based on geochemical data. *Geophysical Research Letters* 14,295e298. <https://doi.org/10.1029/gl014i003p00295>.

# ANEXOS

## Análisis U-Pb

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias (CGEO), UNAM mediante la técnica LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry), se utilizó el sistema de ablación láser resolution M050, láser excímero (ArF) operado a 193 nm. Las concentraciones fueron calculadas empleando el zircón estándar como en Paton et al., 2010. Las incertidumbres son reportadas a nivel 2-sigma.

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes					Best age (Ma)	±2s	Disc %	
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb				±2s
JUC-06																					
Zr_Juc06 ExP2_18	913	1240	1.36	0.0607	0.0061	0.0427	0.0043	0.0051	0.0001	0.0017	0.0001	-0.03	32.9	0.9	43.1	4.5	590.0	220.0	32.9	0.9	23.6
Zr_Juc06 ExP2_15	623.2	346.8	0.56	0.1192	0.0110	0.0830	0.0075	0.0051	0.0002	0.0035	0.0003	0.21	33.0	1.3	80.9	7.1	1920.0	160.0	33.0	1.3	59.2
Zr_Juc06 ExP2_1	1387	1225	0.88	0.0723	0.0075	0.0502	0.0051	0.0052	0.0001	0.0020	0.0002	0.18	33.6	0.9	49.7	5.0	980.0	200.0	33.6	0.9	32.4
Zr_Juc06 ExP2_5	808	418	0.52	0.0726	0.0074	0.0524	0.0053	0.0052	0.0002	0.0023	0.0002	0.00	33.6	1.2	51.8	5.1	940.0	220.0	33.6	1.2	35.1
Zircon_18	546	332	0.61	0.0990	0.0120	0.0744	0.0083	0.0053	0.0002	0.0025	0.0003	0.22	33.8	1.3	72.7	7.9	1610.0	230.0	33.8	1.3	53.5
Zr_Juc06 ExP2_11	1420	1930	1.36	0.0658	0.0062	0.0479	0.0044	0.0053	0.0001	0.0018	0.0001	0.00	34.0	0.9	47.5	4.3	800.0	180.0	34.0	0.9	28.4
Zircon_07	786	1051	1.34	0.0981	0.0091	0.0718	0.0064	0.0053	0.0002	0.0021	0.0002	-0.03	34.1	1.1	70.3	6.1	1570.0	170.0	34.1	1.1	51.5
Zr_Juc06 ExP2_13	305	186.4	0.61	0.0733	0.0100	0.0549	0.0077	0.0054	0.0003	0.0023	0.0003	0.33	34.4	1.8	54.1	7.4	1070.0	280.0	34.4	1.8	36.4
Zr_Juc06 ExP2_4	488	536	1.10	0.1055	0.0084	0.0790	0.0068	0.0055	0.0002	0.0023	0.0002	0.23	35.2	1.1	77.1	6.4	1700.0	160.0	35.2	1.1	54.3
Zr_Juc06 ExP2_17	313.8	337.4	1.08	0.1290	0.0150	0.0960	0.0120	0.0055	0.0003	0.0028	0.0003	0.27	35.3	1.6	92.6	11.0	2050.0	220.0	35.3	1.6	61.9

Zircon_10	249	103	0.41	0.1510	0.0180	0.1130	0.0130	0.0055	0.0003	0.0046	0.0006	0.33	35.6	2.1	108.0	12.0	2350.0	210.0	35.6	2.1	67.0
Zircon_03	1113	418	0.38	0.0723	0.0096	0.0556	0.0075	0.0056	0.0002	0.0029	0.0004	0.20	36.2	1.6	54.8	7.2	890.0	280.0	36.2	1.6	33.9
Zr_Juc06 ExP2_7	270.8	172.6	0.64	0.1160	0.0140	0.0912	0.0100	0.0057	0.0003	0.0027	0.0003	0.01	36.6	1.9	88.3	9.8	1940.0	230.0	36.6	1.9	58.6
Zr_Juc06 ExP2	125.2	75	0.60	0.1220	0.0200	0.0940	0.0140	0.0058	0.0004	0.0032	0.0004	0.05	37.0	2.5	91.0	13.0	1950.0	270.0	37.0	2.5	59.3
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-06																					
Zircon_39_Juc06	109.3	63.3	0.58	0.1750	0.0390	0.1390	0.0280	0.0059	0.0004	0.0050	0.0007	-0.14	37.6	2.3	130.0	25.0	2510.0	380.0	37.6	2.3	71.1
Zircon_23	83.2	50.8	0.61	0.1350	0.0310	0.1210	0.0230	0.0059	0.0006	0.0048	0.0008	0.00	37.9	3.6	114.0	20.0	1920.0	460.0	37.9	3.6	66.8
Zircon_15	104.2	59.6	0.57	0.1710	0.0310	0.1310	0.0210	0.0060	0.0005	0.0052	0.0007	-0.01	38.8	2.9	127.0	18.0	2500.0	330.0	38.8	2.9	69.4
Zircon_38	666	361.9	0.54	0.1770	0.0200	0.1520	0.0160	0.0062	0.0003	0.0055	0.0009	-0.03	39.8	2.2	143.0	14.0	2590.0	200.0	39.8	2.2	72.2
Zircon_20	171.6	146.7	0.85	0.1130	0.0270	0.1030	0.0220	0.0064	0.0005	0.0034	0.0004	0.01	41.0	3.1	99.0	20.0	1670.0	480.0	41.0	3.1	58.6
Zircon_06	172.5	102.1	0.59	0.2200	0.0330	0.1960	0.0220	0.0065	0.0006	0.0064	0.0009	0.00	41.5	3.5	180.0	19.0	2950.0	250.0	41.5	3.5	76.9
Zr_Juc06 ExP2_14	283	161	0.57	0.1110	0.0120	0.1010	0.0120	0.0066	0.0003	0.0042	0.0004	0.19	42.3	1.9	97.2	11.0	1760.0	230.0	42.3	1.9	56.5
Zircon_17	148.8	83.4	0.56	0.2190	0.0270	0.2090	0.0250	0.0069	0.0004	0.0075	0.0009	0.11	44.5	2.6	191.0	21.0	2930.0	200.0	44.5	2.6	76.7
Zircon_19	293	172	0.59	0.1480	0.0210	0.1440	0.0190	0.0071	0.0004	0.0054	0.0006	0.02	45.3	2.5	135.0	16.0	2310.0	270.0	45.3	2.5	66.4
Zr_Juc06 ExP2_12	427	435	1.02	0.0736	0.0086	0.0750	0.0092	0.0073	0.0002	0.0027	0.0003	0.32	46.6	1.4	73.3	8.7	1090.0	220.0	46.6	1.4	36.4
Zircon_11	874	609	0.70	0.0636	0.0057	0.0718	0.0078	0.0079	0.0004	0.0029	0.0004	0.26	50.5	2.6	70.4	7.4	710.0	190.0	50.5	2.6	28.3
Zircon_22	490	870	1.78	0.0766	0.0095	0.0780	0.0160	0.0081	0.0004	0.0025	0.0002	0.33	51.9	2.5	76.0	15.0	1080.0	250.0	51.9	2.5	31.7
Zircon_09	669	1008	1.51	0.0722	0.0080	0.0896	0.0100	0.0090	0.0003	0.0030	0.0002	-0.12	57.8	1.7	88.4	8.9	980.0	230.0	57.8	1.7	34.6

Zircon_24	401	209	0.52	0.0835	0.0110	0.1070	0.0140	0.0092	0.0003	0.0043	0.0005	0.24	59.2	2.2	103.0	13.0	1300.0	240.0	59.2	2.2	42.5
Zr_Juc06 ExP2_9	125.4	96.1	0.77	0.1440	0.0180	0.1900	0.0220	0.0094	0.0004	0.0054	0.0006	0.06	60.1	2.8	175.0	19.0	2310.0	200.0	60.1	2.8	65.7
Zr_Juc06 ExP2_2	347.4	207.4	0.60	0.0809	0.0074	0.1034	0.0087	0.0095	0.0003	0.0044	0.0004	-0.10	60.9	2.1	99.8	8.0	1260.0	180.0	60.9	2.1	39.0
Zr_Juc06 ExP2_6	332.8	156.4	0.47	0.0782	0.0082	0.1031	0.0110	0.0096	0.0003	0.0046	0.0005	-0.03	61.3	2.0	99.4	9.9	1120.0	200.0	61.3	2.0	38.3
Zircon_14	356	176.5	0.50	0.0891	0.0095	0.1180	0.0130	0.0096	0.0004	0.0045	0.0005	0.15	61.7	2.3	113.1	11.0	1350.0	210.0	61.7	2.3	45.4
Zircon_02	164.4	82.8	0.50	0.3040	0.0450	0.3750	0.0440	0.0097	0.0007	0.0158	0.0019	-0.04	62.3	4.6	320.0	33.0	3480.0	230.0	62.3	4.6	80.5
Zr_Juc06 ExP2_3	58.3	26.4	0.45	0.2890	0.0330	0.4040	0.0420	0.0109	0.0006	0.0163	0.0020	0.03	69.7	4.1	346.0	29.0	3380.0	160.0	69.7	4.1	79.9
Zr_Juc06 ExP2_19	55.3	24.6	0.44	0.2960	0.0430	0.4730	0.0710	0.0122	0.0010	0.0242	0.0035	0.30	78.3	6.0	396.0	47.0	3390.0	220.0	78.3	6.0	80.2



Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-06																					
Zircon_13	306	97.3	0.32	0.0919	0.0092	0.1580	0.0150	0.0130	0.0005	0.0086	0.0010	0.00	83.3	3.2	151.0	13.0	1410.0	190.0	83.3	3.2	44.8
Zr_Juc06 ExP2_16	993	92.6	0.09	0.0612	0.0040	0.1168	0.0078	0.0141	0.0004	0.0094	0.0008	-0.02	90.2	2.3	112.1	7.1	629.0	140.0	90.2	2.3	19.5
Zircon_12	98.8	49.9	0.51	0.1230	0.0150	0.2610	0.0290	0.0158	0.0009	0.0091	0.0011	-0.09	101.0	5.6	233.0	23.0	1920.0	230.0	101.0	5.6	56.7
Zircon_01_Juc06	414	481	1.16	0.0770	0.0090	0.1690	0.0190	0.0161	0.0005	0.0060	0.0005	-0.19	103.1	3.0	158.0	16.0	1080.0	240.0	103.1	3.0	34.7
Zr_Juc06 ExP2_10	126	111	0.88	0.1840	0.0170	0.4700	0.0470	0.0193	0.0008	0.0136	0.0016	0.37	122.9	5.1	393.0	33.0	2660.0	160.0	122.9	5.1	68.7
Zr_Juc06 ExP2_8	376	84.2	0.22	0.0694	0.0046	0.9190	0.0570	0.0973	0.0022	0.0306	0.0031	0.05	599.0	13.0	662.0	30.0	930.0	150.0	599.0	13.0	9.5
Zircon_16	239.3	58	0.24	0.0749	0.0046	1.2690	0.0820	0.1237	0.0025	0.0425	0.0033	0.11	752.0	14.0	831.0	36.0	1054.0	120.0	752.0	14.0	9.5
Zircon-18	193	83	0.43	0.1800	0.7000	0.0480	0.0110	0.0004	0.0001	0.0019	0.0004	0.41	2.7	0.7	49.0	10.0	-23000.0	27000.0	2.7	0.7	94.5

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes						Best age (Ma)	±2s	Disc %
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s			
JUC-33																					
Zr_Juc33_Exp2_27	347.2	187.9	0.54	0.1050	0.0160	0.0560	0.0075	0.0041	0.0003	0.0026	0.0003	0.03	26.5	1.7	55.2	7.2	1620.0	260.0	26.5	1.7	<del>52.0</del>
Zircon-03_1	368.2	176.5	0.48	0.0520	0.0130	0.0362	0.0093	0.0048	0.0002	0.0021	0.0006	0.19	30.8	1.5	36.0	9.1	300.0	560.0	30.8	1.5	14.4
Zircon-06_1	2420	1240	0.51	0.0508	0.0054	0.0348	0.0037	0.0050	0.0002	0.0017	0.0002	0.21	32.0	1.0	34.7	3.6	190.0	220.0	32.0	1.0	7.8
Zr_Juc33_Exp2_26	763	1240	1.63	0.0765	0.0089	0.0533	0.0063	0.0050	0.0002	0.0018	0.0002	0.57	32.2	1.2	52.7	6.0	1150.0	230.0	32.2	1.2	<del>38.9</del>
Zr_Juc33_Exp2_19	1115	508	0.46	0.0663	0.0061	0.0474	0.0044	0.0051	0.0002	0.0023	0.0002	0.06	32.9	1.2	46.9	4.3	780.0	200.0	32.9	1.2	29.9
Zr_Juc33_Exp2_11	660.4	483	0.73	0.0860	0.0120	0.0611	0.0085	0.0051	0.0003	0.0022	0.0003	0.07	33.0	1.7	60.1	8.1	1380.0	280.0	33.0	1.7	<del>45.1</del>
Zircon-34_Juc33	2862	3890	1.36	0.0574	0.0064	0.0411	0.0045	0.0052	0.0001	0.0018	0.0001	0.05	33.1	0.9	40.8	4.4	440.0	250.0	33.1	0.9	18.9
Zr_Juc33_Exp2_22	528.3	241.2	0.46	0.0980	0.0120	0.0703	0.0086	0.0052	0.0002	0.0029	0.0003	0.16	33.4	1.4	68.8	8.2	1540.0	250.0	33.4	1.4	<del>51.5</del>
<del>Zircon-31</del>	<del>228</del>	<del>156</del>	<del>0.68</del>	<del>0.1620</del>	<del>0.0270</del>	<del>0.1170</del>	<del>0.0150</del>	<del>0.0052</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.0032</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.07</del>	<del>33.5</del>	<del>3.0</del>	<del>112.0</del>	<del>14.0</del>	<del>2350.0</del>	<del>270.0</del>	<del>33.5</del>	<del>3.0</del>	<del>70.1</del>
Zr_Juc33_Exp2_17	1140	509.2	0.45	0.0682	0.0053	0.0493	0.0050	0.0052	0.0002	0.0020	0.0002	0.31	33.5	1.2	48.8	4.9	850.0	160.0	33.5	1.2	<del>31.4</del>
Zircon-24	540	325	0.60	0.0524	0.0083	0.0393	0.0057	0.0052	0.0003	0.0020	0.0003	0.16	33.7	1.7	39.0	5.6	230.0	320.0	33.7	1.7	13.6
Zircon-33	646.5	378.7	0.59	0.0840	0.0120	0.0631	0.0072	0.0053	0.0003	0.0024	0.0003	0.42	33.7	1.6	62.0	6.9	1290.0	300.0	33.7	1.6	<del>45.6</del>
Zr_Juc33_Exp2_9	503	218	0.43	0.0880	0.0120	0.0657	0.0090	0.0053	0.0002	0.0031	0.0004	0.04	33.8	1.2	64.5	8.6	1290.0	280.0	33.8	1.2	<del>47.6</del>
Zircon-19_1	570	276.3	0.48	0.0593	0.0092	0.0431	0.0059	0.0053	0.0002	0.0022	0.0003	0.18	33.9	1.4	42.8	5.7	460.0	330.0	33.9	1.4	20.8

Zircon-32	585	228.6	0.39	0.0980	0.0150	0.0750	0.0110	0.0053	0.0002	0.0034	0.0006	0.14	33.9	1.3	72.9	11.0	1560.0	290.0	33.9	1.3	<del>53.5</del>
Zr_Juc33_Exp2_12	1206	686	0.57	0.0608	0.0055	0.0465	0.0040	0.0053	0.0002	0.0019	0.0002	0.03	34.0	1.3	46.1	3.9	690.0	210.0	34.0	1.3	26.2
Zircon-22	1008	377.6	0.37	0.0639	0.0066	0.0507	0.0050	0.0054	0.0002	0.0023	0.0003	0.11	34.6	1.3	50.1	4.8	780.0	210.0	34.6	1.3	<del>30.9</del>
Zr_Juc33_Exp2_7	487	256.7	0.53	0.0841	0.0100	0.0622	0.0077	0.0054	0.0002	0.0025	0.0003	0.09	34.7	1.5	61.1	7.3	1170.0	270.0	34.7	1.5	<del>43.2</del>
Zr_Juc33_Exp2_8	512	113.4	0.22	0.0764	0.0069	0.0572	0.0053	0.0054	0.0002	0.0038	0.0005	0.16	34.7	1.2	56.4	5.1	1070.0	190.0	34.7	1.2	<del>38.5</del>
Zircon-16_1	503	270.3	0.54	0.0810	0.0120	0.0634	0.0089	0.0054	0.0002	0.0024	0.0003	0.10	34.8	1.5	62.1	8.5	1080.0	330.0	34.8	1.5	<del>44.0</del>
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-33																					
Zr_Juc33_Exp2_14	<del>230.8</del>	<del>175.8</del>	<del>0.76</del>	<del>0.2340</del>	<del>0.0360</del>	<del>0.1860</del>	<del>0.0230</del>	<del>0.0054</del>	<del>0.0004</del>	<del>0.0050</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.22</del>	<del>34.9</del>	<del>2.6</del>	<del>173.0</del>	<del>20.0</del>	<del>3100.0</del>	<del>280.0</del>	<del>34.9</del>	<del>2.6</del>	<del>79.8</del>
Zr_Juc33_Exp2_2	886	410	0.46	0.0556	0.0062	0.0410	0.0045	0.0054	0.0002	0.0023	0.0002	0.14	34.9	1.1	40.8	4.3	450.0	240.0	34.9	1.1	14.5
Zr_Juc33_Exp2_3	617	291.1	0.47	0.0856	0.0095	0.0664	0.0067	0.0054	0.0002	0.0029	0.0003	0.09	34.9	1.4	65.2	6.4	1370.0	230.0	34.9	1.4	<del>46.5</del>
Zircon-09_1	899	1262	1.40	0.0500	0.0075	0.0391	0.0054	0.0055	0.0002	0.0018	0.0002	0.14	35.0	1.3	38.8	5.3	200.0	300.0	35.0	1.3	9.8
Zr_Juc33_Exp2	583.3	293.9	0.50	0.0697	0.0077	0.0511	0.0059	0.0055	0.0002	0.0024	0.0003	0.10	35.1	1.4	50.5	5.7	870.0	220.0	35.1	1.4	<del>30.5</del>
Zr_Juc33_Exp2_15	497	214.9	0.43	0.1046	0.0110	0.0766	0.0081	0.0055	0.0002	0.0037	0.0004	0.20	35.2	1.3	74.8	7.6	1650.0	210.0	35.2	1.3	<del>52.9</del>
Zr_Juc33_Exp2_24	448	232	0.52	0.1150	0.0160	0.0880	0.0110	0.0055	0.0003	0.0036	0.0005	0.21	35.4	1.7	85.4	11.0	1800.0	250.0	35.4	1.7	<del>58.5</del>

Zircon-21	462	209.7	0.45	0.0740	0.0110	0.0569	0.0080	0.0055	0.0003	0.0026	0.0003	0.06	35.5	1.6	55.9	7.7	1060.0	280.0	35.5	1.6	36.5
Zr_Juc33_Exp2_18	541.9	335.4	0.62	0.1078	0.0110	0.0822	0.0079	0.0056	0.0002	0.0031	0.0003	0.21	35.7	1.3	81.1	7.7	1750.0	190.0	35.7	1.3	56.0
Zircon-13_1	540	263.2	0.49	0.0820	0.0130	0.0640	0.0100	0.0056	0.0003	0.0025	0.0003	0.08	35.8	1.7	62.7	9.7	1200.0	320.0	35.8	1.7	42.9
Zircon-26	30.4	33.2	1.09	0.2500	0.2900	0.0660	0.0460	0.0056	0.0011	0.0017	0.0008	0.26	36.1	6.9	63.0	44.0	-3500.0	6300.0	36.1	6.9	42.7
Zircon-15_1	888	384.7	0.43	0.0733	0.0065	0.0580	0.0054	0.0056	0.0002	0.0028	0.0004	0.09	36.2	1.2	57.2	5.2	990.0	180.0	36.2	1.2	36.7
Zircon-12_1	1087	424	0.39	0.0590	0.0060	0.0471	0.0048	0.0057	0.0002	0.0023	0.0002	0.10	36.3	1.3	46.7	4.7	490.0	230.0	36.3	1.3	22.3
Zr_Juc33_Exp2_28	423.8	345.9	0.82	0.1320	0.0140	0.1053	0.0094	0.0057	0.0004	0.0031	0.0003	0.22	36.4	2.3	103.4	9.5	2130.0	190.0	36.4	2.3	64.8
Zircon-08_1	268	64.9	0.24	0.1140	0.0160	0.0910	0.0130	0.0057	0.0004	0.0064	0.0012	0.25	36.8	2.4	88.0	12.0	1780.0	260.0	36.8	2.4	58.2
Zr_Juc33_Exp2_1	218	83.7	0.38	0.1350	0.0170	0.1015	0.0110	0.0058	0.0004	0.0049	0.0006	0.19	36.9	2.8	97.9	11.0	2090.0	240.0	36.9	2.8	62.3
Zircon-27	180	102.8	0.57	0.1160	0.0200	0.0900	0.0200	0.0058	0.0005	0.0028	0.0007	0.48	37.4	3.3	92.0	16.0	1790.0	310.0	37.4	3.3	59.3
Zr_Juc33_Exp2_5	507	260.9	0.51	0.1260	0.0140	0.1033	0.0110	0.0058	0.0002	0.0036	0.0004	0.08	37.4	1.5	99.5	10.0	2070.0	200.0	37.4	1.5	62.4
Zr_Juc33_Exp2_6	328	361	1.10	0.1280	0.0130	0.1005	0.0110	0.0058	0.0003	0.0028	0.0003	0.29	37.4	1.6	96.8	10.0	2090.0	180.0	37.4	1.6	61.4
Zircon-23	504.3	261.6	0.52	0.0640	0.0110	0.0545	0.0086	0.0059	0.0003	0.0025	0.0003	0.17	37.6	2.0	53.6	8.2	650.0	360.0	37.6	2.0	29.9

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes									
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %	
JUC-33																						
Zircon-28	125.9	71.2	0.57	0.1380	0.0380	0.1070	0.0210	0.0059	0.0006	0.0044	0.0008	-0.12	38.1	3.7	103.0	19.0	1940.0	480.0	38.1	3.7	<del>63.0</del>	
Zircon-30	312	111.5	0.36	0.1230	0.0170	0.1030	0.0130	0.0062	0.0003	0.0051	0.0006	-0.01	39.8	2.1	99.0	12.0	1980.0	270.0	39.8	2.1	<del>59.8</del>	
Zr_Juc33_Exp2_29	132.3	80.6	0.61	0.2500	0.0440	0.2160	0.0200	0.0062	0.0005	0.0070	0.0010	-0.34	39.8	3.3	198.0	17.0	3150.0	260.0	39.8	3.3	<del>79.9</del>	
Zr_Juc33_Exp2_10	175	174	0.99	0.2190	0.0240	0.1810	0.0180	0.0062	0.0004	0.0045	0.0005	0.00	40.0	2.6	168.0	15.0	2920.0	180.0	40.0	2.6	<del>76.2</del>	
Zr_Juc33_Exp2_20	757	269	0.36	0.0980	0.0100	0.0860	0.0087	0.0064	0.0002	0.0045	0.0005	-0.06	40.9	1.5	83.6	8.1	1590.0	180.0	40.9	1.5	<del>51.1</del>	
Zr_Juc33_Exp2_30	700	108	0.15	0.0745	0.0084	0.0727	0.0083	0.0069	0.0002	0.0047	0.0006	-0.20	44.2	1.4	71.1	7.9	1070.0	240.0	44.2	1.4	<del>37.8</del>	
Zr_Juc33_Exp2_16	130.8	92.7	0.71	0.3140	0.0400	0.2940	0.0280	0.0071	0.0004	0.0072	0.0007	-0.37	45.3	2.7	261.0	22.0	3440.0	210.0	45.3	2.7	<del>82.6</del>	
Zircon-10_1	574	249	0.43	0.0570	0.0110	0.0610	0.0120	0.0079	0.0003	0.0033	0.0005	-0.03	50.4	1.9	60.0	11.0	280.0	370.0	50.4	1.9	16.0	
Zircon-02_Juc33	391	204	0.52	0.0530	0.0110	0.0640	0.0110	0.0081	0.0004	0.0030	0.0004	-0.31	51.8	2.6	63.0	11.0	350.0	400.0	51.8	2.6	17.8	
Zr_Juc33_Exp2_13	160.8	104.3	0.65	0.1490	0.0210	0.1760	0.0250	0.0086	0.0004	0.0061	0.0006	0.07	55.4	2.8	164.0	21.0	2230.0	250.0	55.4	2.8	<del>66.2</del>	
Zircon-17_1	59.86	40.08	0.67	0.1610	0.0300	0.2070	0.0390	0.0089	0.0007	0.0065	0.0012	0.14	57.3	4.4	199.0	32.0	2160.0	480.0	57.3	4.4	<del>71.2</del>	
Zircon-20_1	345.4	157.8	0.46	0.0533	0.0069	0.0764	0.0097	0.0100	0.0003	0.0034	0.0004	-0.14	64.1	2.0	74.4	9.2	310.0	270.0	64.1	2.0	13.8	
Zircon-04_1	<del>30.6</del>	<del>19</del>	<del>0.62</del>	<del>0.5300</del>	<del>0.1500</del>	<del>0.7100</del>	<del>0.1500</del>	<del>0.0103</del>	<del>0.0016</del>	<del>0.0233</del>	<del>0.0048</del>	<del>-0.34</del>	<del>66.0</del>	<del>10.0</del>	<del>562.0</del>	<del>90.0</del>	<del>3910.0</del>	<del>620.0</del>	<del>66.0</del>	<del>10.0</del>	<del>88.3</del>	
Zr_Juc33_Exp2_25	125.5	89	0.71	0.1150	0.0120	0.1660	0.0170	0.0103	0.0005	0.0055	0.0006	0.04	66.3	2.9	156.0	15.0	1780.0	210.0	66.3	2.9	<del>57.5</del>	
Zircon-18_1	2430	1721	0.71	0.0495	0.0037	0.0733	0.0056	0.0104	0.0003	0.0032	0.0003	0.41	66.9	1.9	71.8	5.3	170.0	170.0	66.9	1.9	6.8	
Zircon-14_1	187	127	0.68	0.0980	0.0180	0.1460	0.0260	0.0108	0.0006	0.0052	0.0009	-0.34	69.4	3.8	141.0	24.0	1410.0	440.0	69.4	3.8	<del>50.8</del>	
Zr_Juc33_Exp2_21	139.2	87.4	0.63	0.0990	0.0140	0.1540	0.0210	0.0110	0.0006	0.0060	0.0007	-0.18	70.2	3.7	144.0	18.0	1550.0	300.0	70.2	3.7	<del>51.3</del>	

Zr_Juc33_Exp2_23	158.7	102.5	0.65	0.1530	0.0190	0.2230	0.0240	0.0111	0.0005	0.0073	0.0007	0.05	71.0	3.1	204.0	19.0	2340.0	210.0	71.0	3.1	65.2
Zr_Juc33_Exp2_4	154.8	84.9	0.55	0.2020	0.0150	0.3470	0.0280	0.0121	0.0006	0.0125	0.0012	0.43	77.8	3.9	302.0	21.0	2872.0	110.0	77.8	3.9	74.2

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-33																					
Zircon-25	257.8	127.6	0.49	0.0607	0.0070	0.1260	0.0150	0.0140	0.0005	0.0058	0.0007	0.28	89.9	3.4	120.0	14.0	550.0	260.0	89.9	3.4	25.1
Zircon-07_1	272.6	226.2	0.83	0.0491	0.0089	0.1370	0.0240	0.0199	0.0010	0.0075	0.0008	-0.25	127.1	6.6	130.0	22.0	110.0	380.0	127.1	6.6	2.2
Zircon-24_1	174.2	81.4	0.47	0.2700	0.0470	0.0650	0.0091	0.0019	0.0002	0.0026	0.0005	0.07	12.1	1.3	63.6	8.7	3190.0	310.0	12.1	1.3	81.0
Zircon-19_2	793	416.9	0.53	0.1010	0.0140	0.0450	0.0057	0.0032	0.0002	0.0019	0.0002	-0.35	20.7	1.1	44.6	5.6	1550.0	310.0	20.7	1.1	53.6

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-10																					
Zircon_71_JUC10	87.8	38.2	0.44	0.0840	0.0150	0.0038	0.0007	0.0750	0.0130	0.0062	0.0004	0.07	40.0	2.7	72.0	12.0	1060.0	410.0	40.0	2.7	44.4
Zircon_72	420	215.8	0.51	0.0481	0.0060	0.0016	0.0001	0.0332	0.0039	0.0052	0.0002	0.07	33.7	1.1	33.1	3.9	60.0	240.0	33.7	1.1	-1.8
Zircon_73	549	298	0.54	0.0481	0.0052	0.0016	0.0001	0.0345	0.0037	0.0051	0.0002	0.11	32.8	1.0	34.4	3.6	130.0	220.0	32.8	1.0	4.7
Zircon_74	107.2	70.4	0.66	0.0850	0.0140	0.0026	0.0003	0.0590	0.0095	0.0058	0.0004	0.10	37.5	2.2	58.0	9.1	1190.0	350.0	37.5	2.2	35.3
Zircon_75	157.3	142.2	0.90	0.0540	0.0130	0.0019	0.0002	0.0375	0.0093	0.0052	0.0002	0.08	33.5	1.5	37.0	8.9	60.0	390.0	33.5	1.5	9.5
Zircon_76	373	223.8	0.60	0.0659	0.0100	0.0021	0.0002	0.0456	0.0077	0.0054	0.0002	0.10	34.8	1.3	46.6	7.4	730.0	280.0	34.8	1.3	25.3
Zircon_77	425	330	0.78	0.0488	0.0055	0.0018	0.0001	0.0338	0.0039	0.0050	0.0002	0.26	32.3	1.0	33.7	3.8	70.0	220.0	32.3	1.0	4.3
Zircon_78	216	125.5	0.58	0.0489	0.0120	0.0020	0.0004	0.0375	0.0092	0.0055	0.0003	0.13	35.2	1.7	37.3	8.8	170.0	330.0	35.2	1.7	5.6
Zircon_79	650	423	0.65	0.0518	0.0078	0.0017	0.0002	0.0348	0.0045	0.0050	0.0002	-0.18	32.4	1.4	34.6	4.4	230.0	260.0	32.4	1.4	6.4
Zircon_80	230	169	0.73	0.0560	0.0081	0.0016	0.0002	0.0378	0.0053	0.0052	0.0002	-0.05	33.2	1.1	37.5	5.2	290.0	260.0	33.2	1.1	11.5
Zircon_81	230.5	162.8	0.71	0.0570	0.0082	0.0019	0.0002	0.0390	0.0062	0.0051	0.0006	-0.35	32.8	3.7	38.7	5.9	270.0	270.0	32.8	3.7	15.2
Zircon_82	634	297	0.47	0.0508	0.0051	0.0019	0.0001	0.0367	0.0032	0.0054	0.0002	0.00	34.4	1.0	36.5	3.1	190.0	200.0	34.4	1.0	5.6
Zircon_83	385.7	219	0.57	0.0477	0.0059	0.0030	0.0003	0.0374	0.0042	0.0054	0.0002	0.03	34.6	1.2	37.2	4.1	70.0	230.0	34.6	1.2	7.0
Zircon_84	374	165.7	0.44	0.0496	0.0037	0.0041	0.0003	0.0937	0.0063	0.0133	0.0004	-0.12	85.3	2.3	90.8	6.0	180.0	150.0	85.3	2.3	6.1
Zircon_85	252	162	0.64	0.0580	0.0081	0.0020	0.0002	0.0408	0.0056	0.0053	0.0003	-0.05	34.3	1.9	40.5	5.5	380.0	290.0	34.3	1.9	15.3
Zircon_86	237	191	0.81	0.0515	0.0069	0.0018	0.0002	0.0386	0.0051	0.0055	0.0002	0.03	35.5	1.5	38.3	4.9	230.0	260.0	35.5	1.5	7.3
Zircon_87	4666	777	0.17	0.0495	0.0066	0.0015	0.0006	0.0347	0.0092	0.0050	0.0002	0.34	32.3	1.0	34.7	8.5	166.0	170.0	32.3	1.0	6.8



Zircon_88	183.6	120.2	0.65	0.0496	0.0051	0.0032	0.0003	0.0664	0.0071	0.0095	0.0004	0.25	60.6	2.5	65.0	6.8	150.0	200.0	60.6	2.5	6.8
Zircon_89	1629	335.6	0.21	0.0478	0.0032	0.0016	0.0001	0.0342	0.0022	0.0052	0.0002	0.19	33.6	1.0	34.1	2.1	70.0	140.0	33.6	1.0	1.5
Zircon_90	482	198.7	0.41	0.0497	0.0049	0.0016	0.0002	0.0357	0.0031	0.0051	0.0001	0.08	32.9	0.9	35.5	3.1	150.0	200.0	32.9	0.9	7.3
Zircon_91	399.6	217.1	0.54	0.0518	0.0062	0.0017	0.0002	0.0363	0.0040	0.0050	0.0002	0.02	32.2	1.1	36.1	3.9	240.0	230.0	32.2	1.1	10.8
Zircon_92	1380	276	0.20	0.0503	0.0059	0.0019	0.0001	0.0365	0.0038	0.0055	0.0002	0.04	35.3	1.4	36.3	3.7	140.0	210.0	35.3	1.4	2.8
Zircon_93	115	40.4	0.35	0.0620	0.0110	0.0048	0.0006	0.0950	0.0160	0.0115	0.0005	-0.03	73.8	3.1	91.0	14.0	450.0	290.0	73.8	3.1	18.9
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-10																					
Zircon_94	1113	230	0.21	0.0453	0.0037	0.0017	0.0001	0.0324	0.0025	0.0051	0.0001	-0.04	33.0	0.8	32.4	2.5	-10.0	160.0	33.0	0.8	-1.9
Zircon_95	6200	1186	0.19	0.0490	0.0023	0.0018	0.0001	0.0373	0.0016	0.0055	0.0001	0.30	35.3	0.7	37.1	1.6	151.0	110.0	35.3	0.7	5.0
Zircon_96	191.2	153.7	0.80	0.0670	0.0120	0.0019	0.0002	0.0459	0.0073	0.0051	0.0003	-0.23	32.5	1.8	45.4	7.0	830.0	280.0	32.5	1.8	28.4
Zircon_97	1010	181	0.18	0.0523	0.0210	0.0023	0.0007	0.0415	0.0140	0.0058	0.0002	-0.38	37.2	1.4	41.3	13.0	230.0	360.0	37.2	1.4	9.9
Zircon_98	8470	1441	0.17	0.0469	0.0020	0.0016	0.0001	0.0351	0.0014	0.0054	0.0001	0.14	35.0	0.6	35.0	1.3	53.0	95.0	35.0	0.6	0.2
Zircon_99	255	208	0.82	0.0550	0.0091	0.0017	0.0002	0.0347	0.0063	0.0047	0.0002	-0.04	30.3	1.3	34.5	6.1	220.0	310.0	30.3	1.3	12.2
Zircon_100_JUC10	136	44.1	0.32	0.1100	0.0160	0.0044	0.0005	0.0900	0.0100	0.0061	0.0003	0.12	39.4	1.9	87.0	9.5	1710.0	240.0	39.4	1.9	54.7

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes						Best age (Ma)	±2s	Disc %
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s			
JUC-19																					
Zircon_101_JUC19	292	191	0.65	0.0505	0.0072	0.0016	0.0001	0.0352	0.0045	0.0050	0.0002	-0.08	32.2	1.3	35.0	4.6	180.0	260.0	32.2	1.3	8.0
Zircon_102	<del>162.2</del>	<del>107.1</del>	<del>0.66</del>	<del>0.1190</del>	<del>0.0280</del>	<del>0.0032</del>	<del>0.0007</del>	<del>0.0910</del>	<del>0.0290</del>	<del>0.0054</del>	<del>0.0004</del>	<del>0.05</del>	<del>34.8</del>	<del>2.4</del>	<del>87.0</del>	<del>25.0</del>	<del>1690.0</del>	<del>300.0</del>	<del>34.8</del>	<del>2.4</del>	<del>60.0</del>
Zircon_103	352	247	0.70	0.0503	0.0064	0.0016	0.0002	0.0339	0.0043	0.0049	0.0002	-0.14	31.4	1.2	33.8	4.1	190.0	240.0	31.4	1.2	7.1
Zircon_104	163.4	89.1	0.55	0.0590	0.0100	0.0017	0.0002	0.0350	0.0058	0.0050	0.0002	-0.04	32.0	1.5	34.8	5.9	310.0	330.0	32.0	1.5	8.0
Zircon_105	174.7	88.5	0.51	0.0560	0.0088	0.0022	0.0003	0.0390	0.0063	0.0053	0.0003	-0.05	34.3	1.8	38.6	6.1	280.0	300.0	34.3	1.8	11.1
Zircon_106	793	790	1.00	0.0497	0.0048	0.0016	0.0001	0.0323	0.0028	0.0049	0.0001	0.09	31.2	0.9	32.7	2.7	150.0	200.0	31.2	0.9	4.5
Zircon_107	<del>167</del>	<del>143</del>	<del>0.86</del>	<del>0.3020</del>	<del>0.0240</del>	<del>0.0076</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.3220</del>	<del>0.0220</del>	<del>0.0079</del>	<del>0.0003</del>	<del>0.02</del>	<del>51.0</del>	<del>2.0</del>	<del>283.0</del>	<del>16.0</del>	<del>3460.0</del>	<del>120.0</del>	<del>51.0</del>	<del>2.0</del>	<del>82.0</del>
Zircon_108	303.6	237.1	0.78	0.0630	0.0130	0.0023	0.0002	0.0442	0.0100	0.0051	0.0002	0.02	33.0	1.3	43.7	9.5	610.0	300.0	33.0	1.3	24.5
Zircon_109	<del>209.4</del>	<del>166</del>	<del>0.79</del>	<del>0.0820</del>	<del>0.0330</del>	<del>0.0024</del>	<del>0.0010</del>	<del>0.0620</del>	<del>0.0430</del>	<del>0.0055</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.21</del>	<del>35.2</del>	<del>3.0</del>	<del>61.0</del>	<del>34.0</del>	<del>1040.0</del>	<del>380.0</del>	<del>35.2</del>	<del>3.0</del>	<del>42.3</del>
Zircon_110	<del>379</del>	<del>320</del>	<del>0.84</del>	<del>0.1240</del>	<del>0.0150</del>	<del>0.0029</del>	<del>0.0002</del>	<del>0.0920</del>	<del>0.0110</del>	<del>0.0053</del>	<del>0.0002</del>	<del>0.09</del>	<del>34.1</del>	<del>1.3</del>	<del>88.8</del>	<del>10.0</del>	<del>1980.0</del>	<del>190.0</del>	<del>34.1</del>	<del>1.3</del>	<del>61.6</del>

Zircon_111	178	108.3	0.61	0.0494	0.0084	0.0021	0.0003	0.0392	0.0064	0.0056	0.0003	-0.10	35.8	2.0	38.8	6.1	120.0	330.0	35.8	2.0	7.7
Zircon_112	181	119	0.66	0.0487	0.0088	0.0015	0.0002	0.0366	0.0066	0.0051	0.0003	0.23	33.0	1.9	37.3	6.4	160.0	300.0	33.0	1.9	11.5
Zircon_113	570	509	0.89	0.0524	0.0083	0.0015	0.0002	0.0347	0.0072	0.0048	0.0002	-0.04	30.7	1.3	34.6	6.9	220.0	280.0	30.7	1.3	11.3
Zircon_114	<del>114.5</del>	<del>60.2</del>	<del>0.53</del>	<del>0.3340</del>	<del>0.0380</del>	<del>0.0146</del>	<del>0.0018</del>	<del>0.3770</del>	<del>0.0590</del>	<del>0.0080</del>	<del>0.0007</del>	<del>0.16</del>	<del>51.2</del>	<del>4.7</del>	<del>323.0</del>	<del>38.0</del>	<del>3660.0</del>	<del>130.0</del>	<del>51.2</del>	<del>4.7</del>	<del>84.1</del>
Zircon_115	147	67.8	0.46	0.0580	0.0130	0.0021	0.0004	0.0413	0.0100	0.0053	0.0004	-0.13	34.0	2.2	40.9	9.9	380.0	380.0	34.0	2.2	16.9
Zircon_116	229	168	0.73	0.0531	0.0120	0.0016	0.0002	0.0368	0.0079	0.0049	0.0002	0.12	31.5	1.5	36.4	7.7	370.0	350.0	31.5	1.5	13.5
Zircon_117	591	600	1.02	0.0529	0.0055	0.0018	0.0001	0.0369	0.0035	0.0051	0.0001	0.04	32.9	0.8	36.7	3.4	350.0	200.0	32.9	0.8	10.3
Zircon_118	262.8	165	0.63	0.0477	0.0058	0.0016	0.0002	0.0330	0.0041	0.0049	0.0002	0.08	31.3	1.5	32.9	4.0	20.0	220.0	31.3	1.5	4.9
Zircon_119	199.8	138.1	0.69	0.0624	0.0080	0.0016	0.0002	0.0422	0.0046	0.0050	0.0002	-0.09	32.0	1.4	41.8	4.4	690.0	250.0	32.0	1.4	23.4
Zircon_120	665	692	1.04	0.0472	0.0052	0.0015	0.0001	0.0309	0.0035	0.0048	0.0002	-0.24	30.8	1.0	30.9	3.4	100.0	200.0	30.8	1.0	0.2
Zircon_121	204	138	0.68	0.0530	0.0100	0.0018	0.0003	0.0353	0.0079	0.0052	0.0002	0.04	33.4	1.4	35.1	7.6	100.0	360.0	33.4	1.4	4.8
Zircon_122	<del>135.3</del>	<del>79.9</del>	<del>0.59</del>	<del>0.6250</del>	<del>0.0400</del>	<del>0.0593</del>	<del>0.0260</del>	<del>1.9100</del>	<del>0.9300</del>	<del>0.0220</del>	<del>0.0079</del>	<del>0.93</del>	<del>140.0</del>	<del>48.0</del>	<del>1070.0</del>	<del>150.0</del>	<del>4560.0</del>	<del>90.0</del>	<del>140.0</del>	<del>48.0</del>	<del>86.9</del>
Zircon_123	<del>222.5</del>	<del>143.8</del>	<del>0.65</del>	<del>0.0630</del>	<del>0.0088</del>	<del>0.0016</del>	<del>0.0002</del>	<del>0.0428</del>	<del>0.0062</del>	<del>0.0049</del>	<del>0.0002</del>	<del>0.24</del>	<del>31.3</del>	<del>1.5</del>	<del>42.4</del>	<del>6.0</del>	<del>650.0</del>	<del>280.0</del>	<del>31.3</del>	<del>1.5</del>	<del>26.2</del>
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>			<b>Relaciones Isotópicas</b>									<b>Edades Aparentes</b>								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-19																					
Zircon_124	235	183	0.78	0.0730	0.0100	0.0019	0.0003	0.0483	0.0079	0.0047	0.0002	-0.06	30.5	1.5	47.6	7.5	920.0	250.0	30.5	1.5	35.9
Zircon_125	219.7	157.1	0.72	0.0518	0.0081	0.0017	0.0002	0.0349	0.0058	0.0050	0.0002	0.33	32.1	1.5	34.6	5.7	150.0	310.0	32.1	1.5	7.2
Zircon_126	380	328	0.86	0.0641	0.0078	0.0018	0.0002	0.0447	0.0052	0.0050	0.0002	0.00	32.3	1.1	44.3	5.0	640.0	240.0	32.3	1.1	27.1
Zircon_127	237	173.8	0.73	0.0577	0.0092	0.0018	0.0002	0.0405	0.0055	0.0049	0.0002	-0.37	31.6	1.4	40.2	5.4	480.0	290.0	31.6	1.4	21.4

Zircon_128	162.6	96.5	0.59	0.1960	0.0220	0.0054	0.0007	0.1570	0.0210	0.0058	0.0005	0.12	37.4	2.9	149.0	18.0	2830.0	180.0	37.4	2.9	74.9
Zircon_129	263	153.6	0.58	0.0493	0.0066	0.0015	0.0002	0.0358	0.0044	0.0053	0.0002	0.19	34.1	1.4	35.6	4.3	200.0	240.0	34.1	1.4	4.2
Zircon_130	230.1	167.7	0.73	0.0496	0.0074	0.0016	0.0002	0.0333	0.0050	0.0049	0.0002	0.15	31.6	1.3	33.1	4.9	80.0	280.0	31.6	1.3	4.5
Zircon_131	382.7	340.5	0.89	0.2720	0.0430	0.0064	0.0021	0.2570	0.1300	0.0070	0.0012	0.44	44.7	7.5	232.0	80.0	3303.0	160.0	44.7	7.5	80.7
Zircon_132	248	153	0.62	0.0502	0.0086	0.0016	0.0002	0.0345	0.0067	0.0050	0.0002	0.20	32.4	1.5	34.3	6.5	210.0	290.0	32.4	1.5	5.5
Zircon_133	126	66	0.52	0.1310	0.0580	0.0042	0.0012	0.0970	0.0900	0.0058	0.0008	0.20	37.5	4.9	92.0	63.0	1950.0	340.0	37.5	4.9	59.2
Zircon_134	183.1	116.9	0.64	0.0680	0.0100	0.0021	0.0002	0.0468	0.0068	0.0052	0.0002	0.18	33.7	1.4	46.2	6.6	610.0	330.0	33.7	1.4	27.1
Zircon_135_JUC19	651	628	0.96	0.0510	0.0060	0.0016	0.0001	0.0349	0.0042	0.0049	0.0001	-0.04	31.7	0.9	35.3	4.0	230.0	230.0	31.7	0.9	10.3

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes						Best age (Ma)	±2s	Disc %
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s			
JUC-31																					
Zircon_36_JUC31	206.9	115.9	0.56	0.0453	0.0076	0.0014	0.0002	0.0291	0.0048	0.0045	0.0002	0.14	29.1	1.3	29.0	4.8	-30.0	310.0	29.1	1.3	-0.3

Zircon_37	210.2	100.2	0.48	0.0397	0.0076	0.0018	0.0002	0.0282	0.0053	0.0049	0.0003	0.15	31.6	1.7	28.0	5.4	-300.0	320.0	31.6	1.7	-12.9
Zircon_38	182	84.2	0.46	0.0530	0.0110	0.0022	0.0004	0.0345	0.0062	0.0050	0.0002	-0.35	32.3	1.4	34.3	6.0	110.0	360.0	32.3	1.4	5.8
Zircon_39	620	452	0.73	0.0519	0.0060	0.0017	0.0001	0.0350	0.0039	0.0049	0.0002	-0.12	31.6	1.0	34.9	3.9	290.0	230.0	31.6	1.0	9.5
Zircon_40	213.6	119.2	0.56	0.0610	0.0091	0.0016	0.0002	0.0366	0.0051	0.0049	0.0002	-0.04	31.2	1.3	36.3	5.0	420.0	320.0	31.2	1.3	14.0
Zircon_41	310	192	0.62	0.0520	0.0075	0.0017	0.0001	0.0325	0.0046	0.0048	0.0002	0.01	30.7	1.0	32.4	4.5	280.0	250.0	30.7	1.0	5.3
Zircon_42	436	315	0.72	0.0466	0.0074	0.0018	0.0002	0.0309	0.0049	0.0047	0.0002	0.27	30.2	1.1	30.8	4.8	10.0	280.0	30.2	1.1	1.9
Zircon_43	202.1	105.9	0.52	0.0462	0.0096	0.0017	0.0003	0.0301	0.0060	0.0048	0.0002	-0.06	30.9	1.5	29.9	5.9	0.0	360.0	30.9	1.5	-3.3
Zircon_44	100.63	67.5	0.67	0.2350	0.0360	0.0072	0.0006	0.2090	0.0410	0.0065	0.0006	0.18	41.5	3.7	189.0	32.0	3000.0	220.0	41.5	3.7	78.0
Zircon_45	298.4	170.5	0.57	0.0486	0.0071	0.0017	0.0002	0.0316	0.0046	0.0047	0.0002	0.15	30.1	1.1	31.5	4.5	100.0	270.0	30.1	1.1	4.4
Zircon_46	214.6	109.8	0.51	0.0459	0.0074	0.0016	0.0002	0.0312	0.0050	0.0049	0.0002	0.33	31.6	1.4	31.0	5.0	-10.0	300.0	31.6	1.4	-1.9
Zircon_47	203.3	98.1	0.48	0.0467	0.0096	0.0017	0.0003	0.0285	0.0055	0.0048	0.0002	-0.19	30.6	1.4	28.4	5.4	-40.0	340.0	30.6	1.4	-7.7
Zircon_48	550	458	0.83	0.0443	0.0049	0.0015	0.0001	0.0297	0.0030	0.0047	0.0002	0.10	30.2	1.0	29.6	3.0	-10.0	210.0	30.2	1.0	-1.9
Zircon_49	297.4	181.2	0.61	0.0458	0.0070	0.0015	0.0001	0.0293	0.0041	0.0048	0.0002	-0.01	30.7	1.2	29.2	4.0	-100.0	260.0	30.7	1.2	-5.1
Zircon_50	175.9	86.8	0.49	0.0471	0.0094	0.0017	0.0003	0.0303	0.0056	0.0045	0.0002	0.05	28.7	1.4	30.1	5.5	80.0	350.0	28.7	1.4	4.7
Zircon_51	207.9	102.3	0.49	0.0448	0.0094	0.0019	0.0002	0.0344	0.0059	0.0051	0.0002	0.04	32.9	1.3	35.3	5.7	90.0	320.0	32.9	1.3	6.8
Zircon_52	297.6	176.6	0.59	0.0580	0.0079	0.0019	0.0002	0.0370	0.0050	0.0046	0.0002	0.04	29.8	1.3	36.7	4.8	450.0	280.0	29.8	1.3	18.8
Zircon_53	205.7	103.1	0.50	0.0580	0.0099	0.0017	0.0002	0.0385	0.0061	0.0049	0.0002	-0.24	31.8	1.5	38.2	6.0	300.0	350.0	31.8	1.5	16.8
Zircon_54	169	88.7	0.52	0.0620	0.0110	0.0018	0.0002	0.0383	0.0069	0.0049	0.0003	-0.05	31.6	1.8	37.9	6.5	540.0	350.0	31.6	1.8	16.6
Zircon_55	1451	1202	0.83	0.0487	0.0048	0.0015	0.0001	0.0312	0.0029	0.0047	0.0001	0.01	30.0	0.8	31.2	2.8	180.0	190.0	30.0	0.8	4.0
Zircon_56	165.6	114.8	0.69	0.0580	0.0097	0.0018	0.0002	0.0381	0.0066	0.0052	0.0003	0.04	33.1	1.7	37.8	6.5	370.0	300.0	33.1	1.7	12.4
Zircon_57	1367	877	0.64	0.0451	0.0033	0.0016	0.0001	0.0294	0.0019	0.0047	0.0001	-0.19	30.2	0.8	29.4	1.9	-50.0	150.0	30.2	0.8	-2.7

Zircon_58	271.8	160.4	0.59	0.0550	0.0068	0.0018	0.0002	0.0414	0.0050	0.0050	0.0002	-0.12	31.8	1.2	41.1	4.8	570.0	240.0	31.8	1.2	22.6
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-31																					
Zircon_59	319	194.4	0.61	0.0488	0.0077	0.0015	0.0001	0.0299	0.0049	0.0047	0.0002	-0.07	30.5	1.2	31.4	4.8	190.0	260.0	30.5	1.2	2.9
Zircon_60	356.5	233.3	0.65	0.0434	0.0059	0.0017	0.0002	0.0283	0.0038	0.0046	0.0002	0.04	29.3	1.2	28.3	3.8	-40.0	270.0	29.3	1.2	-3.5
Zircon_61	135.4	68.2	0.50	0.0580	0.0110	0.0016	0.0003	0.0417	0.0063	0.0050	0.0004	-0.20	32.4	2.4	41.2	6.6	420.0	340.0	32.4	2.4	21.4
Zircon_62	179.1	110.3	0.62	0.0570	0.0096	0.0021	0.0002	0.0403	0.0065	0.0052	0.0002	0.11	33.3	1.5	39.9	6.4	340.0	310.0	33.3	1.5	16.5
Zircon_63	247.1	135.5	0.55	0.0466	0.0078	0.0017	0.0002	0.0315	0.0051	0.0048	0.0002	-0.09	31.0	1.3	31.3	5.0	0.0	310.0	31.0	1.3	1.0
Zircon_64	255	194	0.76	0.0539	0.0078	0.0017	0.0002	0.0356	0.0047	0.0052	0.0002	0.13	33.1	1.3	35.4	4.6	340.0	270.0	33.1	1.3	6.5
Zircon_65	240.2	149.7	0.62	0.0630	0.0089	0.0017	0.0002	0.0440	0.0063	0.0049	0.0002	0.03	32.0	1.4	43.4	6.1	560.0	300.0	32.0	1.4	26.3
Zircon_66	134.6	62.4	0.46	0.0540	0.0130	0.0015	0.0002	0.0335	0.0077	0.0047	0.0003	-0.20	30.3	2.1	33.1	7.6	30.0	440.0	30.3	2.1	8.5
Zircon_67	304	178.4	0.59	0.0570	0.0099	0.0018	0.0002	0.0370	0.0057	0.0048	0.0002	-0.04	30.6	1.2	36.7	5.6	280.0	330.0	30.6	1.2	16.6
Zircon_68	351	223	0.64	0.0505	0.0076	0.0017	0.0001	0.0319	0.0046	0.0047	0.0001	-0.17	30.4	0.9	31.8	4.5	160.0	300.0	30.4	0.9	4.6
Zircon_69	710	601	0.85	0.0449	0.0041	0.0017	0.0001	0.0318	0.0027	0.0050	0.0001	0.05	32.4	0.9	31.8	2.7	20.0	190.0	32.4	0.9	-1.9
Zircon_70_JUC31	156	72.8	0.47	0.0480	0.0100	0.0015	0.0003	0.0326	0.0062	0.0048	0.0003	0.03	30.8	1.7	32.4	6.1	0.0	380.0	30.8	1.7	4.9

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-37																					
Zr_Juc37_8	1213	892	0.74	0.0559	0.0041	0.0349	0.0029	0.0046	0.0002	0.0017	0.0002	0.43	29.4	1.0	34.8	2.8	420.0	150.0	29.4	1.0	15.6
Zr_Juc37_5	532.2	557	1.05	0.1001	0.0089	0.0653	0.0062	0.0047	0.0001	0.0020	0.0002	0.03	30.1	0.9	64.2	5.9	1650.0	180.0	30.1	0.9	<del>53.2</del>
Zr_Juc37_31	1051.4	687.3	0.65	0.0694	0.0039	0.0444	0.0027	0.0047	0.0001	0.0018	0.0001	0.09	30.2	0.8	44.1	2.6	890.0	120.0	30.2	0.8	<del>31.5</del>
Zr_Juc37_6	1001	648	0.65	0.0675	0.0047	0.0440	0.0038	0.0047	0.0001	0.0019	0.0002	0.47	30.2	0.8	43.7	3.7	830.0	150.0	30.2	0.8	<del>30.9</del>
Zr_Juc37_23	1010	703	0.70	0.0728	0.0047	0.0476	0.0033	0.0047	0.0001	0.0020	0.0001	-0.10	30.3	0.7	47.2	3.2	1010.0	130.0	30.3	0.7	<del>35.9</del>
Zr_Juc37_33	1058	645	0.61	0.0661	0.0046	0.0434	0.0033	0.0047	0.0001	0.0019	0.0001	0.04	30.4	0.8	43.1	3.2	790.0	150.0	30.4	0.8	29.6
Zr_Juc37_3	1129	884	0.78	0.0626	0.0051	0.0409	0.0034	0.0047	0.0001	0.0016	0.0001	-0.24	30.5	0.6	40.7	3.3	670.0	170.0	30.5	0.6	25.1
Zr_Juc37_34	510.8	396.2	0.78	0.0874	0.0069	0.0577	0.0048	0.0048	0.0002	0.0022	0.0002	0.10	30.6	1.1	57.0	4.6	1380.0	140.0	30.6	1.1	<del>46.4</del>
Zr_Juc37_19	980	687	0.70	0.0705	0.0058	0.0467	0.0040	0.0048	0.0001	0.0019	0.0001	0.08	30.6	0.8	46.3	3.9	950.0	170.0	30.6	0.8	<del>33.9</del>
Zr_Juc37_11	1002	745	0.74	0.0640	0.0042	0.0421	0.0031	0.0048	0.0001	0.0018	0.0001	0.14	30.7	0.7	41.8	3.0	720.0	130.0	30.7	0.7	26.5
Zr_Juc37_27	3240	2880	0.89	0.0545	0.0024	0.0357	0.0020	0.0048	0.0001	0.0016	0.0001	-0.19	30.9	0.6	35.6	1.9	375.0	97.0	30.9	0.6	13.3
Zr_Juc37_14	1774	2740	1.54	0.0622	0.0034	0.0412	0.0026	0.0048	0.0001	0.0016	0.0001	-0.15	31.0	0.6	41.0	2.5	670.0	120.0	31.0	0.6	24.3
Zr_Juc37_21	507	420	0.83	0.0985	0.0073	0.0670	0.0054	0.0049	0.0002	0.0022	0.0002	0.02	31.2	1.0	65.7	5.1	1630.0	160.0	31.2	1.0	<del>52.5</del>
Zr_Juc37_16	675.7	865	1.28	0.0908	0.0082	0.0616	0.0053	0.0049	0.0002	0.0019	0.0002	-0.06	31.3	1.4	60.6	5.0	1410.0	170.0	31.3	1.4	<del>48.3</del>

Zr_Juc37_28	1057	808	0.76	0.0840	0.0063	0.0568	0.0043	0.0049	0.0001	0.0021	0.0002	0.03	31.4	0.8	56.1	4.1	1300.0	150.0	31.4	0.8	<del>44.1</del>
Zr_Juc37_25	499	414	0.83	0.0823	0.0098	0.0565	0.0071	0.0049	0.0002	0.0021	0.0002	0.12	31.5	1.4	55.6	6.8	1170.0	240.0	31.5	1.4	<del>43.3</del>
Zr_Juc37_22	454.1	406.1	0.89	0.0829	0.0091	0.0540	0.0056	0.0049	0.0002	0.0020	0.0001	-0.06	31.6	0.9	53.4	5.3	1190.0	210.0	31.6	0.9	<del>40.8</del>
Zr_Juc37_30	342	196	0.57	0.0970	0.0120	0.0669	0.0085	0.0050	0.0002	0.0026	0.0003	0.19	31.9	1.3	65.5	8.1	1640.0	210.0	31.9	1.3	<del>51.3</del>
Zr_Juc37_24	336	352	1.05	0.0877	0.0070	0.0612	0.0055	0.0050	0.0002	0.0020	0.0002	0.12	31.9	1.0	60.2	5.2	1350.0	160.0	31.9	1.0	<del>47.0</del>
Zr_Juc37_15	526	498	0.95	0.1226	0.0067	0.0860	0.0060	0.0050	0.0001	0.0025	0.0002	0.30	32.0	0.8	83.7	5.6	1980.0	100.0	32.0	0.8	<del>61.7</del>
Zr_Juc37_20	321	235.5	0.73	0.0990	0.0085	0.0671	0.0060	0.0050	0.0002	0.0023	0.0002	0.16	32.1	1.2	65.9	5.7	1560.0	180.0	32.1	1.2	<del>51.3</del>
Zr_Juc37_13	266.3	168.1	0.63	0.1130	0.0140	0.0786	0.0100	0.0051	0.0002	0.0027	0.0003	0.18	32.6	1.5	76.6	9.9	1850.0	230.0	32.6	1.5	<del>57.4</del>
Zr_Juc37_9	574	541	0.94	0.1190	0.0110	0.0831	0.0075	0.0051	0.0002	0.0025	0.0002	-0.02	32.8	0.9	82.1	6.7	1920.0	170.0	32.8	0.9	<del>60.1</del>
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>			<b>Relaciones Isotópicas</b>									<b>Edades Aparentes</b>								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-37																					
Zr_Juc37_12	230.1	130.5	0.57	0.1160	0.0150	0.0800	0.0110	0.0051	0.0002	0.0030	0.0004	0.30	32.8	1.2	78.1	10.0	1820.0	240.0	32.8	1.2	<del>58.0</del>
Zr_Juc37_10	549	526	0.96	0.1124	0.0087	0.0791	0.0065	0.0051	0.0001	0.0023	0.0002	-0.06	32.8	0.9	77.2	6.1	1790.0	140.0	32.8	0.9	<del>57.5</del>
Zr_Juc37_32	178.4	86.9	0.49	0.1580	0.0190	0.1160	0.0140	0.0051	0.0003	0.0045	0.0005	0.14	33.0	1.8	111.0	13.0	2380.0	210.0	33.0	1.8	<del>70.3</del>
Zr_Juc37_2	222.2	124.1	0.56	0.1540	0.0110	0.1160	0.0095	0.0055	0.0002	0.0045	0.0004	0.27	35.1	1.3	111.3	8.6	2360.0	130.0	35.1	1.3	<del>68.5</del>
Zr_Juc37	270.7	151.2	0.56	0.1700	0.0110	0.1292	0.0091	0.0055	0.0002	0.0048	0.0005	0.15	35.3	1.1	123.2	8.2	2520.0	110.0	35.3	1.1	<del>71.3</del>
Zr_Juc37_7	187.2	95.6	0.51	0.1610	0.0150	0.1300	0.0150	0.0056	0.0002	0.0049	0.0006	-0.11	35.8	1.3	127.0	12.0	2530.0	160.0	35.8	1.3	<del>71.8</del>
Zr_Juc37_26	237	161	0.68	0.1570	0.0190	0.1200	0.0160	0.0056	0.0002	0.0038	0.0004	-0.37	35.8	1.3	114.0	14.0	2290.0	240.0	35.8	1.3	<del>68.6</del>
Zr_Juc37_29	350	262	0.75	0.2060	0.0140	0.1675	0.0120	0.0060	0.0002	0.0048	0.0004	0.05	38.3	1.2	156.9	10.0	2880.0	110.0	38.3	1.2	<del>75.6</del>



Zr_Juc37_4	181	114	0.63	0.3420	0.0350	0.3220	0.0250	0.0068	0.0005	0.0092	0.0014	0.30	43.9	3.1	283.0	19.0	3740.0	150.0	43.9	3.1	84.5
Zr_Juc37_18	106.6	60.04	0.56	0.2660	0.0180	0.2710	0.0210	0.0076	0.0004	0.0097	0.0008	0.43	48.7	2.5	243.0	17.0	3276.0	100.0	48.7	2.5	80.0
Zr_Juc37_17	155.1	99.4	0.64	0.3230	0.0520	0.3320	0.0400	0.0079	0.0006	0.0096	0.0013	-0.01	50.8	3.9	300.0	37.0	3560.0	270.0	50.8	3.9	83.1
Zr_Juc37_1	146.5	83.1	0.57	0.2220	0.0400	0.2870	0.0510	0.0095	0.0007	0.0096	0.0010	0.38	61.0	4.8	254.0	40.0	2900.0	300.0	61.0	4.8	76.0

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-35																					
Zr_Juc35_17	561.5	271.5	0.48	0.0808	0.0087	0.0500	0.0053	0.0046	0.0002	0.0024	0.0002	0.16	29.4	1.1	49.5	5.1	1150.0	220.0	29.4	1.1	40.7
Zr_Juc35_9	904.9	573	0.63	0.0728	0.0052	0.0465	0.0036	0.0046	0.0001	0.0019	0.0002	0.15	29.5	0.8	46.1	3.5	960.0	150.0	29.5	0.8	36.0
Zr_Juc35_21	919	1017	1.11	0.0724	0.0039	0.0457	0.0030	0.0046	0.0001	0.0016	0.0001	0.36	29.6	0.9	45.4	2.9	984.0	110.0	29.6	0.9	34.8
Zr_Juc35_20	697.7	455	0.65	0.0705	0.0065	0.0448	0.0040	0.0046	0.0002	0.0019	0.0002	-0.15	29.6	1.2	44.4	3.9	930.0	180.0	29.6	1.2	33.3
Zr_Juc35_31	1350	699	0.52	0.0618	0.0047	0.0385	0.0032	0.0046	0.0002	0.0019	0.0002	0.18	29.6	1.0	38.3	3.2	700.0	130.0	29.6	1.0	22.6

Zr_Juc35_26	1153	1219	1.06	0.0733	0.0041	0.0459	0.0031	0.0046	0.0001	0.0018	0.0001	0.06	29.7	0.8	45.6	3.0	1003.0	110.0	29.7	0.8	<del>34.9</del>
Zr_Juc35_22	1117	877	0.79	0.0647	0.0046	0.0410	0.0035	0.0046	0.0001	0.0017	0.0001	0.39	29.7	0.8	40.8	3.4	760.0	160.0	29.7	0.8	27.1
Zr_Juc35_7	526	409	0.78	0.0860	0.0083	0.0549	0.0052	0.0046	0.0001	0.0020	0.0002	-0.11	29.8	0.9	54.2	5.0	1350.0	190.0	29.8	0.9	<del>45.0</del>
Zr_Juc35_23	5080	6500	1.28	0.0531	0.0024	0.0336	0.0018	0.0047	0.0001	0.0015	0.0001	0.21	30.0	0.6	33.6	1.8	321.0	100.0	30.0	0.6	10.7
Zr_Juc35_24	661	480	0.73	0.0892	0.0066	0.0588	0.0047	0.0047	0.0001	0.0021	0.0002	-0.01	30.1	0.9	58.0	4.5	1430.0	140.0	30.1	0.9	<del>48.0</del>
Zr_Juc35_25	670	352.8	0.53	0.0800	0.0067	0.0506	0.0044	0.0047	0.0002	0.0023	0.0002	0.24	30.4	1.1	50.1	4.2	1180.0	160.0	30.4	1.1	<del>39.3</del>
Zr_Juc35_30	791	622	0.79	0.0840	0.0091	0.0552	0.0070	0.0047	0.0001	0.0024	0.0003	0.47	30.5	0.9	54.5	6.7	1380.0	220.0	30.5	0.9	<del>44.1</del>
Zr_Juc35	577.7	342.2	0.59	0.0797	0.0063	0.0524	0.0041	0.0047	0.0002	0.0020	0.0002	-0.03	30.5	1.0	51.9	3.9	1200.0	160.0	30.5	1.0	<del>41.3</del>
Zr_Juc35_33	586	289	0.49	0.0816	0.0067	0.0532	0.0048	0.0048	0.0002	0.0025	0.0002	0.29	30.5	1.3	52.6	4.6	1240.0	150.0	30.5	1.3	<del>42.0</del>
Zr_Juc35_4	1185	601	0.51	0.0661	0.0043	0.0447	0.0028	0.0048	0.0001	0.0019	0.0001	0.06	30.6	0.8	44.4	2.8	830.0	120.0	30.6	0.8	<del>31.2</del>
Zr_Juc35_11	943	890	0.94	0.0803	0.0044	0.0532	0.0036	0.0048	0.0001	0.0019	0.0002	0.37	30.6	0.8	52.6	3.5	1190.0	120.0	30.6	0.8	<del>41.9</del>
Zr_Juc35_5	747	514	0.69	0.0643	0.0049	0.0434	0.0035	0.0048	0.0001	0.0019	0.0001	0.23	30.7	0.8	43.1	3.4	750.0	160.0	30.7	0.8	28.8
Zr_Juc35_34	815.2	666.8	0.82	0.0724	0.0081	0.0473	0.0047	0.0048	0.0002	0.0019	0.0001	-0.49	30.8	1.0	46.9	4.6	950.0	220.0	30.8	1.0	<del>34.3</del>
Zr_Juc35_32	697.1	396	0.57	0.0764	0.0054	0.0514	0.0053	0.0048	0.0001	0.0021	0.0002	0.38	31.0	0.7	50.8	5.1	1130.0	160.0	31.0	0.7	<del>38.9</del>
Zr_Juc35_29	911	745	0.82	0.0817	0.0065	0.0542	0.0056	0.0049	0.0001	0.0021	0.0002	0.38	31.2	0.9	53.5	5.3	1240.0	170.0	31.2	0.9	<del>41.6</del>
Zr_Juc35_2	780.7	547	0.70	0.0827	0.0070	0.0554	0.0051	0.0049	0.0001	0.0020	0.0002	0.07	31.2	0.8	54.6	4.9	1240.0	170.0	31.2	0.8	<del>42.8</del>
Zr_Juc35_3	769	542.5	0.71	0.0737	0.0053	0.0491	0.0037	0.0049	0.0002	0.0019	0.0002	-0.05	31.3	0.9	48.6	3.6	1040.0	170.0	31.3	0.9	<del>35.7</del>
Zr_Juc35_6	637	412	0.65	0.0883	0.0079	0.0622	0.0054	0.0049	0.0001	0.0023	0.0002	-0.30	31.3	0.9	61.2	5.1	1440.0	180.0	31.3	0.9	<del>48.8</del>
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>			<b>Relaciones Isotópicas</b>									<b>Edades Aparentes</b>								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %

JUC-35																						
Zr_Juc35_19	457	276	0.60	0.0835	0.0063	0.0575	0.0047	0.0049	0.0002	0.0025	0.0002	0.08	31.3	0.9	56.7	4.5	1250.0	150.0	31.3	0.9	<del>44.7</del>	
Zr_Juc35_13	306	124.2	0.41	0.1220	0.0130	0.0825	0.0092	0.0049	0.0002	0.0042	0.0005	0.36	31.7	1.3	81.9	8.1	1950.0	190.0	31.7	1.3	<del>61.3</del>	
Zr_Juc35_1	920.8	884	0.96	0.0655	0.0064	0.0447	0.0044	0.0050	0.0001	0.0019	0.0002	-0.22	31.8	0.7	44.4	4.2	730.0	200.0	31.8	0.7	28.3	
Zr_Juc35_18	444	194.6	0.44	0.0894	0.0095	0.0619	0.0069	0.0050	0.0001	0.0026	0.0003	0.09	31.8	0.9	60.8	6.6	1350.0	210.0	31.8	0.9	<del>47.6</del>	
Zr_Juc35_10	774	555	0.72	0.0745	0.0051	0.0539	0.0041	0.0051	0.0001	0.0023	0.0002	0.13	32.6	0.9	53.2	3.9	1120.0	130.0	32.6	0.9	<del>38.8</del>	
Zr_Juc35_12	471	293.9	0.62	0.0990	0.0110	0.0684	0.0072	0.0051	0.0002	0.0025	0.0002	-0.01	32.6	1.1	67.1	6.9	1530.0	210.0	32.6	1.1	<del>51.4</del>	
Zr_Juc35_15	302.2	115.2	0.38	0.1129	0.0098	0.0795	0.0071	0.0051	0.0002	0.0041	0.0004	0.19	32.9	1.5	77.6	6.7	1890.0	170.0	32.9	1.5	<del>57.6</del>	
Zr_Juc35_14	499.2	289.2	0.58	0.0949	0.0061	0.0674	0.0055	0.0051	0.0002	0.0027	0.0002	0.26	32.9	1.0	66.2	5.2	1540.0	120.0	32.9	1.0	<del>50.3</del>	
Zr_Juc35_8	405	192	0.47	0.1026	0.0076	0.0720	0.0062	0.0051	0.0002	0.0032	0.0003	0.16	33.0	1.0	71.2	5.7	1670.0	140.0	33.0	1.0	<del>53.6</del>	
Zr_Juc35_16	671.6	389.9	0.58	0.0909	0.0078	0.0629	0.0054	0.0052	0.0002	0.0026	0.0002	-0.01	33.1	1.0	61.9	5.1	1400.0	170.0	33.1	1.0	<del>46.5</del>	
Zr_Juc35_28	429	254	0.59	0.1370	0.0130	0.1020	0.0110	0.0053	0.0001	0.0036	0.0004	0.35	34.1	0.9	97.9	10.0	2170.0	160.0	34.1	0.9	<del>65.2</del>	
Zr_Juc35_27	787	340	0.43	0.1075	0.0075	0.0826	0.0074	0.0057	0.0002	0.0037	0.0003	0.45	36.4	1.0	80.5	7.0	1780.0	110.0	36.4	1.0	<del>54.8</del>	

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes						Best age (Ma)	±2s	Disc %		
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s					
JUC-23																							
Zr_Juc-23_Exp2_20	206.5	136.6	0.66	1.1500	0.3800	0.0640	0.0140	0.0005	0.0001	0.0015	0.0003	0.23	3.3	0.8	65.0	12.0	5200.0	1500.0	3.3	0.8	<del>94.9</del>		
Zr_Juc-23_Exp2_8	154	90	0.58	0.2590	0.0380	0.1470	0.0180	0.0042	0.0004	0.0049	0.0006	-0.04	26.9	2.4	139.0	16.0	3240.0	260.0	26.9	2.4	80.6		
Zr_Juc-23_Exp2_24	1843	1608	0.87	0.0552	0.0046	0.0337	0.0027	0.0045	0.0001	0.0015	0.0001	0.02	29.0	0.7	33.7	2.7	400.0	190.0	29.0	0.7	14.1		
Zr_Juc-23_Exp2_21	1568	1253	0.80	0.0610	0.0045	0.0387	0.0032	0.0046	0.0001	0.0016	0.0001	0.39	29.5	0.8	38.6	3.1	650.0	140.0	29.5	0.8	23.7		
Zr_Juc-23_Exp2_1	1510	1200	0.79	0.0573	0.0047	0.0370	0.0030	0.0046	0.0001	0.0016	0.0001	0.09	29.6	0.7	36.9	2.9	500.0	160.0	29.6	0.7	19.9		
Zircon-17	842	428.2	0.51	0.0629	0.0071	0.0433	0.0051	0.0046	0.0002	0.0019	0.0002	-0.09	29.9	1.1	42.9	4.9	700.0	260.0	29.9	1.1	<del>30.3</del>		
Zr_Juc-23_Exp2_16	1501	1274	0.85	0.0482	0.0040	0.0305	0.0025	0.0047	0.0001	0.0015	0.0001	-0.19	30.0	0.7	30.5	2.5	100.0	180.0	30.0	0.7	1.8		
Zircon-16	514.3	460	0.89	0.0671	0.0090	0.0451	0.0060	0.0047	0.0003	0.0016	0.0002	0.06	30.0	2.1	44.7	5.9	900.0	310.0	30.0	2.1	<del>32.9</del>		
Zircon-12	699.5	678.1	0.97	0.0814	0.0110	0.0507	0.0071	0.0047	0.0002	0.0018	0.0002	-0.05	30.2	1.4	50.1	6.8	1200.0	250.0	30.2	1.4	<del>39.7</del>		
Zircon-02	416.1	325.3	0.78	0.0650	0.0140	0.0410	0.0086	0.0047	0.0003	0.0017	0.0003	-0.10	30.5	1.7	42.3	8.8	590.0	420.0	30.5	1.7	27.9		
Zircon-06	327.9	248.6	0.76	0.0790	0.0120	0.0518	0.0078	0.0048	0.0002	0.0017	0.0002	0.17	30.6	1.5	53.6	6.9	1110.0	320.0	30.6	1.5	<del>42.9</del>		
Zr_Juc-23_Exp2_9	282.8	173.4	0.61	0.1080	0.0150	0.0750	0.0120	0.0048	0.0003	0.0027	0.0003	-0.18	30.6	2.1	73.0	11.0	1770.0	290.0	30.6	2.1	<del>58.1</del>		
Zr_Juc-23_Exp2_22	786	861	1.10	0.0743	0.0089	0.0490	0.0052	0.0048	0.0002	0.0017	0.0002	-0.16	30.6	1.0	48.5	5.0	970.0	230.0	30.6	1.0	<del>36.9</del>		
Zr_Juc-23_Exp2_19	1715	1195	0.70	0.0568	0.0045	0.0369	0.0031	0.0048	0.0001	0.0016	0.0001	-0.10	30.6	0.7	36.7	3.0	430.0	170.0	30.6	0.7	16.5		

Zircon-05	221.9	118.1	0.53	0.1090	0.0200	0.0740	0.0130	0.0048	0.0003	0.0028	0.0005	0.04	30.7	1.9	74.0	12.0	1580.0	350.0	30.7	1.9	<del>58.5</del>
Zircon-19	2330	2593	1.11	0.0476	0.0045	0.0324	0.0031	0.0048	0.0001	0.0015	0.0001	-0.14	30.7	0.8	32.3	3.1	120.0	210.0	30.7	0.8	4.9
Zr_Juc- 23_Exp2_18	784.9	648	0.83	0.0705	0.0067	0.0469	0.0047	0.0048	0.0002	0.0018	0.0002	0.11	30.9	1.0	46.5	4.6	890.0	230.0	30.9	1.0	<del>33.5</del>
Zr_Juc- 23_Exp2_13	384.3	270.1	0.70	0.0800	0.0130	0.0539	0.0070	0.0048	0.0003	0.0025	0.0003	0.00	31.0	1.7	53.2	6.7	1170.0	320.0	31.0	1.7	<del>41.7</del>

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes									
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %	
JUC-23																						
Zr_Juc- 23_Exp2_10	243.8	138.38	0.57	0.1070	0.0160	0.0672	0.0088	0.0049	0.0003	0.0029	0.0004	0.02	31.2	1.9	65.8	8.3	1630.0	250.0	31.2	1.9	<del>52.6</del>	
Zr_Juc-23_Exp2_3	400.9	338.2	0.84	0.0836	0.0100	0.0569	0.0062	0.0049	0.0002	0.0020	0.0002	0.20	31.2	1.5	56.1	6.0	1380.0	230.0	31.2	1.5	44.4	
Zr_Juc- 23_Exp2_11	1765	1477	0.84	0.0674	0.0066	0.0453	0.0046	0.0049	0.0001	0.0018	0.0001	0.16	31.4	0.9	45.0	4.5	780.0	220.0	31.4	0.9	<del>30.2</del>	
Zr_Juc- 23_Exp2_15	612	527.7	0.86	0.0699	0.0064	0.0471	0.0044	0.0049	0.0002	0.0020	0.0002	-0.15	31.4	1.0	46.7	4.2	860.0	190.0	31.4	1.0	<del>32.7</del>	
Zircon-04	392	254.1	0.65	0.0840	0.0130	0.0567	0.0085	0.0049	0.0003	0.0025	0.0003	0.13	31.5	1.6	55.7	8.2	1190.0	320.0	31.5	1.6	<del>43.4</del>	
Zr_Juc-23_Exp2_7	457.1	359.6	0.79	0.0793	0.0090	0.0528	0.0059	0.0049	0.0002	0.0019	0.0002	0.03	31.7	1.3	52.2	5.7	1200.0	260.0	31.7	1.3	<del>39.3</del>	
Zircon-13	252.2	159.9	0.63	0.0940	0.0190	0.0660	0.0130	0.0049	0.0004	0.0026	0.0004	-0.02	31.8	2.6	64.0	12.0	1470.0	410.0	31.8	2.6	<del>50.3</del>	
Zr_Juc- 23_Exp2_23	271.7	165.8	0.61	0.1020	0.0190	0.0700	0.0130	0.0050	0.0002	0.0025	0.0003	0.27	31.9	1.5	69.0	12.0	1540.0	340.0	31.9	1.5	<del>53.8</del>	
Zr_Juc-23_Exp2_6	448	429	0.96	0.1058	0.0110	0.0704	0.0068	0.0050	0.0002	0.0022	0.0002	0.24	31.9	1.3	69.0	6.5	1730.0	180.0	31.9	1.3	<del>53.8</del>	
Zr_Juc- 23_Exp2_17	238.6	165.1	0.69	0.1310	0.0190	0.0893	0.0100	0.0050	0.0003	0.0034	0.0004	-0.10	32.1	2.0	86.6	9.4	2080.0	280.0	32.1	2.0	<del>62.9</del>	
Zircon-10	352	273	0.78	0.0750	0.0120	0.0519	0.0084	0.0050	0.0002	0.0023	0.0004	0.14	32.2	1.4	52.6	8.5	860.0	350.0	32.2	1.4	<del>38.8</del>	
Zircon-20_Juc23	211.5	108.4	0.51	0.0820	0.0160	0.0580	0.0110	0.0050	0.0003	0.0032	0.0005	-0.12	32.3	2.0	56.0	10.0	920.0	450.0	32.3	2.0	<del>42.3</del>	
Zr_Juc- 23_Exp2_12	249.9	142.5	0.57	0.1110	0.0150	0.0769	0.0100	0.0050	0.0003	0.0028	0.0003	0.09	32.4	1.7	75.0	9.8	1700.0	260.0	32.4	1.7	<del>56.8</del>	
Zircon-14	418	303.6	0.73	0.0770	0.0130	0.0539	0.0088	0.0051	0.0002	0.0019	0.0002	-0.01	32.6	1.5	52.9	8.4	1020.0	320.0	32.6	1.5	<del>38.4</del>	

Zr_Juc-23_Exp2_4	433	337	0.78	0.1060	0.0130	0.0718	0.0081	0.0051	0.0002	0.0024	0.0002	0.06	32.8	1.4	70.2	7.7	1670.0	230.0	32.8	1.4	<del>53.3</del>
Zircon-08	279	171	0.61	0.1500	0.0210	0.1010	0.0160	0.0051	0.0004	0.0035	0.0006	0.08	33.0	2.5	97.0	15.0	2240.0	310.0	33.0	2.5	<del>66.0</del>
Zr_Juc-23_Exp2	202.4	100.5	0.50	0.1540	0.0190	0.1049	0.0110	0.0051	0.0003	0.0048	0.0006	0.18	33.0	2.1	101.0	10.0	2300.0	220.0	33.0	2.1	<del>67.3</del>
Zr_Juc-23_Exp2_2	187.6	113.5	0.61	0.2060	0.0360	0.1510	0.0200	0.0053	0.0003	0.0056	0.0006	-0.41	33.7	1.9	142.0	18.0	2800.0	290.0	33.7	1.9	<del>76.3</del>
Zircon-01_Juc23	278.3	193	0.69	0.1420	0.0180	0.1020	0.0130	0.0053	0.0004	0.0034	0.0005	0.00	34.0	2.5	98.0	12.0	2220.0	230.0	34.0	2.5	<del>65.3</del>
Zr_Juc-23_Exp2_5	251.5	168.4	0.67	0.1320	0.0130	0.0960	0.0095	0.0054	0.0003	0.0034	0.0003	0.23	34.7	1.8	92.8	8.8	2050.0	180.0	34.7	1.8	<del>62.6</del>

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-23																					
Zircon-15	208.4	130.5	0.63	0.1510	0.0300	0.1180	0.0210	0.0055	0.0004	0.0047	0.0009	-0.52	35.3	2.6	113.0	19.0	2250.0	380.0	35.3	2.6	68.8
Zircon-11	592.3	525	0.89	0.1270	0.0130	0.0961	0.0100	0.0056	0.0002	0.0030	0.0003	0.30	36.1	1.4	92.9	9.4	2060.0	190.0	36.1	1.4	61.1
Zircon-09	228.1	144	0.63	0.2290	0.0310	0.1800	0.0220	0.0057	0.0004	0.0063	0.0007	-0.03	36.7	2.7	167.0	19.0	3020.0	220.0	36.7	2.7	78.0
Zircon-07	468	377.8	0.81	0.0860	0.0150	0.0730	0.0120	0.0061	0.0004	0.0028	0.0003	-0.09	39.5	2.4	71.0	12.0	1270.0	310.0	39.5	2.4	44.4
Zircon-03	158.1	82.2	0.52	0.0826	0.0080	0.5190	0.0500	0.0446	0.0017	0.0220	0.0020	0.05	281.1	10.0	421.0	33.0	1210.0	210.0	281.1	10.0	33.2
Zr_Juc- 23_Exp2_14	149.6	108.2	0.72	0.0719	0.0060	0.6080	0.0540	0.0603	0.0015	0.0242	0.0018	0.06	377.6	8.9	480.0	34.0	970.0	180.0	377.6	8.9	21.3



Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-27																					
Zr_Juc27_33	378	188	0.50	0.0903	0.0073	0.0554	0.0045	0.0045	0.0002	0.0023	0.0003	0.30	28.8	1.2	54.7	4.3	1410.0	170.0	28.8	1.2	<del>47.3</del>
Zr_Juc27	275.3	177.6	0.65	0.0588	0.0086	0.0388	0.0062	0.0045	0.0002	0.0018	0.0003	0.16	29.1	1.3	38.6	6.0	580.0	330.0	29.1	1.3	24.6
Zr_Juc27_34	379.9	182.9	0.48	0.0930	0.0120	0.0612	0.0088	0.0048	0.0002	0.0029	0.0003	0.42	30.8	1.1	60.2	8.4	1420.0	260.0	30.8	1.1	<del>48.8</del>
Zr_Juc27_14	379	336	0.89	0.1280	0.0120	0.0857	0.0090	0.0049	0.0002	0.0025	0.0002	-0.02	31.2	1.1	83.3	8.5	2060.0	170.0	31.2	1.1	<del>62.5</del>
Zr_Juc27_26	278.4	175.2	0.63	0.0960	0.0120	0.0656	0.0082	0.0049	0.0002	0.0022	0.0002	0.17	31.8	1.3	64.4	7.9	1490.0	260.0	31.8	1.3	<del>50.6</del>
Zr_Juc27_22	161.6	73.7	0.46	0.1150	0.0120	0.0807	0.0081	0.0050	0.0002	0.0030	0.0003	-0.05	32.0	1.4	78.6	7.6	1820.0	190.0	32.0	1.4	<del>59.3</del>
Zr_Juc27_27	458	240.6	0.53	0.1231	0.0089	0.0830	0.0087	0.0050	0.0002	0.0032	0.0004	0.37	32.0	1.4	80.8	8.2	1970.0	140.0	32.0	1.4	<del>60.4</del>
Zr_Juc27_12	277.5	104.2	0.38	0.1040	0.0120	0.0693	0.0077	0.0050	0.0002	0.0036	0.0004	-0.21	32.2	1.3	67.9	7.3	1700.0	220.0	32.2	1.3	<del>52.6</del>
Zr_Juc27_8	341	327	0.96	0.0964	0.0072	0.0646	0.0052	0.0050	0.0002	0.0022	0.0002	0.36	32.3	1.3	63.5	4.9	1560.0	130.0	32.3	1.3	<del>49.1</del>
Zr_Juc27_15	394.5	210.9	0.53	0.1500	0.0120	0.1044	0.0097	0.0050	0.0002	0.0040	0.0003	0.23	32.3	1.2	100.6	8.9	2290.0	140.0	32.3	1.2	<del>67.9</del>
Zr_Juc27_4	279.9	120.7	0.43	0.1145	0.0096	0.0795	0.0062	0.0051	0.0002	0.0039	0.0003	-0.28	32.5	1.1	77.5	5.8	1850.0	150.0	32.5	1.1	<del>58.1</del>
Zr_Juc27_9	315	190	0.60	0.1290	0.0150	0.0854	0.0097	0.0051	0.0002	0.0031	0.0003	0.10	32.5	1.5	83.0	9.2	2020.0	210.0	32.5	1.5	<del>60.8</del>
Zr_Juc27_20	276	158.6	0.57	0.1330	0.0140	0.0923	0.0100	0.0051	0.0002	0.0035	0.0004	0.19	32.5	1.4	89.4	9.5	2210.0	190.0	32.5	1.4	<del>63.6</del>
Zr_Juc27_25	218.7	112.8	0.52	0.1450	0.0200	0.1050	0.0170	0.0051	0.0003	0.0044	0.0005	0.27	32.8	2.1	100.0	15.0	2230.0	270.0	32.8	2.1	<del>67.2</del>
Zr_Juc27_19	359.1	170.78	0.48	0.1115	0.0100	0.0761	0.0066	0.0051	0.0002	0.0032	0.0003	0.06	32.9	1.1	74.4	6.2	1800.0	180.0	32.9	1.1	<del>55.8</del>
Zr_Juc27_32	264	157	0.59	0.1990	0.0180	0.1450	0.0160	0.0052	0.0002	0.0048	0.0005	0.47	33.1	1.5	137.0	14.0	2850.0	140.0	33.1	1.5	<del>75.8</del>

Zr_Juc27_11	303	192	0.63	0.1630	0.0150	0.1180	0.0120	0.0052	0.0002	0.0041	0.0006	0.33	33.4	1.1	112.7	11.0	2490.0	160.0	33.4	1.1	<del>70.4</del>
Zr_Juc27_2	103.3	49.2	0.48	0.2280	0.0400	0.1640	0.0250	0.0052	0.0004	0.0065	0.0007	0.37	33.5	2.2	153.0	22.0	3010.0	270.0	33.5	2.2	<del>78.1</del>
Zr_Juc27_7	291.1	119	0.41	0.1300	0.0130	0.0888	0.0093	0.0052	0.0002	0.0043	0.0004	0.15	33.6	1.4	86.1	8.7	2050.0	170.0	33.6	1.4	<del>61.0</del>
Zr_Juc27_6	290.9	118.8	0.41	0.1760	0.0120	0.1290	0.0110	0.0053	0.0002	0.0062	0.0006	0.32	33.8	1.4	123.4	10.0	2670.0	120.0	33.8	1.4	<del>72.6</del>
Zr_Juc27_17	422	365	0.86	0.1632	0.0100	0.1188	0.0085	0.0053	0.0002	0.0033	0.0003	0.00	34.2	1.0	113.9	7.7	2464.0	110.0	34.2	1.0	<del>70.0</del>
Zr_Juc27_24	327	214	0.65	0.1770	0.0230	0.1260	0.0160	0.0054	0.0003	0.0040	0.0005	0.10	34.8	1.7	120.0	14.0	2530.0	220.0	34.8	1.7	<del>71.0</del>
Zr_Juc27_10	187	106.1	0.57	0.1330	0.0140	0.1005	0.0089	0.0055	0.0003	0.0038	0.0004	0.04	35.0	1.7	97.1	8.2	2170.0	200.0	35.0	1.7	<del>64.0</del>
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-27																					
Zr_Juc27_18	340	178.5	0.53	0.1900	0.0170	0.1470	0.0140	0.0055	0.0002	0.0053	0.0006	0.31	35.4	1.4	139.0	12.0	2730.0	140.0	35.4	1.4	<del>74.5</del>
Zr_Juc27_31	310.2	155.2	0.50	0.1640	0.0180	0.1210	0.0150	0.0056	0.0002	0.0050	0.0007	0.31	35.7	1.3	116.0	13.0	2470.0	170.0	35.7	1.3	<del>69.2</del>
Zr_Juc27_13	201	118	0.59	0.1410	0.0170	0.1090	0.0150	0.0057	0.0003	0.0037	0.0005	0.59	36.6	2.0	104.0	13.0	2180.0	210.0	36.6	2.0	<del>64.8</del>
Zr_Juc27_23	205.1	98.9	0.48	0.1830	0.0170	0.1490	0.0140	0.0057	0.0003	0.0062	0.0005	0.08	36.7	1.7	141.0	12.0	2700.0	150.0	36.7	1.7	<del>74.0</del>
Zr_Juc27_1	93.4	44.5	0.48	0.2340	0.0230	0.1870	0.0180	0.0059	0.0003	0.0072	0.0007	0.16	37.6	1.8	176.0	15.0	3060.0	160.0	37.6	1.8	<del>78.6</del>
Zr_Juc27_21	260	122.1	0.47	0.2380	0.0150	0.1960	0.0140	0.0060	0.0002	0.0084	0.0006	0.15	38.3	1.3	181.3	12.0	3074.0	100.0	38.3	1.3	<del>78.9</del>
Zr_Juc27_16	212	124.4	0.59	0.2400	0.0140	0.2090	0.0140	0.0061	0.0003	0.0072	0.0005	0.40	39.0	1.6	191.9	12.0	3136.0	91.0	39.0	1.6	<del>79.7</del>
Zr_Juc27_28	81.7	23.71	0.29	0.2680	0.0300	0.2280	0.0250	0.0061	0.0004	0.0143	0.0015	0.22	39.1	2.6	210.0	20.0	3260.0	180.0	39.1	2.6	<del>81.4</del>
Zr_Juc27_3	158.4	57.8	0.36	0.2500	0.0260	0.2060	0.0170	0.0063	0.0005	0.0100	0.0008	0.05	40.2	3.0	190.0	14.0	3170.0	160.0	40.2	3.0	<del>78.8</del>
Zr_Juc27_29	194.4	89.2	0.46	0.2840	0.0300	0.2560	0.0260	0.0064	0.0003	0.0111	0.0013	0.19	40.9	2.1	231.0	21.0	3390.0	160.0	40.9	2.1	<del>82.3</del>

Zr_Juc27_5	170	101	0.59	0.3210	0.0340	0.2900	0.0280	0.0065	0.0004	0.0093	0.0009	0.33	41.7	2.8	257.0	22.0	3560.0	160.0	41.7	2.8	<del>83.8</del>
Zr_Juc27_30	130	63.7	0.49	0.3120	0.0380	0.2920	0.0320	0.0067	0.0004	0.0116	0.0014	0.33	42.8	2.8	259.0	25.0	3660.0	210.0	42.8	2.8	<del>83.5</del>

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-01																					
Zircon_01_JUC01	247	141.5	0.57	0.0467	0.0150	0.0015	0.0005	0.0311	0.0094	0.0046	0.0003	0.17	29.6	1.9	31.0	8.9	60.0	360.0	29.6	1.9	4.5
Zircon_02	272.6	151.8	0.56	0.0516	0.0071	0.0016	0.0002	0.0321	0.0038	0.0047	0.0002	-0.02	30.2	1.3	32.0	3.7	160.0	240.0	30.2	1.3	5.6
Zircon_03	266	157.5	0.59	0.0468	0.0061	0.0017	0.0002	0.0313	0.0047	0.0049	0.0003	0.10	31.7	1.7	31.2	4.6	40.0	250.0	31.7	1.7	-1.6
Zircon_04	1204	747	0.62	0.0466	0.0031	0.0015	0.0001	0.0298	0.0020	0.0047	0.0001	0.03	30.3	0.7	29.8	1.9	30.0	140.0	30.3	0.7	-1.6
Zircon_05	333	208	0.62	0.0510	0.0066	0.0017	0.0002	0.0335	0.0045	0.0048	0.0002	-0.05	30.9	1.3	33.3	4.4	170.0	260.0	30.9	1.3	7.2
Zircon_06	<del>357.5</del>	<del>212.6</del>	<del>0.59</del>	<del>0.1540</del>	<del>0.0550</del>	<del>0.0039</del>	<del>0.0025</del>	<del>0.1060</del>	<del>0.0930</del>	<del>0.0054</del>	<del>0.0008</del>	<del>0.45</del>	<del>34.6</del>	<del>5.2</del>	<del>101.0</del>	<del>70.0</del>	<del>2140.0</del>	<del>320.0</del>	<del>34.6</del>	<del>5.2</del>	<del>65.7</del>
Zircon_07	256.6	148.1	0.58	0.0532	0.0057	0.0016	0.0002	0.0325	0.0038	0.0045	0.0002	0.09	29.0	1.4	32.4	3.7	300.0	230.0	29.0	1.4	10.5

Zircon_08	250.3	145.6	0.58	0.0610	0.0076	0.0018	0.0002	0.0413	0.0046	0.0050	0.0002	0.05	32.0	1.2	42.5	4.5	760.0	250.0	32.0	1.2	24.7
Zircon_09	256	148	0.58	0.0502	0.0077	0.0017	0.0002	0.0335	0.0052	0.0048	0.0002	0.24	30.8	1.3	33.3	5.1	130.0	300.0	30.8	1.3	7.5
Zircon_10	668	594	0.89	0.0470	0.0048	0.0016	0.0001	0.0296	0.0031	0.0046	0.0001	0.22	29.4	0.9	29.5	3.0	10.0	200.0	29.4	0.9	0.2
Zircon_11	1532	971	0.63	0.0468	0.0067	0.0016	0.0001	0.0317	0.0049	0.0048	0.0001	0.40	30.9	0.7	31.7	4.7	90.0	240.0	30.9	0.7	2.4
Zircon_12	481.6	374	0.78	0.0462	0.0047	0.0017	0.0001	0.0313	0.0030	0.0050	0.0002	-0.05	31.9	1.2	31.3	2.9	20.0	200.0	31.9	1.2	-1.9
Zircon_13	455.7	319.2	0.70	0.0519	0.0065	0.0016	0.0001	0.0324	0.0039	0.0046	0.0001	0.13	29.6	0.9	32.3	3.8	180.0	240.0	29.6	0.9	8.3
Zircon_14	257.9	140.8	0.55	0.0566	0.0075	0.0015	0.0002	0.0350	0.0042	0.0048	0.0002	-0.08	30.7	1.5	35.5	4.1	360.0	280.0	30.7	1.5	13.5
Zircon_15	409	288	0.70	0.0479	0.0057	0.0014	0.0001	0.0321	0.0037	0.0049	0.0002	0.02	31.5	1.0	32.0	3.6	30.0	230.0	31.5	1.0	1.6
Zircon_16	218.9	125.6	0.57	0.0541	0.0150	0.0013	0.0004	0.0374	0.0092	0.0047	0.0002	0.02	30.0	1.3	37.2	8.8	380.0	350.0	30.0	1.3	19.4
Zircon_17	215.2	111	0.52	0.0539	0.0085	0.0016	0.0002	0.0334	0.0049	0.0046	0.0002	0.10	29.7	1.5	34.0	4.8	310.0	310.0	29.7	1.5	12.6
Zircon_18	295.1	174.5	0.59	0.0441	0.0060	0.0017	0.0001	0.0282	0.0031	0.0047	0.0002	-0.13	30.0	1.3	28.2	3.1	-10.0	240.0	30.0	1.3	-6.4
Zircon_19	247.8	136.4	0.55	0.0447	0.0078	0.0018	0.0002	0.0303	0.0049	0.0050	0.0003	0.00	31.9	1.6	30.2	4.8	-70.0	290.0	31.9	1.6	-5.6
Zircon_20	780	467	0.60	0.0475	0.0039	0.0016	0.0001	0.0305	0.0024	0.0047	0.0001	-0.28	29.9	0.8	30.5	2.4	90.0	160.0	29.9	0.8	1.9
Zircon_21	192.4	93.4	0.49	0.0466	0.0084	0.0016	0.0002	0.0314	0.0056	0.0050	0.0003	0.18	32.2	1.8	31.2	5.5	0.0	310.0	32.2	1.8	-3.2
Zircon_22	314	196.4	0.63	0.0495	0.0072	0.0016	0.0001	0.0318	0.0046	0.0047	0.0002	0.16	30.2	1.2	32.3	4.6	120.0	280.0	30.2	1.2	6.5
Zircon_23	332.7	214.4	0.64	0.0518	0.0060	0.0016	0.0001	0.0327	0.0036	0.0048	0.0002	0.07	30.6	1.2	32.7	3.5	250.0	240.0	30.6	1.2	6.4
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>			<b>Relaciones Isotópicas</b>									<b>Edades Aparentes</b>								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-01																					
Zircon_24	330.6	202.5	0.61	0.0533	0.0074	0.0017	0.0002	0.0365	0.0049	0.0049	0.0002	0.01	31.2	1.3	36.2	4.8	280.0	270.0	31.2	1.3	13.8

Zircon_25	243	145	0.60	0.0468	0.0091	0.0015	0.0002	0.0326	0.0061	0.0049	0.0002	-0.07	31.6	1.2	32.4	5.9	40.0	320.0	31.6	1.2	2.5
Zircon_26	241	126.5	0.52	0.0543	0.0085	0.0015	0.0002	0.0356	0.0053	0.0048	0.0002	0.03	30.7	1.0	36.3	5.2	280.0	300.0	30.7	1.0	15.4
Zircon_27	965	606	0.63	0.0605	0.0084	0.0018	0.0002	0.0406	0.0044	0.0048	0.0001	-0.18	30.8	0.8	40.3	4.3	590.0	210.0	30.8	0.8	23.5
Zircon_28	572	404	0.71	0.0493	0.0055	0.0017	0.0001	0.0335	0.0035	0.0048	0.0001	-0.15	30.9	0.9	33.4	3.4	160.0	220.0	30.9	0.9	7.6
Zircon_29	581	382	0.66	0.0471	0.0063	0.0015	0.0001	0.0299	0.0039	0.0047	0.0002	-0.03	30.3	1.0	29.9	3.8	70.0	240.0	30.3	1.0	-1.3
Zircon_30	537	371	0.69	0.0488	0.0055	0.0015	0.0001	0.0316	0.0033	0.0048	0.0002	0.11	31.1	1.1	31.6	3.2	110.0	220.0	31.1	1.1	1.6
Zircon_31	229.8	147	0.64	0.0570	0.0099	0.0018	0.0002	0.0371	0.0061	0.0048	0.0002	-0.14	30.5	1.5	36.8	5.9	420.0	350.0	30.5	1.5	17.1
Zircon_32	397	274	0.69	0.0528	0.0051	0.0016	0.0002	0.0338	0.0030	0.0046	0.0002	-0.01	29.9	1.2	33.7	2.9	280.0	200.0	29.9	1.2	11.3
Zircon_33	272.8	157.1	0.58	0.0465	0.0073	0.0018	0.0002	0.0313	0.0049	0.0047	0.0002	0.14	30.3	1.3	31.2	4.8	-30.0	290.0	30.3	1.3	2.9
Zircon_34	277.3	150.5	0.54	0.0498	0.0160	0.0018	0.0003	0.0318	0.0098	0.0047	0.0002	-0.16	30.4	1.1	31.6	9.4	80.0	420.0	30.4	1.1	3.8
Zircon_35_JUC01	207.9	104.55	0.50	0.1050	0.0170	0.0031	0.0005	0.0723	0.0130	0.0052	0.0003	0.08	33.6	1.6	70.5	11.0	1700.0	260.0	33.6	1.6	52.3

Muestra	Concentración	Relaciones Isotópicas										Edades Apparentes				
---------	---------------	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------	--	--	--	--

	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-41																					
Zr_Juc41_27	1008	710	0.70	0.0482	0.0055	0.0299	0.0033	0.0045	0.0001	0.0013	0.0001	-0.09	28.8	0.9	29.9	3.2	130.0	240.0	28.8	0.9	3.6
Zr_Juc41	850	637.3	0.75	0.0558	0.0089	0.0339	0.0050	0.0045	0.0001	0.0015	0.0002	-0.09	29.1	0.8	33.8	4.9	340.0	340.0	29.1	0.8	14.0
Zr_Juc41_39	569	385	0.68	0.0513	0.0072	0.0321	0.0045	0.0045	0.0002	0.0018	0.0002	-0.17	29.1	1.0	32.0	4.4	320.0	330.0	29.1	1.0	9.1
Zr_Juc41_21	536	260.7	0.49	0.0586	0.0076	0.0359	0.0044	0.0045	0.0001	0.0016	0.0002	-0.07	29.2	0.8	35.7	4.3	580.0	240.0	29.2	0.8	18.3
Zr_Juc41_13	748	529	0.71	0.0474	0.0048	0.0301	0.0030	0.0046	0.0001	0.0015	0.0001	0.05	29.5	0.6	30.1	3.0	50.0	200.0	29.5	0.6	1.9
Zr_Juc41_24	1151	699	0.61	0.0535	0.0051	0.0343	0.0033	0.0046	0.0001	0.0016	0.0001	0.09	29.6	0.8	34.3	3.2	360.0	220.0	29.6	0.8	13.8
Zr_Juc41_20	460.5	240.1	0.52	0.0525	0.0082	0.0335	0.0048	0.0046	0.0002	0.0015	0.0002	-0.14	29.6	1.2	34.3	4.4	270.0	290.0	29.6	1.2	13.7
Zr_Juc41_19	1167.3	948	0.81	0.0516	0.0047	0.0323	0.0029	0.0046	0.0001	0.0013	0.0001	0.48	29.7	0.8	32.2	2.9	240.0	200.0	29.7	0.8	7.9
Zr_Juc41_3	1123.5	779	0.69	0.0543	0.0069	0.0345	0.0041	0.0046	0.0001	0.0017	0.0002	-0.25	29.7	0.9	34.4	4.0	320.0	280.0	29.7	0.9	13.8
Zr_Juc41_26	545.6	297.8	0.55	0.0683	0.0091	0.0417	0.0049	0.0046	0.0002	0.0017	0.0003	0.13	29.7	1.4	41.4	4.8	930.0	270.0	29.7	1.4	28.3
Zr_Juc41_12	616	352	0.57	0.0552	0.0066	0.0356	0.0041	0.0046	0.0001	0.0017	0.0002	-0.08	29.8	0.8	35.4	4.0	330.0	250.0	29.8	0.8	15.8
Zr_Juc41_35	980	685	0.70	0.0569	0.0052	0.0364	0.0034	0.0046	0.0001	0.0017	0.0001	-0.05	29.8	0.8	36.3	3.3	420.0	200.0	29.8	0.8	17.8
Zr_Juc41_33	696	393	0.56	0.0495	0.0047	0.0316	0.0029	0.0046	0.0001	0.0015	0.0002	0.13	29.9	0.6	31.5	2.9	130.0	200.0	29.9	0.6	5.2
Zr_Juc41_7	852.6	587	0.69	0.0510	0.0053	0.0323	0.0032	0.0047	0.0002	0.0017	0.0002	0.07	29.9	1.3	32.3	3.2	210.0	230.0	29.9	1.3	7.4
Zr_Juc41_17	582	380	0.65	0.0554	0.0075	0.0354	0.0044	0.0047	0.0001	0.0015	0.0001	-0.45	30.0	0.8	35.2	4.4	330.0	240.0	30.0	0.8	14.7
Zr_Juc41_6	877	523.1	0.60	0.0492	0.0048	0.0318	0.0029	0.0047	0.0001	0.0016	0.0001	-0.25	30.1	0.8	31.8	2.8	190.0	220.0	30.1	0.8	5.4
<del>Zr_Juc41_28</del>	<del>1163</del>	<del>695</del>	<del>0.60</del>	<del>0.0820</del>	<del>0.0082</del>	<del>0.0521</del>	<del>0.0051</del>	<del>0.0047</del>	<del>0.0001</del>	<del>0.0020</del>	<del>0.0002</del>	<del>0.32</del>	<del>30.1</del>	<del>0.8</del>	<del>51.5</del>	<del>4.9</del>	<del>1220.0</del>	<del>200.0</del>	<del>30.1</del>	<del>0.8</del>	<del>41.5</del>
Zr_Juc41_37	810	1043	1.29	0.0552	0.0071	0.0360	0.0047	0.0047	0.0002	0.0016	0.0001	0.07	30.2	1.0	35.9	4.6	410.0	290.0	30.2	1.0	16.0

Zr_Juc41_1	500.5	281	0.56	0.0552	0.0078	0.0367	0.0053	0.0047	0.0002	0.0016	0.0002	0.30	30.2	1.1	36.5	5.2	340.0	300.0	30.2	1.1	17.3
Zr_Juc41_42	804	585	0.73	0.0503	0.0058	0.0325	0.0036	0.0047	0.0001	0.0016	0.0001	-0.11	30.2	0.7	32.4	3.5	220.0	250.0	30.2	0.7	6.7
Zr_Juc41_16	481	300	0.62	0.0577	0.0082	0.0364	0.0059	0.0047	0.0002	0.0016	0.0002	-0.24	30.3	1.2	36.2	5.8	370.0	310.0	30.3	1.2	16.3
Zr_Juc41_25	1334	1097	0.82	0.0480	0.0034	0.0305	0.0020	0.0047	0.0001	0.0014	0.0001	0.09	30.3	0.7	30.4	2.0	100.0	150.0	30.3	0.7	0.3
Zr_Juc41_34	2205	2183	0.99	0.0512	0.0037	0.0333	0.0023	0.0047	0.0001	0.0015	0.0001	-0.16	30.4	0.6	33.3	2.3	220.0	150.0	30.4	0.6	8.9
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>			<b>Relaciones Isotópicas</b>									<b>Edades Aparentes</b>								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-41																					
Zr_Juc41_8	712	470	0.66	0.0539	0.0076	0.0340	0.0047	0.0047	0.0002	0.0016	0.0002	0.15	30.4	1.1	33.9	4.6	370.0	270.0	30.4	1.1	10.3
Zr_Juc41_11	627	406	0.65	0.0497	0.0052	0.0325	0.0037	0.0047	0.0001	0.0017	0.0001	0.05	30.4	0.8	32.9	3.5	210.0	220.0	30.4	0.8	7.5
Zr_Juc41_23	524	292.9	0.56	0.0620	0.0086	0.0390	0.0047	0.0047	0.0002	0.0018	0.0002	-0.12	30.4	1.0	38.8	4.6	690.0	300.0	30.4	1.0	21.6
Zr_Juc41_9	416.9	218.5	0.52	0.0704	0.0080	0.0472	0.0044	0.0047	0.0002	0.0021	0.0003	-0.25	30.5	1.3	46.7	4.3	990.0	210.0	30.5	1.3	34.7
Zr_Juc41_36	1527	1226	0.80	0.0503	0.0056	0.0328	0.0035	0.0048	0.0001	0.0017	0.0001	-0.11	30.6	0.9	32.8	3.5	180.0	240.0	30.6	0.9	6.7
Zr_Juc41_2	1264	1077	0.85	0.0498	0.0042	0.0329	0.0028	0.0048	0.0002	0.0015	0.0001	-0.05	30.7	1.0	32.9	2.7	170.0	190.0	30.7	1.0	6.8
Zr_Juc41_14	908.1	665	0.73	0.0493	0.0065	0.0329	0.0047	0.0048	0.0001	0.0015	0.0002	0.61	30.7	0.9	32.8	4.6	130.0	280.0	30.7	0.9	6.4
Zr_Juc41_43	1116	875	0.78	0.0469	0.0040	0.0306	0.0025	0.0048	0.0001	0.0017	0.0001	0.08	30.7	0.7	30.5	2.5	30.0	170.0	30.7	0.7	-0.8
Zr_Juc41_29	587.1	365	0.62	0.0548	0.0067	0.0358	0.0039	0.0048	0.0001	0.0016	0.0001	-0.12	30.8	0.9	35.7	3.8	300.0	250.0	30.8	0.9	13.8
Zr_Juc41_40	584.3	350.9	0.60	0.0709	0.0085	0.0450	0.0051	0.0048	0.0002	0.0019	0.0002	0.25	30.8	1.3	46.3	5.8	930.0	220.0	30.8	1.3	33.5
Zr_Juc41_10	522	263	0.50	0.0621	0.0062	0.0406	0.0039	0.0048	0.0002	0.0017	0.0002	0.15	31.0	1.3	40.4	3.9	720.0	210.0	31.0	1.3	23.3
Zr_Juc41_38	633	476	0.75	0.1312	0.0100	0.0864	0.0061	0.0048	0.0001	0.0026	0.0002	0.02	31.0	0.9	84.1	5.7	2120.0	130.0	31.0	0.9	63.1

Zr_Juc41_41	1159	695	0.60	0.0586	0.0056	0.0384	0.0035	0.0048	0.0001	0.0019	0.0002	-0.26	31.0	0.6	38.3	3.4	490.0	210.0	31.0	0.6	19.0
Zr_Juc41_22	504	254.4	0.50	0.0555	0.0081	0.0370	0.0054	0.0048	0.0002	0.0016	0.0002	-0.18	31.1	1.0	36.8	5.2	390.0	310.0	31.1	1.0	15.5
Zr_Juc41_18	743	523	0.70	0.0595	0.0066	0.0389	0.0039	0.0048	0.0001	0.0015	0.0001	-0.16	31.1	0.9	38.7	3.8	490.0	240.0	31.1	0.9	19.6
Zr_Juc41_4	975	866	0.89	0.0560	0.0110	0.0380	0.0072	0.0049	0.0002	0.0020	0.0002	-0.15	31.5	1.2	37.8	7.0	450.0	350.0	31.5	1.2	16.7
Zr_Juc41_31	722.00	518.00	0.72	0.08	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.21	31.61	0.73	56.60	5.20	1290.00	210.00	31.61	0.73	44.15
Zr_Juc41_32	731.70	510.90	0.70	0.08	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.59	31.68	0.99	52.10	4.50	1110.00	210.00	31.68	0.99	39.19
Zr_Juc41_30	916.30	640.30	0.70	0.11	0.01	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	32.07	0.76	71.10	6.90	1730.00	200.00	32.07	0.76	54.89
Zr_Juc41_5	350.00	184.00	0.53	0.09	0.01	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.14	32.44	0.93	60.10	5.70	1310.00	220.00	32.44	0.93	46.02
Zr_Juc41_15	1076.00	896.00	0.83	0.10	0.01	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.52	32.70	1.10	67.40	8.40	1500.00	230.00	32.70	1.10	51.48

Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes						Best age (Ma)	±2s	Disc %
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s			
JUC-29																					
Zircon_136_JUC29	122	55.4	0.45	0.0560	0.0160	0.0016	0.0003	0.0272	0.0067	0.0041	0.0003	-0.34	26.7	2.2	27.0	6.6	40.0	470.0	26.7	2.2	1.1
Zircon_137	334	162	0.49	0.0462	0.0110	0.0015	0.0003	0.0308	0.0076	0.0046	0.0002	0.09	29.7	1.6	30.6	7.3	70.0	360.0	29.7	1.6	2.9
Zircon_138	121.2	75	0.62	0.0490	0.0120	0.0017	0.0002	0.0321	0.0074	0.0047	0.0003	-0.01	30.1	1.8	31.7	7.2	60.0	420.0	30.1	1.8	5.0
Zircon_139	256	112.9	0.44	0.0520	0.0091	0.0014	0.0002	0.0245	0.0042	0.0034	0.0002	-0.08	22.0	1.2	24.5	4.1	150.0	350.0	22.0	1.2	10.2
Zircon_140	190	89	0.47	0.0510	0.0090	0.0015	0.0002	0.0267	0.0050	0.0039	0.0002	-0.08	25.3	1.5	26.5	5.0	100.0	390.0	25.3	1.5	4.5
Zircon_141	1083	791	0.73	0.0460	0.0040	0.0012	0.0001	0.0237	0.0018	0.0037	0.0001	-0.13	23.9	0.7	23.8	1.8	10.0	180.0	23.9	0.7	-0.3



Zircon_142	729	322	0.44	0.0479	0.0058	0.0012	0.0001	0.0227	0.0028	0.0034	0.0001	0.08	22.0	0.7	22.7	2.8	60.0	240.0	22.0	0.7	3.1
Zircon_143	309	263	0.85	0.1180	0.0160	0.0018	0.0002	0.0601	0.0085	0.0037	0.0002	0.10	23.8	1.2	59.0	8.0	1820.0	220.0	23.8	1.2	59.7
Zircon_144	299	140	0.47	0.0506	0.0078	0.0013	0.0002	0.0295	0.0043	0.0042	0.0002	0.20	27.2	1.1	29.5	4.3	130.0	290.0	27.2	1.1	7.8
Zircon_145	202.6	75	0.37	0.0500	0.0110	0.0018	0.0003	0.0301	0.0065	0.0042	0.0002	-0.12	27.0	1.5	29.9	6.3	190.0	380.0	27.0	1.5	9.7
Zircon_146	506	160	0.32	0.0527	0.0057	0.0017	0.0002	0.0296	0.0030	0.0042	0.0001	0.09	27.2	0.9	29.6	3.0	250.0	230.0	27.2	0.9	8.0
Zircon_147	725	330.1	0.46	0.0661	0.0130	0.0015	0.0003	0.0345	0.0075	0.0039	0.0002	0.08	25.2	1.0	34.4	7.1	780.0	300.0	25.2	1.0	26.8
Zircon_148	104.4	54.7	0.52	0.0720	0.0140	0.0020	0.0003	0.0433	0.0089	0.0047	0.0003	-0.03	30.1	2.1	42.8	8.6	740.0	330.0	30.1	2.1	29.7
Zircon_149	227.8	102.4	0.45	0.0790	0.0140	0.0016	0.0002	0.0381	0.0064	0.0036	0.0002	-0.08	23.2	1.1	37.7	6.2	1020.0	360.0	23.2	1.1	38.5
Zircon_150	734	309	0.42	0.0487	0.0052	0.0012	0.0001	0.0241	0.0025	0.0035	0.0001	0.06	22.8	0.7	24.2	2.5	150.0	210.0	22.8	0.7	6.0
Zircon_151	225.9	107	0.47	0.0515	0.0086	0.0013	0.0002	0.0258	0.0041	0.0038	0.0002	0.08	24.3	1.2	25.7	4.1	220.0	310.0	24.3	1.2	5.4
Zircon_152	311	213	0.68	0.0564	0.0096	0.0013	0.0001	0.0292	0.0047	0.0039	0.0002	0.17	24.7	1.2	29.0	4.6	300.0	330.0	24.7	1.2	14.8
Zircon_153	233.9	143.3	0.61	0.0870	0.0670	0.0019	0.0038	0.0432	0.1100	0.0037	0.0010	-0.02	23.5	6.7	42.7	78.0	1370.0	500.0	23.5	6.7	45.0
Zircon_154	227	135.1	0.60	0.0560	0.0110	0.0014	0.0002	0.0298	0.0051	0.0040	0.0002	-0.25	25.7	1.1	30.7	5.0	240.0	340.0	25.7	1.1	16.3
Zircon_155	462	283	0.61	0.0489	0.0055	0.0013	0.0001	0.0258	0.0029	0.0039	0.0001	0.00	24.9	0.9	25.8	2.8	110.0	230.0	24.9	0.9	3.6
Zircon_156	197.8	98.5	0.50	0.0520	0.0086	0.0012	0.0002	0.0251	0.0043	0.0037	0.0002	-0.17	23.6	1.3	25.9	4.2	120.0	300.0	23.6	1.3	8.9
Zircon_157	79.3	29.32	0.37	0.0440	0.0680	0.0012	0.0031	0.0430	0.0700	0.0050	0.0006	0.32	31.8	4.0	42.0	57.0	70.0	480.0	31.8	4.0	24.3
Zircon_158	1208	1126	0.93	0.0478	0.0040	0.0012	0.0001	0.0252	0.0019	0.0039	0.0001	0.02	25.1	0.6	25.3	1.9	90.0	160.0	25.1	0.6	0.9
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>			<b>Relaciones Isotópicas</b>									<b>Edades Aparentes</b>								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>38</sup> U	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-29																					

Zircon_159	382	190.5	0.50	0.0568	0.0060	0.0018	0.0002	0.0355	0.0036	0.0046	0.0002	-0.08	29.3	1.2	35.4	3.5	410.0	230.0	29.3	1.2	17.2
Zircon_160	<del>104.2</del>	<del>92.9</del>	<del>0.89</del>	<del>0.1040</del>	<del>0.0350</del>	<del>0.0019</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.0700</del>	<del>0.0220</del>	<del>0.0047</del>	<del>0.0004</del>	<del>0.01</del>	<del>30.5</del>	<del>2.5</del>	<del>71.0</del>	<del>19.0</del>	<del>1650.0</del>	<del>400.0</del>	<del>30.5</del>	<del>2.5</del>	<del>57.0</del>
Zircon_161	139	140	1.01	0.0610	0.0160	0.0016	0.0002	0.0370	0.0076	0.0045	0.0003	-0.23	29.1	2.0	36.8	7.3	430.0	370.0	29.1	2.0	20.9
Zircon_162	799	333	0.42	0.0513	0.0053	0.0012	0.0001	0.0241	0.0023	0.0035	0.0001	0.12	22.6	0.8	24.2	2.3	270.0	200.0	22.6	0.8	6.6
Zircon_163	432	114.7	0.27	0.0509	0.0260	0.0016	0.0011	0.0304	0.0190	0.0043	0.0002	0.42	27.4	1.4	30.4	17.0	240.0	400.0	27.4	1.4	9.9
Zircon_164	<del>258</del>	<del>133.6</del>	<del>0.52</del>	<del>0.2310</del>	<del>0.0300</del>	<del>0.0069</del>	<del>0.0005</del>	<del>0.2010</del>	<del>0.0270</del>	<del>0.0062</del>	<del>0.0003</del>	<del>0.44</del>	<del>39.7</del>	<del>2.1</del>	<del>184.0</del>	<del>22.0</del>	<del>3010.0</del>	<del>160.0</del>	<del>39.7</del>	<del>2.1</del>	<del>78.4</del>
Zircon_165	528	272.1	0.52	0.0529	0.0073	0.0014	0.0001	0.0242	0.0029	0.0034	0.0001	-0.07	22.0	0.9	24.2	2.9	250.0	250.0	22.0	0.9	9.1
Zircon_166	<del>812</del>	<del>866</del>	<del>1.07</del>	<del>0.1020</del>	<del>0.0180</del>	<del>0.0018</del>	<del>0.0003</del>	<del>0.0577</del>	<del>0.0130</del>	<del>0.0041</del>	<del>0.0002</del>	<del>0.16</del>	<del>26.6</del>	<del>1.0</del>	<del>56.8</del>	<del>12.0</del>	<del>1610.0</del>	<del>220.0</del>	<del>26.6</del>	<del>1.0</del>	<del>53.2</del>
Zircon_167	334	142	0.43	0.0457	0.0066	0.0017	0.0002	0.0245	0.0038	0.0039	0.0002	0.18	25.0	1.3	24.5	3.7	-40.0	260.0	25.0	1.3	-2.0
Zircon_168	<del>225.5</del>	<del>199.6</del>	<del>0.89</del>	<del>0.1320</del>	<del>0.0210</del>	<del>0.0020</del>	<del>0.0004</del>	<del>0.0820</del>	<del>0.0180</del>	<del>0.0046</del>	<del>0.0003</del>	<del>0.55</del>	<del>29.8</del>	<del>1.8</del>	<del>79.0</del>	<del>16.0</del>	<del>2100.0</del>	<del>230.0</del>	<del>29.8</del>	<del>1.8</del>	<del>62.3</del>
Zircon_169	308	144.4	0.47	0.0519	0.0062	0.0011	0.0001	0.0255	0.0032	0.0036	0.0001	-0.09	23.3	0.9	26.2	3.2	220.0	250.0	23.3	0.9	11.1
Zircon_170_JUC29	887.3	580	0.65	0.0513	0.0360	0.0013	0.0009	0.0259	0.0300	0.0038	0.0003	0.49	24.3	1.7	25.9	26.0	230.0	420.0	24.3	1.7	6.2

Muestra	Concentración	Relaciones Isotópicas										Edades Apparentes			
---------	---------------	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------	--	--	--

	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-15																					
Zr_Juc15_Exp2_5	226	168	0.74	0.1570	0.0200	0.0839	0.0100	0.0036	0.0002	0.0028	0.0003	-0.07	23.4	1.3	81.5	9.4	2460.0	240.0	23.4	1.3	<del>71.3</del>
Zircon-30_Juc15	182.9	81.3	0.44	0.1090	0.0320	0.0560	0.0150	0.0037	0.0003	0.0027	0.0006	-0.35	23.5	1.6	54.0	14.0	1290.0	630.0	23.5	1.6	<del>56.5</del>
Zircon-14_2	204	118.9	0.58	0.1430	0.0250	0.0770	0.0130	0.0037	0.0003	0.0029	0.0004	-0.08	23.7	1.8	75.0	12.0	2160.0	340.0	23.7	1.8	<del>68.4</del>
Zr_Juc15_Exp2_25	352	650	1.85	0.0980	0.0170	0.0535	0.0090	0.0039	0.0002	0.0016	0.0002	-0.08	24.9	1.2	52.8	8.7	1550.0	310.0	24.9	1.2	<del>52.8</del>
Zircon-04_2	366.1	140.9	0.38	0.1060	0.0190	0.0580	0.0100	0.0039	0.0003	0.0034	0.0005	0.29	25.2	1.6	57.3	10.0	1650.0	340.0	25.2	1.6	<del>56.0</del>
Zircon-17_2	191	106.7	0.56	0.2650	0.0680	0.1600	0.0360	0.0040	0.0004	0.0059	0.0011	-0.04	25.5	2.6	157.0	29.0	3320.0	400.0	25.5	2.6	<del>83.8</del>
Zr_Juc15_Exp2_12	231.1	118.7	0.51	0.0938	0.0100	0.0522	0.0055	0.0041	0.0002	0.0022	0.0003	0.38	26.3	1.4	51.6	5.3	1450.0	210.0	26.3	1.4	<del>49.0</del>
Zircon-16_2	205.3	140.6	0.68	0.1120	0.0250	0.0650	0.0140	0.0043	0.0004	0.0020	0.0004	0.06	27.5	2.4	63.0	13.0	1600.0	440.0	27.5	2.4	<del>56.3</del>
Zircon-07_2	700.9	587	0.84	0.0570	0.0150	0.0380	0.0097	0.0046	0.0003	0.0021	0.0002	0.09	29.6	1.7	37.6	9.5	510.0	490.0	29.6	1.7	21.3
Zircon-15_2	189	119.5	0.63	0.1040	0.0220	0.0620	0.0120	0.0046	0.0004	0.0023	0.0004	0.06	29.8	2.4	60.0	11.0	1420.0	430.0	29.8	2.4	<del>50.3</del>
Zr_Juc15_Exp2_27	534	425	0.80	0.0960	0.0120	0.0620	0.0071	0.0047	0.0002	0.0023	0.0002	-0.30	30.1	1.4	61.0	6.8	1450.0	230.0	30.1	1.4	<del>50.7</del>
Zircon-11_1	2230	2190	0.98	0.0473	0.0046	0.0312	0.0030	0.0047	0.0001	0.0015	0.0001	0.06	30.2	0.8	31.2	3.0	40.0	200.0	30.2	0.8	3.2
Zr_Juc15_Exp2_22	370	188	0.51	0.1120	0.0140	0.0742	0.0095	0.0047	0.0002	0.0034	0.0003	0.16	30.3	1.4	72.4	8.9	1780.0	230.0	30.3	1.4	<del>58.1</del>
Zr_Juc15_Exp2_6	1500	997	0.66	0.0575	0.0048	0.0378	0.0033	0.0047	0.0001	0.0018	0.0002	0.05	30.4	0.8	37.6	3.2	520.0	170.0	30.4	0.8	19.2
Zircon-06_2	250.2	134.2	0.54	0.0710	0.0190	0.0450	0.0110	0.0047	0.0004	0.0022	0.0004	-0.08	30.4	2.4	44.0	11.0	450.0	550.0	30.4	2.4	<del>30.9</del>
Zircon-10_2	405	242	0.60	0.0960	0.0160	0.0653	0.0092	0.0047	0.0003	0.0022	0.0004	-0.03	30.4	1.9	63.9	8.7	1420.0	330.0	30.4	1.9	<del>52.4</del>
Zr_Juc15_Exp2_29	1176	814.2	0.69	0.0588	0.0056	0.0395	0.0041	0.0048	0.0001	0.0018	0.0002	0.33	30.5	0.8	39.3	4.0	550.0	210.0	30.5	0.8	22.3
Zircon-09_2	338.8	221.2	0.65	0.0620	0.0120	0.0446	0.0086	0.0048	0.0003	0.0018	0.0003	-0.03	30.6	1.7	44.0	8.3	590.0	400.0	30.6	1.7	<del>30.5</del>

Zircon-13_2	1255	915	0.73	0.0504	0.0056	0.0332	0.0041	0.0048	0.0002	0.0016	0.0001	0.13	30.8	0.9	33.1	4.0	150.0	230.0	30.8	0.9	7.0
Zr_Juc15_Exp2_28	321	129.3	0.40	0.1104	0.0100	0.0734	0.0074	0.0048	0.0002	0.0031	0.0003	0.40	30.8	1.3	71.8	7.0	1770.0	180.0	30.8	1.3	<del>57.1</del>
Zr_Juc15_Exp2_2	385.3	275	0.71	0.0862	0.0095	0.0575	0.0063	0.0048	0.0002	0.0022	0.0002	0.10	31.0	1.3	56.6	6.0	1320.0	220.0	31.0	1.3	<del>45.2</del>
Zr_Juc15_Exp2_7	64.6	48.2	0.75	0.2920	0.0680	0.1880	0.0370	0.0048	0.0005	0.0056	0.0011	0.15	31.0	3.4	173.0	31.0	3350.0	360.0	31.0	3.4	<del>82.1</del>
Zr_Juc15_Exp2_21	497	371	0.75	0.0979	0.0100	0.0697	0.0077	0.0049	0.0002	0.0023	0.0002	0.33	31.3	1.5	68.2	7.3	1620.0	190.0	31.3	1.5	<del>54.1</del>
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-15																					
Zr_Juc15_Exp2_17	336.7	238.9	0.71	0.1170	0.0160	0.0847	0.0100	0.0049	0.0003	0.0028	0.0003	0.11	31.7	1.6	82.3	9.6	1880.0	240.0	31.7	1.6	<del>61.5</del>
Zr_Juc15_Exp2_30	90.3	56.1	0.62	0.1880	0.0350	0.1280	0.0230	0.0049	0.0004	0.0037	0.0005	0.03	31.7	2.4	120.0	20.0	2560.0	360.0	31.7	2.4	<del>73.6</del>
Zr_Juc15_Exp2_3	1353	999	0.74	0.0701	0.0065	0.0483	0.0047	0.0049	0.0001	0.0019	0.0002	-0.11	31.8	0.8	47.8	4.5	920.0	190.0	31.8	0.8	<del>33.5</del>
Zr_Juc15_Exp2_1	461	332.1	0.72	0.0692	0.0087	0.0479	0.0065	0.0049	0.0002	0.0021	0.0002	0.22	31.8	1.3	47.4	6.3	820.0	280.0	31.8	1.3	<del>32.9</del>
Zircon-27_1	1365	592.9	0.43	0.0530	0.0058	0.0372	0.0040	0.0050	0.0002	0.0017	0.0002	0.27	32.1	1.1	37.1	3.9	320.0	220.0	32.1	1.1	13.6
Zr_Juc15_Exp2_9	367	301	0.82	0.0860	0.0130	0.0614	0.0100	0.0050	0.0002	0.0022	0.0003	0.39	32.1	1.4	60.2	10.0	1310.0	320.0	32.1	1.4	<del>46.7</del>
Zr_Juc15_Exp2_18	237.8	106.4	0.45	0.1080	0.0170	0.0800	0.0130	0.0050	0.0003	0.0040	0.0005	-0.16	32.2	1.8	78.0	12.0	1780.0	310.0	32.2	1.8	<del>58.7</del>
Zr_Juc15_Exp2_20	230.2	131.5	0.57	0.1250	0.0160	0.0879	0.0110	0.0050	0.0003	0.0035	0.0005	0.15	32.2	1.7	85.4	10.0	2110.0	210.0	32.2	1.7	<del>62.3</del>
Zircon-20_2	270	159	0.59	0.0770	0.0170	0.0550	0.0120	0.0051	0.0004	0.0023	0.0003	0.01	32.5	2.4	53.0	12.0	930.0	470.0	32.5	2.4	<del>38.7</del>
Zircon-01_Juc15	313	247.9	0.79	0.1270	0.0190	0.0882	0.0110	0.0051	0.0004	0.0032	0.0004	-0.11	32.8	2.3	85.5	10.0	1980.0	280.0	32.8	2.3	<del>61.6</del>
Zircon-12_2	627	525	0.84	0.0910	0.0120	0.0653	0.0086	0.0052	0.0002	0.0023	0.0002	0.15	33.2	1.5	64.0	8.2	1330.0	290.0	33.2	1.5	<del>48.1</del>
Zircon-02_1	92.2	40.7	0.44	0.1280	0.0380	0.0840	0.0210	0.0052	0.0005	0.0043	0.0010	-0.18	33.6	3.2	79.0	20.0	1380.0	660.0	33.6	3.2	<del>57.5</del>

Zircon-22_1	453	354	0.78	0.0725	0.0100	0.0525	0.0072	0.0053	0.0002	0.0024	0.0003	-0.05	33.9	1.4	51.7	6.9	820.0	300.0	33.9	1.4	<del>34.4</del>
Zircon-05_1	108.7	43.9	0.40	0.1560	0.0420	0.0990	0.0200	0.0053	0.0005	0.0055	0.0011	0.07	34.0	3.2	98.0	17.0	1910.0	460.0	34.0	3.2	<del>65.3</del>
Zircon-28_1	275.1	235.3	0.86	0.0810	0.0130	0.0597	0.0098	0.0053	0.0003	0.0023	0.0003	0.19	34.0	1.9	58.6	9.5	1220.0	330.0	34.0	1.9	<del>42.0</del>
Zircon-21_1	170.1	172.5	1.01	0.2340	0.0300	0.1630	0.0200	0.0053	0.0004	0.0036	0.0004	0.05	34.1	2.4	152.0	17.0	3050.0	210.0	34.1	2.4	<del>77.6</del>
Zr_Juc15_Exp2_4	354	266	0.75	0.1150	0.0150	0.0850	0.0110	0.0053	0.0003	0.0030	0.0004	0.24	34.3	2.0	82.3	10.0	1830.0	260.0	34.3	2.0	<del>58.3</del>
Zircon-29	178.7	105	0.59	0.1200	0.0200	0.0860	0.0130	0.0054	0.0003	0.0033	0.0004	-0.14	34.5	2.2	84.0	12.0	1830.0	340.0	34.5	2.2	<del>58.9</del>
Zircon-26_1	238.7	110	0.46	0.0790	0.0120	0.0587	0.0089	0.0054	0.0003	0.0026	0.0004	0.19	34.7	2.1	57.6	8.5	960.0	320.0	34.7	2.1	<del>39.8</del>
Zr_Juc15_Exp2_13	126.4	68.8	0.54	0.1450	0.0190	0.1040	0.0130	0.0054	0.0004	0.0039	0.0006	0.20	34.7	2.5	100.0	12.0	2270.0	250.0	34.7	2.5	<del>65.3</del>
Zircon-08_2	56.9	41.7	0.73	0.2090	0.0780	0.1500	0.0540	0.0055	0.0008	0.0053	0.0012	-0.09	35.1	5.2	145.0	44.0	2650.0	930.0	35.1	5.2	<del>75.8</del>
Zircon-18_2	171.8	178.6	1.04	0.1280	0.0430	0.0820	0.0260	0.0055	0.0005	0.0022	0.0004	0.34	35.1	3.4	78.0	24.0	1710.0	640.0	35.1	3.4	<del>55.0</del>
Zr_Juc15_Exp2_14	128.1	42.79	0.33	0.2260	0.0270	0.1750	0.0200	0.0056	0.0004	0.0085	0.0012	-0.02	35.6	2.3	167.0	18.0	2990.0	210.0	35.6	2.3	<del>78.7</del>
Muestra	Concentración			Relaciones Isotópicas									Edades Aparentes								
	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
JUC-15																					
Zr_Juc15_Exp2_11	96	49.69	0.52	0.2390	0.0340	0.1750	0.0220	0.0056	0.0004	0.0077	0.0010	0.22	35.9	2.8	167.0	20.0	3040.0	230.0	35.9	2.8	<del>78.5</del>
Zircon-03_2	94	39.4	0.42	0.1670	0.0650	0.1330	0.0460	0.0056	0.0008	0.0103	0.0030	0.37	36.0	5.0	124.0	41.0	2070.0	890.0	36.0	5.0	<del>71.0</del>
Zr_Juc15_Exp2_23	309.6	186.5	0.60	0.1560	0.0250	0.1210	0.0160	0.0057	0.0004	0.0045	0.0007	-0.41	36.4	2.3	116.0	14.0	2500.0	270.0	36.4	2.3	<del>68.6</del>
Zr_Juc15_Exp2_16	178	89.3	0.50	0.2170	0.0250	0.1800	0.0200	0.0057	0.0004	0.0067	0.0008	0.28	36.7	2.8	168.0	17.0	2940.0	190.0	36.7	2.8	<del>78.2</del>
Zr_Juc15_Exp2_26	266.7	125.2	0.47	0.1580	0.0260	0.1220	0.0170	0.0058	0.0003	0.0051	0.0005	-0.21	37.0	2.0	119.0	15.0	2310.0	300.0	37.0	2.0	<del>68.9</del>
Zr_Juc15_Exp2_8	78.9	40.6	0.51	0.3030	0.0520	0.2410	0.0350	0.0058	0.0006	0.0102	0.0013	0.04	37.4	3.8	217.0	29.0	3270.0	300.0	37.4	3.8	<del>82.8</del>

Zr_Juc15_Exp2_10	207	117	0.57	0.2170	0.0360	0.1670	0.0220	0.0059	0.0005	0.0062	0.0011	-0.25	37.8	3.0	161.0	20.0	2840.0	310.0	37.8	3.0	<del>76.5</del>
Zr_Juc15_Exp2_24	121	63.9	0.53	0.1340	0.0310	0.1160	0.0310	0.0059	0.0006	0.0031	0.0009	0.56	38.1	3.5	110.0	28.0	2040.0	520.0	38.1	3.5	<del>65.4</del>
Zr_Juc15_Exp2	89.9	90.6	1.01	0.1600	0.0220	0.1390	0.0220	0.0059	0.0006	0.0039	0.0006	0.42	38.2	3.5	131.0	20.0	2640.0	260.0	38.2	3.5	<del>70.8</del>
Zr_Juc15_Exp2_15	132.8	45.3	0.34	0.1960	0.0330	0.1600	0.0240	0.0060	0.0004	0.0096	0.0010	-0.12	38.6	2.8	150.0	21.0	2760.0	290.0	38.6	2.8	<del>74.3</del>
Zircon-23_1	104.5	60.7	0.58	0.3240	0.0610	0.3080	0.0500	0.0069	0.0007	0.0100	0.0014	0.17	44.5	4.2	268.0	39.0	3560.0	300.0	44.5	4.2	<del>83.4</del>
Zr_Juc15_Exp2_19	164	119.3	0.73	0.3360	0.0330	0.3410	0.0300	0.0072	0.0004	0.0092	0.0008	0.15	46.5	2.2	297.0	23.0	3670.0	150.0	46.5	2.2	<del>84.3</del>
Zircon-25_1	47.7	24.01	0.50	0.3400	0.0750	0.3560	0.0700	0.0073	0.0007	0.0093	0.0026	0.11	46.8	4.7	303.0	52.0	3590.0	370.0	46.8	4.7	<del>84.6</del>

## Anexo 2

### Fechamientos Ar-Ar

Datos analíticos de los fechamientos isotópicos por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Las muestras se analizaron en el Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón (LIGAr), Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro, México,

Muestra JUC-05, feldespato

$J = 0.0055077 \pm 0.0000208$

Lab #: BH-81; irradiation JUR-04

	Pwr	<sup>39</sup> Ar	F <sup>39</sup> Ar	<sup>40</sup> Ar <sup>-39</sup> /A <sub>K</sub>	1s	Edad(Ma)	1s	% <sup>40</sup> Ar*	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar	<sup>37</sup> Ar <sub>a</sub> / <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>
<i>1er experimento</i>										
a	0.75	11884	0.0074	2.5578	0.8688	25.150	8.484	11.84	335.2	0.23092
b	1.75	44703	0.0279	2.5441	0.2599	25.017	2.538	50.61	598.3	0.29277
c	3.20	94918	0.0592	2.6526	0.1076	26.076	1.050	84.67	1927.7	0.38449
d	4.60	157739	0.0983	2.8879	0.0668	28.371	0.651	93.94	4873.5	0.30346
e	5.80	100487	0.0626	3.0276	0.1032	29.733	1.005	74.71	1168.4	0.33414
f	7.10	61166	0.0381	2.9247	0.1802	28.730	1.756	99.90	-124565.0	0.86427
g	8.50	115611	0.0721	2.8350	0.0905	27.856	0.882	92.77	4086.9	0.67549
h	9.90	410685	0.2560	2.9638	0.0262	29.111	0.255	97.52	11893.5	0.09577
i	10.90	216186	0.1348	2.9834	0.0493	29.302	0.480	99.26	39990.8	0.03911
j *	11.90	144294	0.0900	2.7738	0.0682	27.259	0.666	91.62	3525.2	0.04712
k *	13.50	246436	0.1536	2.8458	0.0431	27.960	0.420	96.36	8114.2	0.06151
<i>2do experimento</i>										
l	0.75	7178	0.0047	3.1602	1.6189	31.130	15.811	16.80	355.2	0.00157
m	2.70	107139	0.0707	2.5858	0.1052	25.512	1.031	45.14	538.6	0.68501
n	4.10	144084	0.0950	2.7091	0.0749	26.720	0.733	95.10	6032.6	0.75459
o	5.50	102230	0.0674	2.6549	0.1063	26.189	1.041	89.58	2835.8	0.93822
p	7.00	82087	0.0541	2.9846	0.1276	29.415	1.247	99.16	35039.3	0.74366
q	8.50	124936	0.0823	2.7317	0.0827	26.941	0.809	94.19	5081.9	1.60222
r	9.30	126881	0.0836	2.8417	0.0874	28.018	0.855	97.85	13753.0	1.29036
s	10.10	287859	0.1899	2.8333	0.0354	27.936	0.347	96.52	8479.3	0.33510
t	10.90	68609	0.0452	2.9067	0.1560	28.653	1.525	97.27	10830.9	1.82353
u	12.00	439524	0.2900	3.0032	0.0244	29.597	0.239	98.84	25395.7	0.21175
v	13.00	25781	0.0170	2.9394	0.4304	28.973	4.208	88.34	2534.3	1.64589

\*Fracciones excluidas para el calculo de edad de isócrona

*Resultados integrados*

1st	1604107	1.0000	2.8839	0.0220	28.332	0.276	87.86	2433.8	0.20848
2nd	1516308	1.0000	2.8485	0.0238	28.083	0.255	87.94	2449.7	0.69893

*1er experimento*

tp = 29.03 ± 0.20 Ma

Fracciones d-i (n=6), 66.2%<sup>39</sup>Ar; MSWD = 0.74

tc = 28.94 ± 0.33 Ma

Fracciones a-i (n = 9), MSWD= 1.93, (40Ar/36Ar)<sub>i</sub> = 288 ± 16

*2 do experimento*

Wm = 28.98 ± 0.36 Ma

Media Ponderada; fracciones e-k (n=7), 76.2%<sup>39</sup>Ar; MSWD = 3.9

tc = 28.72 ± 0.39 Ma

Fracciones l-v (n = 11), MSWD= 4.78, (40Ar/36Ar)<sub>i</sub> = 275 ± 20

*Resultados combinados*

Wm = 28.96 ± 0.20 Ma

Media ponderada; n=13, MSWD = 2.3

tc = 28.81 ± 0.27 Ma

n = 20, MSWD= 3.2, (40Ar/36Ar)<sub>i</sub> = 280 ± 13



Muestra: JUC-20, sanidino

$J = 0.0054886 \pm 0.0000341$

Lab #: BH-82; irradiation JUR-04

	Pwr	$^{39}\text{Ar}$	F $^{39}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$	1s	Edad(Ma)	1s	% $^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^{36}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}_{Ca} / ^{39}\text{Ar}_K$	
a	*	1.00	17752	0.0092	2.2697	0.6252	22.335	6.115	55.19	659.5	0.02303
b	*	2.50	132383	0.0685	2.7381	0.0756	26.910	0.738	92.11	3744.5	0.02019
c		3.80	94066	0.0486	2.9620	0.1126	29.093	1.097	97.38	11270.6	0.04029
d		5.20	81235	0.0420	2.9124	0.1317	28.610	1.283	95.51	6575.3	0.03789
e		6.60	95380	0.0493	2.8464	0.1030	27.966	1.004	92.88	4152.2	0.04064
f		8.00	39309	0.0203	3.0015	0.2646	29.478	2.578	99.88	244310.0	0.04485
g		9.30	329117	0.1702	3.0582	0.0306	30.030	0.298	99.73	109840.0	0.03904
h		10.30	178507	0.0923	3.0072	0.0607	29.533	0.591	97.11	10209.4	0.03942
i		11.40	302691	0.1565	2.9901	0.0339	29.368	0.330	97.00	9860.0	0.05037
j		12.50	192166	0.0994	3.0646	0.0582	30.093	0.567	99.76	121453.0	0.05663
k		13.70	94114	0.0487	3.0488	0.1093	29.939	1.065	98.31	17489.2	0.04584
l		15.00	377281	0.1951	3.0089	0.0287	29.550	0.279	97.19	10501.5	0.03937

\*Fracciones excluidas para el calculo de la isócrona

Resultados integrados

1934001 1.0000 2.9818 0.0189 29.287 0.258 96.82 9299.7 0.04176

**tp = 29.69 ± 0.16 Ma**

Media ponderada; fracciones f-l (n=7), 78.2% Ar; MSWD = 0.52

**t = 29.78 ± 0.43 Ma**

Fracciones c-l (n = 10 ), MSWD= 0.85, (40Ar/36Ar)<sub>i</sub> = 222 ± 175

Muestra: JUC-27, sanidino

$J = 0.0055150 \pm 0.0000290$

Lab #: BH-80; irradiation JUR-04

	Pwr	$^{39}\text{Ar} \times 10^6$	F $^{39}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$	1s	Age (Ma)	1s	% $^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^{36}\text{Ar}$	$^{17}\text{Ar}_{Ca} / ^{39}\text{Ar}_K$	
a	*	1.00	5252	0.0013	0.7624	1.9883	7.570	19.699	9.10	325.1	0.00062
b	*	3.00	148742	0.0372	2.5788	0.0702	25.477	0.689	60.44	746.9	0.01360
c	*	4.60	143791	0.0360	2.7778	0.0700	27.428	0.686	90.62	3150.2	0.01302
d	*	6.20	112879	0.0283	2.9422	0.0925	29.038	0.905	95.19	6143.3	0.01016
e	*	8.00	97981	0.0245	2.9304	0.1088	28.923	1.065	90.20	3014.3	0.01332
f		9.30	217449	0.0544	3.0162	0.0498	29.763	0.488	92.09	3736.7	0.01115
g		10.50	168272	0.0421	3.0209	0.0634	29.808	0.621	94.49	5364.9	0.01094
h		11.70	209280	0.0524	3.1614	0.0498	31.183	0.487	99.16	35355.3	0.01428
i		12.70	490486	0.1228	3.0606	0.0226	30.197	0.221	95.31	6303.0	0.01081
j		13.50	500631	0.1253	3.1329	0.0218	30.904	0.214	98.53	20146.7	0.01190
k		14.20	767649	0.1921	3.1176	0.0145	30.755	0.142	97.69	12774.8	0.01174
l		14.90	291878	0.0731	3.0806	0.0351	30.393	0.344	96.54	8532.7	0.01113
m		15.60	841060	0.2105	3.1057	0.0121	30.638	0.118	98.74	23390.5	0.01167

\* Fracciones excluidas para el calculo de la isócrona

Resultados integrados

3995351 1.0000 3.0551 0.0097 30.143 0.184 94.64 5511.7 0.01175

**tp = 30.70 ± 0.08 Ma**

Media ponderada fracciones j - m, representing 60.1% of

$^{39}\text{Ar}$  released in 4 consecutive fractions; MSWD = 0.71

**t = 30.83 ± 0.21 Ma**

Fracciones f-m (n = 8 ), MSWD= 1.7, (40Ar/36Ar)<sub>i</sub> = 206 ± 50

### Anexo 3

#### Datos de elementos mayores y traza

Datos de elementos mayores y traza. Para cada muestra se realizan >5 mediciones (Ver capítulo 3).

Muestra	JUC-29	JUC-29	JUC-29	JUC-29	JUC-29	JUC-29	JUC-29	JUC-21	JUC-21	JUC-21	JUC-21	JUC-21	JUC-21	JUC-40	JUC-40	JUC-40	JUC-40	JUC-40
SiO2	61.6	60.9	63.9	64.6	60.1	57.0	61.3	70.5	69.4	70.5	69.4	70.0	70.0	60.1	67.1	67.7	66.1	65.2
TiO2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Al2O3	11.0	10.6	11.8	12.3	10.9	10.1	11.1	11.0	10.8	11.1	11.1	10.9	11.0	9.2	10.3	10.4	10.1	10.0
Fe2O3	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.9	2.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1
MnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
MgO	0.8	1.0	0.8	0.9	0.9	1.2	0.9	1.2	1.5	1.2	1.1	1.2	1.2	1.0	0.8	1.1	1.1	1.0
CaO	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
K2O	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.7	3.1	3.1	3.1	3.0
P2O5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
S	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Co	24.0	25.0	25.0	25.0	24.0	24.0	24.5	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
Ni						18.0	18.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	16.0	22.0		19.0
Cu	7.0	32.0	14.0	7.0	11.0	13.0	14.0	11.0	10.0	13.0	18.0	10.0	12.4					
Zn	58.0	63.0	58.0	56.0	53.0	64.0	58.7	31.0	29.0	36.0	31.0	30.0	31.4	44.0	49.0	42.0	44.0	44.8
Ga	8.0	9.0	12.0	12.0	8.0	10.0	9.8	7.0		6.0		7.0	6.7	8.0	9.0		8.0	8.3
As	5.0	7.0	4.0	8.0	5.0	7.0	6.0	6.0	6.0	4.0	6.0	7.0	5.8	11.0	12.0	13.0	9.0	11.3
Se																2.0	2.0	2.0
Rb	71.0	74.0	76.0	72.0	75.0	75.0	73.8	78.0	79.0	81.0	79.0	77.0	78.8	201.0	224.0	225.0	217.0	216.8
Sr	388.0	397.0	385.0	403.0	388.0	373.0	389.0	276.0	281.0	275.0	282.0	284.0	279.6	1330.0	1554.0	1548.0	1482.0	1478.5
Y	29.0	28.0	29.0	22.0	26.0	28.0	27.0	11.0	11.0	10.0	11.0	11.0	10.8	30.0	21.0	27.0	29.0	26.8
Zr	167.0	175.0	177.0	181.0	181.0	168.0	174.8	72.0	69.0	69.0	74.0	69.0	70.6	227.0	247.0	248.0	231.0	238.3
Nb		5.0	4.0	6.0		5.0	5.0	4.0		4.0		5.0	4.3	5.0	7.0	6.0	8.0	6.5
Pd	0.0	19.0	14.0	0.0	13.0	17.0	10.5	0.0	15.0	13.0	18.0	14.0	12.0	0.0	14.0	14.0	15.0	10.8
Te								3.0			4.0		3.5					
Ba	489.0	540.0	519.0	574.0	509.0	502.0	522.2	587.0	570.0	583.0	574.0	559.0	574.6	343.0	380.0	343.0	382.0	362.0
Ta		16.0	18.0	21.0	15.0	15.0	17.0		15.0	14.0			14.5	22.0	17.0	17.0	17.0	18.3
Pb	9.0		13.0			8.0	10.0	8.0	10.0	9.0	8.0	8.0	8.6	12.0				12.0
Th		7.0	7.0				7.0			9.0	7.0		8.0	17.0	18.0	14.0	15.0	16.0
U															29.0	33.0	33.0	31.7

Muestra	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-17	JUC-20	JUC-20	JUC-20	JUC-20	JUC-20	JUC-20	JUC-20	JUC-01	JUC-01	JUC-01	JUC-01
SiO2	57.8	59.1	67.9	50.2	66.1	51.9	60.9	59.1	55.1	59.3	57.0	65.5	69.6	60.7	61.2	68.8	66.2	64.3	66.4	
TiO2	0.1		0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	
Al2O3	10.1	10.2	10.6	9.1	11.4	9.7	11.7	10.4	9.6	10.3	8.9	11.1	12.6	10.1	10.4	12.9	12.0	11.4		
Fe2O3	1.4	2.8	1.2	1.5	1.5	1.2	1.7	1.6	1.0	0.9	1.4	1.2	1.4	1.0	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
MnO		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0		0.0		0.0	< LOD	< LOD	< LOD		
MgO	1.5	1.5	0.9	0.9	1.1	1.2	1.5	1.2	< LOD	< LOD	< LOD		1.0	< LOD	< LOD		1.0	0.8		0.8
CaO	0.7	0.9	0.6	1.1	0.6	1.0	0.7	0.8	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
K2O	2.5	2.4	2.7	2.2	3.0	2.5	3.0	2.6	4.5	4.1	4.0	4.4	4.5	4.1	4.3	5.2	5.1	4.9	5.1	5.1
P2O5		0.1		0.0		0.0	0.0	0.0												
S	< LOD	< LOD	< LOD	0.0	< LOD	0.0	< LOD	0.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Co	20.0	28.0	19.0	21.0	21.0	19.0	23.0	21.6	17.0	17.0	20.0	19.0	20.0	17.0	18.3					
Ni	16.0	23.0		16.0				18.3	22.0	25.0	33.0			24.0	26.0	18.0	25.0	32.0	25.0	
Cu	9.0	13.0	6.0	22.0		22.0	13.0	14.2	41.0	19.0	26.0	19.0	8.0	20.0	22.2	8.0	10.0	12.0	10.0	
Zn	64.0	102.0	59.0	172.0	59.0	141.0	69.0	95.1	58.0	65.0	61.0	69.0	62.0	63.0	63.0	96.0	89.0	94.0	93.0	
Ga	10.0	13.0	12.0	13.0	11.0	11.0	14.0	12.0	13.0	12.0	10.0	10.0	13.0	10.0	11.3	14.0	11.0	10.0	11.7	
As	7.0	13.0	7.0	15.0	8.0	11.0	4.0	9.3	13.0	11.0	10.0	11.0	10.0	14.0	11.5		12.0	10.0	11.0	
Se		2.0		2.0	2.0			2.0						1.0	1.0					
Rb	120.0	125.0	128.0	124.0	127.0	130.0	132.0	126.6	196.0	164.0	191.0	170.0	151.0	178.0	175.0	190.0	194.0	189.0	191.0	
Sr	75.0	81.0	72.0	80.0	85.0	75.0	91.0	79.9	17.0	18.0	16.0	17.0	22.0	15.0	17.5	59.0	52.0	57.0	56.0	
Y	43.0	48.0	38.0	81.0	38.0	85.0	41.0	53.4	50.0	42.0	47.0	46.0	42.0	48.0	45.8	46.0	44.0	46.0	45.3	
Zr	185.0	214.0	197.0	206.0	194.0	238.0	219.0	207.6	168.0	145.0	140.0	190.0	143.0	141.0	154.5	192.0	156.0	166.0	171.3	
Nb		7.0					6.0	6.5	5.0	5.0	7.0	5.0	6.0	4.0	5.3	5.0	5.0	5.0	5.0	
Pd	13.0	14.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	0.0	5.0	12.0	0.0	19.0	10.3	
Te																				
Ba	403.0	520.0	528.0	435.0	398.0	565.0		474.8	373.0	687.0	313.0	688.0	1251.0	467.0	629.8	386.0	374.0	341.0	367.0	
Ta	14.0	18.0	18.0	16.0		17.0		16.6	16.0						16.0	23.0	18.0		20.5	
Pb	10.0	13.0	10.0	22.0		23.0		15.6	12.0	12.0	20.0	15.0	16.0	13.0	14.7	44.0	44.0	37.0	41.7	
Th	15.0	13.0	10.0	13.0	15.0	19.0		14.2	18.0	18.0	15.0	18.0	16.0	8.0	15.5	18.0	15.0	16.0	16.3	
U						16	16													23

Muestra	JUC-41	JUC-41	JUC-41	JUC-41	JUC-41	JUC-41	JUC-44	JUC-44	JUC-44	JUC-44	JUC-44	JUC-27	JUC-27	JUC-27	JUC-27	JUC-27	JUC-27	JUC-27	JUC-16	JUC-16	JUC-16	JUC-16	
SiO2	74.1	75.4	76.4	73.5	75.5	75.0	70.9	71.2	68.2	67.5	69.5	62.4	61.2	62.5	62.0	62.0	65.6	62.6	58.1	56.9	60.1	58.4	
TiO2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Al2O3	12.5	11.9	11.8	13.8	11.9	12.4	14.0	13.7	13.8	13.3	13.7	8.8	9.2	10.6	8.7	8.7	9.5	9.3	10.5	8.6	8.9	9.3	
Fe2O3	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3	1.2	1.2	0.9	0.9	0.6	0.8	1.2	1.1	0.9	1.1	1.0	1.2	1.1	
MnO							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						0.0	0.0					
MgO	0.9	0.8	< LOD	1.1	0.9	0.9	0.7					0.7	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		0.7	< LOD	< LOD	0.7
CaO	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.9	0.7	0.8	0.8	
K2O	3.8	3.7	3.7	3.9	3.7	3.8	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	3.6	3.9	4.4	3.6	3.6	4.0	3.9	3.6	3.1	3.2	3.3	
P2O5																			0.0	0.1	0.0	0.0	
S	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.1					0.1	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		< LOD	< LOD	< LOD	
Co	17.0	17.0	17.0	18.0	16.0	17.0						17.0	17.0	14.0	15.0	18.0	18.0	16.5	18.0	17.0	19.0	18.0	
Ni																18.0		18.0	18.0		23.0	20.5	
Cu	5.0					5.0	9.0				9.0	9.0	7.0	8.0		9.0		8.3	19.0	11.0	8.0	12.7	
Zn	71.0	73.0	89.0	65.0	72.0	74.0	53.0	58.0	53.0	54.3	36.0	37.0	27.0	33.0	40.0	39.0	35.3	61.0	46.0	63.0	56.7		
Ga	16.0	14.0	13.0	13.0	16.0	14.4	14.0	13.0	13.0	11.0	12.8	8.0	11.0	9.0	7.0	10.0	10.0	9.2	11.0	10.0	9.0	10.0	
As		5.0		5.0		5.0	39.0	33.0	45.0	40.0	39.3	11.0	10.0	9.0	9.0	12.0	12.0	10.5	14.0	15.0	15.0	14.7	
Se			2.0			2.0				1.0	1.0								1.0			1.0	
Rb	178.0	167.0	175.0	179.0	171.0	174.0	207.0	205.0	212.0	202.0	206.5	166.0	172.0	170.0	178.0	176.0	171.0	172.2	147.0	152.0	156.0	151.7	
Sr	12.0	11.0	13.0	10.0	11.0	11.4	36.0	31.0	33.0	38.0	34.5	25.0	29.0	49.0	23.0	24.0	27.0	29.5	62.0	50.0	48.0	53.3	
Y	82.0	76.0	78.0	70.0	73.0	75.8	61.0	57.0	66.0	57.0	60.3	29.0	37.0	25.0	34.0	28.0	35.0	31.3	35.0	35.0	47.0	39.0	
Zr	154.0	119.0	123.0	115.0	123.0	126.8	117.0	110.0	152.0	134.0	128.3	110.0	99.0	57.0	69.0	105.0	104.0	90.7	154.0	82.0	80.0	105.3	
Nb	7.0	4.0	4.0	7.0	4.0	5.2	7.0	7.0	8.0	8.0	7.5	5.0	7.0	5.0		4.0	6.0	5.4	7.0	4.0	4.0	5.0	
Pd	0.0	0.0	13.0	22.0	13.0	9.6	14.0	12.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	13.0	16.0	20.0	0.0	8.2	0.0	0.0	11.0	3.7	
Te							3.0				3.0												
Ba							868.0	791.0	815.0	910.0	846.0	326.0	310.0	903.0	455.0	335.0	391.0	453.3	524.0	304.0	334.0	387.3	
Ta		14.0	21.0	22.0	21.0	19.5	22.0	16.0	20.0	20.0	19.5	17.0		16.0	24.0	14.0	14.0	17.0	18.0	21.0	16.0	18.3	
Pb			12.0			12.0			9.0		9.0	9.0	8.0	11.0	12.0		10.0	10.0	14.0	10.0	12.0	12.0	
Th		21.0	18.0	22.0	22.0	20.8	22.0	20.0	18.0	20.0	20.0	8.0	11.0	10.0	12.0	11.0	12.0	10.7	13.0	10.0	10.0	11.0	
U																							

Muestra	JUC-02	JUC-02	JUC-02	JUC-02	JUC-02	JUC-02	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-03	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48	JUC-48				
SiO2	57.2	54.0	55.7	56.5	38.0	52.3	63.4	56.3	56.5	67.0	66.5	54.8	60.7	69.7	62.8	69.4	64.1	70.2	67.2																		
TiO2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1																	
Al2O3	9.1	10.0	9.6	9.6	6.3	8.9	10.8	8.8	9.2	10.8	10.9	9.6	10.0	12.2	10.7	12.3	10.8	12.5	11.7																		
Fe2O3	1.1	1.0	1.2	1.1	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.3	1.0	0.9	1.0	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6																		
MnO	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0			0.0	0.1		0.0	0.1			0.0		0.0	0.0																		
MgO	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD				0.9	0.7		1.0	0.9	0.9				0.8	0.8																		
CaO	0.6	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	0.9	1.0	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4																		
K2O	4.0	3.8	4.1	4.0	2.4	3.6	4.2	3.2	3.4	3.9	4.0	3.7	3.7	4.1	3.6	4.2	3.7	4.2	4.0																		
P2O5																																					
S	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		0.0							< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Co	18.0	18.0	19.0	18.0	16.0	17.8								< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Ni					28.0	28.0	16.0	21.0	22.0			28.0	21.8	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Cu	24.0	12.0	19.0	43.0	34.0	26.4	10.0	7.0	8.0		5.0	11.0	8.2	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Zn	34.0	30.0	44.0	34.0	33.0	35.0	53.0	66.0	61.0	71.0	59.0	51.0	60.2	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Ga	8.0	6.0	9.0	10.0		8.3	11.0	11.0	8.0	11.0	11.0	10.0	10.3	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
As	30.0	27.0	34.0	27.0	20.0	27.6		9.0	10.0	39.0		6.0	16.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Se													< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Rb	172.0	168.0	175.0	172.0	182.0	173.8	147.0	139.0	148.0	131.0	132.0	157.0	142.3	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Sr	41.0	39.0	49.0	34.0	39.0	40.4	230.0	289.0	288.0	262.0	292.0	251.0	268.7	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Y	33.0	21.0	39.0	28.0	28.0	29.8	64.0	28.0	83.0		22.0	60.0	51.4	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Zr	104.0	76.0	107.0	90.0	71.0	89.6	123.0	111.0	175.0	119.0	106.0	132.0	127.7	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Nb	5.0	6.0	6.0	4.0	6.0	5.4	34.0	13.0	24.0	7.0	13.0	19.0	18.3	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Pd	0.0	16.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	19.0	12.0	14.0	14.0	9.8	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Te										4.0			4.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Ba	409.0	395.0	349.0	359.0	214.0	345.2			192.0				192.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Ta	15.0	21.0		14.0		16.7			18.0		21.0	17.0	18.7	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Pb				7.0	9.0	8.0	10.0	10.0	22.0	95.0			34.3	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
Th	15.0	7.0	13.0	13.0	8.0	11.2	15.0	7.0	19.0	9.0	10.0	12.0	12.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD																		
U																																					

Muestra	JUC-04	JUC-04	JUC-04	JUC-04	JUC-04	JUC-04	JUC-26	JUC-26	JUC-26	JUC-26	JUC-26	JUC-26	JUC-12	JUC-12	JUC-12	JUC-12	JUC-12	JUC-12	JUC-12
SiO2	61.9	59.7	61.5	52.2	60.0	59.0	69.2	62.5	68.4	70.7	71.1	68.4	70.4	65.9	71.9	66.9	66.8	65.0	67.8
TiO2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Al2O3	17.3	16.2	16.3	13.2	16.4	15.9	12.4	10.0	13.6	13.3	13.1	12.5	13.9	13.2	12.7	12.5	12.5	13.0	13.0
Fe2O3	2.4	3.8	2.2	3.7	3.7	3.2	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	2.1	1.3	1.3	1.8	1.5
MnO	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
MgO	1.4	1.4	1.4	1.3	1.8	1.5		0.8				0.8	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	2.0	2.0
CaO	2.1	2.3	3.2	1.9	2.4	2.4	0.9	0.6	1.1	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.6	0.9	0.7
K2O	3.8	3.5	2.8	3.2	3.4	3.3	3.8	3.0	4.1	4.0	4.0	3.8	4.2	4.3	3.9	4.4	4.3	3.1	4.0
P2O5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.1	0.1
S	0.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.0
Co	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	39.0	39.0	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	20.0	19.0	24.0	20.0	20.0	23.0	21.0
Ni		18.0		29.0		23.5	14.0	16.0	< LOD	< LOD	< LOD	15.0		20.0		17.0		18.5	
Cu	10.0	15.0	24.0	15.0	16.0	16.0	12.0	8.0	11.0	< LOD	< LOD	10.3	7.0			6.0	9.0	12.0	8.5
Zn	55.0	75.0	53.0	85.0	77.0	69.0	36.0	36.0	37.0	38.0	35.0	36.4	42.0	43.0	36.0	39.0	44.0	80.0	47.3
Ga	11.0	10.0	10.0	7.0	7.0	9.0	11.0	10.0	11.0	10.0	10.0	10.4	12.0	11.0	13.0	9.0	10.0	15.0	11.7
As	6.0	7.0	5.0	9.0	5.0	6.4	11.0	10.0	9.0	12.0	11.0	10.6	14.0	6.0	7.0	10.0	6.0	7.0	8.3
Se													2.0				2.0		2.0
Rb	139.0	146.0	97.0	135.0	144.0	132.2	154.0	147.0	163.0	160.0	155.0	155.8	186.0	196.0	187.0	219.0	227.0	133.0	191.3
Sr	150.0	124.0	126.0	105.0	127.0	126.4	64.0	60.0	70.0	64.0	68.0	65.2	75.0	65.0	69.0	59.0	58.0	81.0	67.8
Y	30.0	32.0	23.0	30.0	32.0	29.4	34.0	34.0	37.0	34.0	33.0	34.4	34.0	35.0	37.0	36.0	33.0	55.0	38.3
Zr	113.0	113.0	86.0	93.0	114.0	103.8	217.0	194.0	222.0	207.0	199.0	207.8	110.0	116.0	119.0	117.0	107.0	219.0	131.3
Nb					3.0	3.0		5.0	5.0	6.0	6.0	5.5		4.0	4.0	4.0		6.0	4.5
Pd	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	2.8	12.0	12.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	17.0	17.0	12.0	0.0	21.0	11.2
Te										3.0		3.0							
Ba	621.0	528.0	438.0	437.0	568.0	518.4	1061.0	878.0	1060.0	1021.0	988.0	1001.6	1060.0	1046.0	1006.0	1045.0	1011.0	613.0	963.5
Ta	20.0	15.0				17.5	14.0	18.0	17.0	16.0		16.3	17.0	19.0	15.0		16.0	22.0	17.8
Pb							8.0	9.0	11.0	9.0	7.0	8.8	8.0	9.0	11.0	13.0	12.0		10.6
Th	21.0	12.0	11.0	13.0	19.0	15.2	15.0	13.0	16.0	16.0	17.0	15.4	17.0	18.0	17.0	14.0	21.0		17.4
U																			

Muestra	JUC-35	JUC-35	JUC-35	JUC-35	JUC-35	JUC-42	JUC-42	JUC-42	JUC-42	JUC-42	JUC-42	JUC-42	JUC-37	JUC-37	JUC-37	JUC-37	JUC-37	JUC-37	JUC-37	JUC-37
SiO2	63.2	57.7	61.6	59.4	60.5	67.7	66.6	59.9	66.9	62.6	64.8	64.8	63.8	62.9	65.2	66.0	62.5	65.7	63.3	64.2
TiO2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5
Al2O3	9.5	8.3	9.5	9.4	9.2	12.2	11.7	10.3	11.7	10.6	11.4	11.3	14.2	14.5	14.8	14.3	15.2	14.4	15.6	14.7
Fe2O3	1.2	0.8	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9	2.9	2.6	2.6	2.4	2.8	2.5	2.6	2.6
MnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MgO	1.1	0.8	1.0	1.3	1.1	1.6	1.4	1.2	1.2	1.1	1.5	1.3	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		0.8
CaO	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.1	1.0	0.9	1.1	1.0	1.1	1.0
K2O	1.8	1.6	1.9	1.7	1.8	3.3	3.3	2.9	3.2	2.9	3.1	3.1	3.9	3.8	3.6	3.8	3.9	3.5	3.8	3.8
P2O5													0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
S	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Co	18.0	16.0	18.0	18.0	17.5	18.0	17.0	16.0	16.0	17.0	17.0	16.8	29.0	27.0	28.0	26.0	29.0	27.0	28.0	27.7
Ni		18.0		19.0	18.5					15.0		15.0			15.0		19.0		16.0	16.7
Cu	25.0	12.0	8.0	25.0	17.5	18.0	10.0	7.0	24.0	15.0	10.0	14.0		7.0	18.0				10.0	11.7
Zn	34.0	32.0	36.0	42.0	36.0	41.0	45.0	39.0	36.0	47.0	42.0	41.7	74.0	70.0	72.0	70.0	79.0	66.0	83.0	73.4
Ga	8.0	7.0	6.0	9.0	7.5	8.0	12.0	7.0	9.0	7.0	9.0	8.7	8.0	13.0	11.0	13.0	13.0	13.0	12.0	11.9
As	5.0	5.0	5.0	7.0	5.5	8.0	11.0	6.0	8.0	5.0	13.0	8.5	26.0	26.0	33.0	29.0	30.0	32.0	33.0	29.9
Se								1.0				1.0								
Rb	75.0	77.0	80.0	77.0	77.3	154.0	153.0	156.0	158.0	147.0	151.0	153.2	168.0	169.0	158.0	169.0	167.0	150.0	159.0	162.9
Sr	1829.0	1845.0	1804.0	1905.0	1845.8	622.0	496.0	549.0	770.0	441.0	592.0	578.3	118.0	134.0	133.0	111.0	146.0	136.0	147.0	132.1
Y						13.0	16.0	16.0	11.0	13.0	22.0	15.2	47.0	49.0	46.0	46.0	47.0	45.0	46.0	46.6
Zr	241.0	228.0	239.0	242.0	237.5	73.0	52.0	58.0	89.0	58.0	64.0	65.7	236.0	247.0	212.0	246.0	235.0	230.0	224.0	232.9
Nb													5.0		6.0	4.0	4.0	7.0	6.0	5.3
Pd	14.0	14.0	16.0	21.0	16.3	0.0	17.0	0.0	15.0	26.0	11.0	11.5	15.0	0.0	0.0	13.0	10.0	11.0	0.0	7.0
Te																				
Ba	905.0	791.0	731.0	945.0	843.0	81.0			80.0		84.0	81.7	824.0		766.0	893.0	783.0	812.0	832.0	818.3
Ta	13.0	15.0			14.0		16.0	20.0	14.0		14.0	16.0				20.0		21.0	18.0	19.7
Pb	11.0	11.0			11.0								14.0		8.0	13.0	12.0	10.0	8.0	10.8
Th						9.0	11.0	11.0	13.0	17.0	14.0	12.5	15.0		15.0	11.0	11.0	12.0	15.0	13.2
U	33	29	45	35.6667										15						

Muestra	JUC-31	JUC-31	JUC-31	JUC-31	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-13	JUC-32	JUC-32	JUC-32	JUC-32	JUC-32	JUC-32
SiO2	78.6936	78.2879	73.5081	76.83	67.686	66.9	67.804	68.367	60.48	61.39	68.1442	68.8284	66.2	63.6242	55.811	64.167	64.0505	67.387	63.00794	
TiO2	0.12516	0.08044	0.10513	0.1036	0.1814	0.1874	0.161	0.162	0.153	0.16	0.15987	0.16488	0.1662	0.085442	0.09812	0.1343	0.129331	0.0973	0.1089053	
Al2O3	9.4864	9.6962	8.5846	9.2557	12.697	13.17	11.712	12.941	10.54	11.09	11.8634	11.7613	11.971	12.3377	12.2251	12.094	12.2781	9.9205	11.77114	
Fe2O3	1.00496	0.7293	0.79479	0.843	1.6756	1.7168	1.4685	1.6623	1.389	1.442	1.51194	1.54739	1.5518	0.900442	1.17195	1.0989	1.133488	0.9575	1.0524511	
MnO	0.00594		0.00426	0.0051	0.0088	0.0076		0.0037			0.00659	0.00801	0.0069							
MgO			0.7099	0.7099	0.775		1.0276			0.857		0.8629	0.8807	2.0694	1.9402	1.8209	1.7963	1.3934	1.80404	
CaO	0.27553	0.29522	0.24696	0.2726	0.6589	1.0269	0.6863	0.7669	0.611	0.656	0.65958	0.70649	0.7216	1.850284	1.60926	1.8055	1.796499	1.6276	1.737833	
K2O	4.9893	5.0086	4.4096	4.8025	3.7367	3.6926	2.7529	3.4861	3.08	3.173	3.3872	2.6006	3.2386	1.3825	1.1166	1.623	1.7182	1.1883	1.40572	
P2O5	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.036434		0.0355	0.060035		0.0439955	
S	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	
Co	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	
Ni	< LOD			26	26	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD		18	< LOD		18	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	
Cu	7	7	9	7.6667	7	14	10	14	10	10	12	6	10.375	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	
Zn	42	24	50	38.667	51	55	51	51	49	55	48	50	51.25	30	41	29	33	23	31.2	
Ga	7	8	9	8	13	11	13	12	9	10	12	11	11.375	11	12	9	8	7	9.4	
As	15	15	18	16	11	11	13	11	13	8	10	11	11	5	6	5	4	4	4.8	
Se			2	2		2	2						2							
Rb	199	191	211	200.33	170	171	142	178	166	159	174	135	161.88	58	64	65	69	62	63.6	
Sr	19	21	22	20.667	75	90	76	81	78	75	76	73	78	789	718	805	813	720	769	
Y	21	19	20	20	27	29	24	24	27	28	29	27	26.875	26	7	9	10	14	13.2	
Zr	115	105	94	104.67	234	231	239	243	242	226	215	234	233	94	110	112	108	94	103.6	
Nb	6	4	8	6	4		4	5	5				4.5		4				4	
Pd	11	15	11	12.333	13	11	0	17	16	13	17		12.429	16	19	0	11	15	12.2	
Te	3		3	3												3			3	
Ba	436	420	432	429.33	867	829	793	824	703	776	894	954	830	1280	1204	1275	1427	1249	1287	
Ta		14		14	17							16	16.667	20	22	15	17	13	17.4	
Pb			9	9				7						7	< LOD	< LOD	< LOD	8	7	
Th	14	13	12	13	25	21	21	29	22	22	23	22	23.125	< LOD	< LOD	7	< LOD	< LOD	7	