

Sesión especial

**Simposio “Sistemas Tectónicos  
de México, síntesis, avances y  
problemas de su conocimiento actual”**

Organizadores:

Fernando Ortega  
Arturo Gómez Tuena  
Luca Ferrari

## SE05-1 PLÁTICA INVITADA

## ORÓGENOS PROFUNDOS DE MÉXICO, ¿DÓNDE, CUÁNDO Y CÓMO? –AVANCES EN SU CONOCIMIENTO E INTERPRETACIÓN TECTÓNICA

Ortega-Gutiérrez Fernando<sup>1</sup>, Elías-Herrera Mariano<sup>1</sup>, Morán-Zenteno Dante Jaime<sup>1</sup>, Solari Luigi<sup>2</sup>, Weber Bodo<sup>3</sup> y Luna-González Laura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

<sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE  
ortega@unam.mx

La constitución geológica de la corteza inferior (45-23 km, 12.5-6.5 kbar) y media (23-12 km, 6.5-3.5 kbar) expuestas en México está representada esencialmente por sus batolitos y las rocas metamórficas cristalizadas desde la facies de esquisto verde hasta las de granulita y eclogita; estos geosistemas contienen un registro litológico casi continuo de la evolución tectónica del país durante los últimos 2000 millones de años. Veinte orógenos profundos distribuidos a lo largo y ancho del país integran su componente metamórfica, con edades que abarcan del Paleoproterozoico al Neógeno (~1800-14 Ma) y fueron generados por procesos típicos de la geodinámica litosférica, incluyendo colisión entre continentes (e.g. Oaxaquia) o extensión intracontinental (e.g. orógeno Cuicateco). El crecimiento porcentual aparente de la corteza continental profunda de México a través de ese tiempo, ya sea por acreción lateral o bien de origen totalmente juvenil, muestra cinco épocas de crecimiento acelerado (hasta ~15 % en cada época) y otras cuatro épocas en las que el crecimiento aparente fue de ~5 % o menor. Infortunadamente, la magnitud y temporalidad de los procesos inversos de erosión por subducción/delaminación que habrían controlado también la arquitectura de las márgenes proterozoicas y fanerozoicas del subcontinente mexicano se desconocen casi por completo. Asimismo, los escenarios tectónicos específicos donde se originaron por lo menos cuatro de los sistemas orogénicos profundos considerados (Río Fuerte, Complejo Macizo de Chiapas, Complejo Ayú y Gneiss Francisco) todavía se desconocen. Sin embargo, y no obstante que estos 20 orógenos profundos representan sólo alrededor del 3 % de la superficie expuesta de la geología del país, todos ellos aportan elementos fundamentales para la reconstrucción de los ciclos de acreción y dispersión que formaron los tres supercontinentes post-arqueanos Columbia (1.8-1.5 Ga), Rodinia (1.4-0.9 Ga) y Pangea (0.35 to 0.15 Ga). Por lo anterior, el estudio integral de la estructura tectónica del basamento de México, cuyos avances aquí se presentan, constituye una contribución importante para conocer y entender mejor la dinámica interior del planeta y la naturaleza geológica del territorio de México.

## SE05-2

## EL MACIZO DE CHIAPAS – REGISTRO GEOLÓGICO DE UNA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE 1000 MA

Weber Bodo<sup>1</sup>, González Guzmán René<sup>1</sup>, Cisneros de León Alejandro<sup>2</sup>, Manjarrez Juárez Roman<sup>1</sup>, Martens Uwe<sup>3</sup>, Estrada Carmona Juliana<sup>4</sup> y Hecht Lutz<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>3</sup>Tectonic Analysis, Inc.

<sup>4</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>5</sup>Museum für Naturkunde, Humboldt Universität Berlin  
bweber@cicese.mx

El Macizo de Chiapas en el Bloque Maya Sur destaca por tener la masa batolítica más grande de México, siendo el resultado de magmatismo a lo largo de un margen continental activo de edad permotriásica. No obstante, estudios realizados durante los últimos 15 años revelaron, que el Macizo de Chiapas registra una historia mucho más compleja, incluyendo procesos geológicos desde el Mesoproterozoico tardío hasta el Mioceno. La existencia de un basamento de ~1.0 Ga oculto en el Macizo de Chiapas ha sido sugerido anteriormente con base en edades de U-Pb en zircón heredado y evidencias isotópicas de Sm-Nd de ortogneises, ya que granulitas de esta edad afloran a pocos km hacia el oeste (Complejo Guichicovi), dando evidencia del supercontinente Rodinia en el registro geológico del Bloque Maya Sur. Recientemente, se descubrieron afloramientos de rocas metaígneas félsicas con edades de cristalización U-Pb de ~1.0 Ga localizados en el extremo SE del Macizo de Chiapas denominado como "Complejo El Triunfo". Aparte afloran anortositas masivas en la misma zona cuya edad ha sido difícil de determinar, pero a través de datos isotópicos se pueden relacionar con el basamento Mesoproterozoico. El Complejo El Triunfo consiste en una secuencia metamórfica esencialmente máfica (unidad Candelaria), deformada y migmatizada y una secuencia metasedimentaria (unidad Jocote) localmente migmatizada. Datos geoquímicos e isotópicos indican que los protolitos de la unidad Candelaria no todos son mesoproterozoicos, sino al parecer estos mismos fueron intrusionados por magmas basálticas (E-MORB), posiblemente durante la apertura de Rodinia en el Neoproterozoico. Los sedimentos de la unidad Jocote, provenientes en su totalidad de fuentes mesoproterozoicos, probablemente fueron depositados en cuencas relacionados a la misma apertura, por lo que el Complejo El Triunfo puede considerarse de los pocos sitios en México en donde la apertura de Rodinia queda registrada. El Complejo El Triunfo fue deformado y plegado antes de la intrusión de diques y cuerpos tanto félsicos como máficos no deformados en el Ordovícico. Metamorfismo de grado medio a alto con fusión parcial es contemporáneo a la intrusión de granitoides hace ~450

Ma. Zoneamientos químicos en anfíbol indican una trayectoria metamórfica inversa con un aumento en la presión posterior al pico en la temperatura, lo que puede explicarse por un aplamiento tectónico por ejemplo de la unidad Jocote sobre la unidad Candelaria. Esta constelación puede interpretarse en un contexto tectónico de margen continental activo similar a la orogénesis famatiniana a lo largo del margen occidental de Gondwana relacionado a la subducción y cierre del océano Iapetus. Posterior al Silúrico el Bloque Maya Sur fue un margen pasivo en donde se depositó la Formación Santa Rosa en el Carbonífero, misma fue deformada y metamorfoseada junto con unidades más antiguas durante y después de la formación de Pangea en cuando se estableció el arco continental Permotriásico. Cuencas extensionales y volcanismo de arco en el Jurásico, deformación Larámide y subducción oblicua con fallamiento lateral izquierdo, intrusiones sintectónicas y levantamiento acelerado durante el Mioceno complementan el registro geológico del Macizo de Chiapas.

## SE05-3

## EVOLUCIÓN TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DEL ORIENTE DE MÉXICO DURANTE LA FRAGMENTACIÓN DE LA PANGEA: UNA REVISIÓN

Martini Michelangelo y Ortega-Gutiérrez Fernando  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
mmartini@geologia.unam.mx

A partir del inicio del Mesozoico, una reorganización global de las placas tectónicas determinó la fragmentación progresiva del supercontinente Pangea, culminando con la abertura del Océano Atlántico y de otras cuencas subsidiarias como el Golfo de México y el Seaway Caribeño. Durante este evento tectónico principal, el territorio mexicano ocupaba una posición de particular interés, en cuanto se encontraba en el límite de placa naciente entre Norte y Suramérica. Debido a dicha posición paleogeográfica, México cuenta con el registro de un gran número de cuencas extensionales y transtensionales asociadas al proceso de ruptura continental y deriva de las masas continentales que componían la Pangea occidental. Por esta razón, en las últimas décadas, un número creciente de investigadores ha mostrado su interés en la geología de México, en cuanto este país contiene el registro estratigráfico de uno de los eventos tectónicos globales más importantes del Mesozoico, es decir la fragmentación del último supercontinente que ha existido en la historia de la Tierra. En el marco del proyecto CONACyT "Sistemas tectónicos de México: Origen y evolución", se llevó a cabo la revisión crítica de la literatura disponible sobre estas cuencas. Dicha revisión permitió identificar por lo menos tres etapas principales a través de las cuales se llevó a cabo la fragmentación de la Pangea en el territorio mexicano: 1) una etapa de combamiento térmico durante el Triásico Superior, 2) una etapa de rift intracontinental durante el Jurásico Inferior y Medio y 3) una etapa de drift y enfriamiento termo-mecánico durante el Jurásico Superior-Cenomaniano. En esta plática se describen e interpretan las características sobresalientes de los registros estratigráficos depositados durante estas tres etapas, poniendo énfasis en aquellas partes cuya interpretación tectono-estratigráfica es todavía objeto de debate. En particular, se discutirá ampliamente el significado de las sucesiones volcánico-sedimentarias del Jurásico Inferior y Medio expuestas en el oriente de México, las cuales han sido interpretadas previamente tanto como el registro de un arco extensional (Arco Nazas), así como una provincia magmática asociada al proceso de atenuación litosférica y ruptura continental. Con base en la integración de los datos estratigráficos, geoquímicos, geocronológicos y estructurales actualmente disponible, se presenta en este trabajo una interpretación alternativa para dichas sucesiones volcánico-sedimentarias, la cual ofrece nuevas perspectivas para investigaciones futuras sobre la evolución tectónica de México y la dinámica de la ruptura de las masas continentales.

## SE05-4

## EL CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS MEXICANO: ESTRUCTURA, DESARROLLO Y EDAD DE LA DEFORMACIÓN

Chávez Cabello Gabriel<sup>1</sup>, Fitz Díaz Elisa<sup>2</sup> y Tolson Jones Gustavo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM  
gabchavez2001@yahoo.com.mx

El Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano (CPCM) está expuesto casi de manera continua entre los estados de Oaxaca y Chihuahua en el oriente de México, alcanzando una longitud cercana a los 2000 km. El rumbo del cinturón es NW-SE a lo largo de casi toda su extensión, aunque la Saliente de Monterrey es un rasgo notorio en el cual el rumbo del CPCM cambia a una orientación E-W formando un pliegue oroclinal. El CPCM consiste de pliegues y cabalgaduras desarrolladas en estratos del Mesozoico al Paleógeno inferior compuestos de alternancias de carbonatos, lutitas y areniscas. La geometría de las estructuras está controlada ampliamente por la distribución espacial de elementos paleogeográficos y horizontes de despegue; la cinemática de la deformación está dominada por un transporte tectónico dirigido hacia el NE a lo largo del cinturón, excepto en la Saliente de Monterrey donde ésta es dirigida hacia el norte. El estilo estructural es de cobertura, aunque estructuras de alto ángulo son fallas normales antiguas reactivadas que pueden ser reconocidas en diferentes localidades, cortando a estructuras de cobertura representadas por

pliegues y cabalgaduras. En general, la distribución de la deformación satisface las predicciones del modelo de deformación de una cuña crítica, decreciendo hacia el antepaís. Se han determinado valores de acortamiento >70% en la zona del transpaís, parte central de México, los cuales decrecen sistemáticamente a valores <15% donde las secuencias del Golfo cubren discordantemente a los estratos deformados. Existen excepciones bien documentadas a este patrón, relacionadas a variaciones laterales en propiedades mecánicas generadas por cambios de facies, particularmente cuando se intercalan cuencas entre plataformas en la misma dirección del transporte tectónico del cinturón. La edad de la deformación ha sido bien determinada empleando Ar-Ar en Illita generada durante deslizamiento paralelo a la capa en flancos de pliegues chevrón. Los resultados publicados sugieren pulsos episódicos de deformación entre 95-84, 80-65 y 60-40 Ma. Cada uno de estos pulsos afecta progresivamente a unidades de rocas expuestas más hacia el oriente, haciendo honor a la teoría del modelo de cuña crítica. Los efectos de acortamientos subsiguientes están bien acentuados por la presencia de pliegues replegados en el extremo oeste del cinturón, siendo evidentes a escala mapa. Las causas tectónicas de la deformación en el CPCM han sido ampliamente discutidas aunque aún permanecen enigmáticas. En la parte central de México existe evidencia clara de una colisión accional entre el Terreno Guerrero y América del Norte. Sin embargo, la extensión del Terreno Guerrero es insuficiente para ser responsable de la deformación en Monterrey y Chihuahua, área norte, o más al sur, como en Puebla y Oaxaca. En cuanto a otras partes de América del Norte, una subducción subhorizontal ha sido invocada como causa para generar el acortamiento del CPCM; sin embargo, ésta hipótesis no explica el magmatismo asociado con ésta orogenia. Adicionalmente, se conoce que la subducción plana documentada hoy en día para México no produce acortamiento.

SE05-5

### EL ARCO LARAMIDE DEL OCCIDENTE DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON EL CINTURÓN MEXICANO DE FALLAS Y CABALGADURAS

Valencia Moreno Martín<sup>1</sup>, López Martínez Margarita<sup>2</sup>, Orozco Esquivel Ma. Teresa<sup>3</sup>, Ferrari Luca<sup>1</sup> y Calmus Thierry<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla, Querétaro  
martin.valencia@unam.mx

Después de la acreción de los terrenos Alisitos y Guerrero, un amplio arco magmático continental se emplazó en el occidente de México durante la Orogenia Laramide (~80-40 Ma). Este evento se atribuye a un cambio en las condiciones de convergencia de las placas Farallón y Norteamérica, que generó una disminución progresiva en la inclinación de la placa oceánica subducida. Esto produjo una migración del frente de deformación y el magmatismo hacia el oriente del territorio, donde se formó la cadena de pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental. El inicio de esta orogenia está acotado por la actividad ígnea en el occidente de México que, tras permanecer bastante estática entre 140 y 105 Ma, empezó una migración sostenida hacia el oriente. Esto concuerda con la deformación que se observa en la porción sur del batolito de las Sierras Peninsulares, en Baja California, y de parte del batolito de Sinaloa, con edades entre ~97 y 93 Ma. El fin de la Orogenia Laramide está definido por un cambio notable en el régimen tectónico, de compresivo a extensivo, que estableció las condiciones para la explosión ignimbrítica que formó la gran provincia silícica de la Sierra Madre Occidental. El llamado arco magmático Laramide comprende un cinturón volcánico-plutónico expuesto en gran parte del occidente de México, especialmente en la porción noroeste, en Sonora y Sinaloa, cuyo rango de edad se superpone a la deformación Laramide. Su disposición original fue modificada por la extensión cenozoica, que fragmentó parte del arco separando el bloque Los Cabos, en Baja California Sur, del bloque Jalisco. Afloramientos más aislados con edades laramídicas se reconocen también en Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán y Guerrero. Nuevas edades Ar-Ar y datos geoquímicos de 60 muestras colectadas en una franja amplia del norte de México, permiten entender mejor el magmatismo Laramide. Este magmatismo está comprendido entre ~83 y 42 Ma y tiene una firma calcoalcalina típica, con una notable influencia de la corteza en la composición del magma final. La distribución de las isócronas tienen mayor amplitud en Sonora y Chihuahua, cerrándose progresivamente hacia el sur, en Sinaloa, lo cual se interpreta como un aumento en la inclinación de la placa subducida en esta región, así como una menor extensión post-Laramide. Existen edades anormalmente antiguas en distintas partes del orógeno, lo cual indica que el modelo geodinámico debe ser más complejo. Por otra parte, la actividad ígnea es contemporánea con la formación del cinturón de pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental, aunque el estilo estructural cambia. La deformación en la parte norte del arco, provocó importantes zonas de cizalla, con edades entre 75 y 53 Ma para el noroeste de Sonora, y levantamiento de bloques (thick-skinned), aunque difiere de la deformación clásica observada en la meseta de Colorado. La prolongación más occidental de la deformación tipo Sevier (thin-skinned) se reconoce desde la porción centro oriental de Sonora hacia el este, lo cual permite establecer un límite entre los dos dominios deformacionales.

SE05-6

### EL MARGEN CONTINENTAL DEL NOROESTE DE MÉXICO: DE SUBDUCCION A RUPTURA CONTINENTAL

Martin Arturo, Contreras Juan, Garcia-Abdeslem Juan, Gonzalez-Escobar Mario, Helenes Javier y Suárez Vidal Francisco  
CICESE  
amartin@cicese.mx

La construcción del margen continental del noroeste de México se debe a dos eventos tectónicos y magmáticos principales: (1) el desarrollo de una zona de subducción de tipo andino y su arco volcánico durante el Mesozoico Tardío hasta el Cenozoico Tardío (120-12 Ma), y (2) el episodio de extensión continental Oligo-Mioceno que culminó con la ruptura continental a lo largo del Golfo de California. Durante el primer evento, la prolongada subducción de la placa Farallón bajo Norteamérica formó cuencas de antearco a lo largo del margen del Pacífico de la actual península de Baja California. Las cuencas de antearco fueron rellenadas con depósitos marinos derivados del arco volcánico y de ensamblajes plutónicos exhumados. Datos geofísicos y de pozos propiedad de PEMEX indican que las cuencas de antearco alcanzan más de cinco kilómetros de espesor y tienen un registro casi continuo del Cretácico Temprano al Eoceno. Una discordancia regional separa a una secuencia en forma de cuña de edad Oligoceno a Mioceno que esta cortada por el sistema de fallas Tosco-Abrejos aún activo. La reconfiguración del límite de placas Pacífico y Norteamérica durante el Oligo-Mioceno (32-12 Ma) originó un período de extensión continental que formó la provincia de cuencas y sierras en Sonora. La extensión fue simultánea con la terminación del volcanismo de arco, primero en la Sierra Madre Occidental y posteriormente en la península de Baja California. A partir de los 12 Ma la subducción cesó y la extensión continental se focalizó en una franja mas angosta del rift, permitiendo la transgresión marina generalizada en el Golfo de California, con volcanismo intermitente asociado a la extensión. La interpretación de datos sísmicos y pozos de PEMEX indican un cambio hacia el oeste del eje del rift y la presencia de cuencas inactivas en el margen de Sonora, Sinaloa y Nayarit. El rift continental evolucionó a un rift proto-oceánico en el Plioceno, y actualmente ha formado mas de 280 km de nueva corteza en las cuencas de Guaymas y Alarcón, separando a los márgenes conjugados en la dirección del transporte tectónico hacia el noroeste de la península de Baja California.

SE05-7

### CENOZOIC SYN-EXTENSIONAL MAGMATISM DURING THE FINAL STAGE OF SUBDUCTION ALONG WESTERN MEXICO: THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL SILICIC LARGE IGNEOUS PROVINCE AND THE COMONDÚ GROUP

Ferrari Luca<sup>1</sup>, Orozco Esquivel Teresa<sup>1</sup>, Bryan Scott<sup>2</sup>, López Martínez Margarita<sup>1</sup>, Silva Fragoso Argelia<sup>1</sup>, Martínez Resendiz Vanesa<sup>1</sup> y Luna Gonzalez Laura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Queensland University of Technology, Brisbane, Australia

<sup>3</sup>CICESE  
luca@unam.mx

This contribution summarises the new view on the genesis of the Sierra Madre Occidental (SMO) silicic large igneous province and the Comondú Group that has been emerging over the past decade. A wealth of new data from both onshore and offshore, including sampling of the Gulf of California seafloor and geophysical profiles have prompted an abandonment of previous interpretations that these magmatic provinces were typical supra-subduction zone volcanic arcs and that rifting of the Gulf of California post-dated the termination of subduction along western Mexico at ~12 Ma. This continental magmatism is strongly linked to the progressive thinning of western Mexico that occurred between Late Eocene and Middle Miocene and peaking between ~20 and 12 Ma, concomitant with final consumption of the Farallon Plate but with subduction having a marginal to negligible role in generating Oligocene-Miocene volcanism. As early as ~30 Ma, crustal extension had already affected a 200 km wide region spanning from the eastern SMO to easternmost Baja California. Importantly, crustal extension promoted an increasing invasion of asthenospheric mantle-derived mafic magmas into the middle to upper crust where extensive crustal melting resulted in voluminous pulses of silicic ignimbrite-dominated eruptions. Mafic lavas capping Oligocene ignimbrites and interspersed within the early Miocene ignimbrites in the southern SMO show a dominant intraplate geochemical character confirming the ascent of asthenospheric melts in association with lithospheric extension prior to subduction termination. At ~18 Ma, extension became focused between the western side of the SMO and eastern Baja California; this switch to a narrow rift mode was associated with a change to more effusive and intermediate composition volcanism with erupted products emplaced in rapidly extending tectonic depressions along the Gulf axis. The Comondú Group in southern Baja California was emplaced in the westernmost of these basins, a ~400 km long, segmented half-graben bounded to the east by a structural high made of the Late Cretaceous Peninsular Batholith, now exposed at Concepción Peninsula, near Loreto, and in the islands of the southwestern Gulf. By the end of middle Miocene, the crust had thinned to half of its original thickness (~20 km) and transensional deformation related to the dragging of Baja California by the Pacific Plate aided in completing the rifting process to form the modern Gulf. The beginning of this final phase of crustal rupture is marked by a pulse of basaltic volcanism with ages of 13.5 to 10 Ma, found all along the eastern margin

of the Gulf from Sonora to Nayarit that also propagated toward the east along the tectonic boundary between the SMO and the Jalisco Block. This mafic volcanic pulse has previously been related to the detachment of the lower part of the slab once subduction of the Magdalena Plate waned and eventually stopped. In this frame, the heterogeneous geochemical character of the 13.5-10 Ma basalts can be the result of variable contributions from sub-slab asthenosphere, overlying subduction-modified mantle, and continental crust. With contribution of PAPIIT IN111114 and CONACYT 164454.

SE05-8

### **GEOCHEMICAL AND PETROLOGICAL INSIGHTS INTO THE TECTONIC EVOLUTION OF THE TRANSMEXICAN VOLCANIC BELT**

Gómez-Tuena Arturo<sup>1</sup>, Mori Laura<sup>1</sup> y Straub Susanne<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Lamont-Doherty Earth Observatory  
tuena@geociencias.unam.mx

The Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) is the magmatic expression of one of the most complex convergent margins on the planet, and as such constitutes a prime location for testing emerging hypothesis on arc magma genesis and its influence on continental crust formation. By coupling an extensive geochemical and petrological database with an improved stratigraphic and geophysical framework, in this contribution we will examine the compositional diversity of the TMVB from the perspective of changes in subduction zone geometry and crustal thickness, as well as within the context of more subtle tectonic processes such as lithospheric foundering, slab detachment, forearc subduction erosion, crustal relamination and diapiric exhumation. We will illustrate that the compositional variability of mafic magmas across the region are an inherited characteristic of a geochemically enriched pre-subduction background mantle wedge, which has been variably overprinted by equally diverse chemical fluxes released from the slab at different thermal conditions. We will argue that the volumetrically dominant intermediate magmas in Mexico –from andesite to dacite and even some rhyolite–, represent primary melts from hybrid slab and mantle sources, with no perceptible compositional influences from the overlying continental crust. These interpretations depart from conventional models that invoke intra-crustal differentiation and contamination of basalt to create intermediate magmas, and therefore have important implications to understanding the genesis of global continents.