



Sociedad
Venezolana
de Geólogos



EVIDENCIAS PETROLÓGICAS DE SUPERCONTINENTES Y PLUMAS MANTELARES EN LA GEOLOGÍA DE VENEZUELA

Ing. Geol. Sebastián Grande

Pangea y pangeas: supercontinentes en la geología de la Tierra



PANGEA

<https://brainly.lat/tarea/5391909>



ANTES

Hace 250 Ma

<https://elchesemueve.com/historia-del-supercontinente-pangea>



DESPUÉS

Actualidad

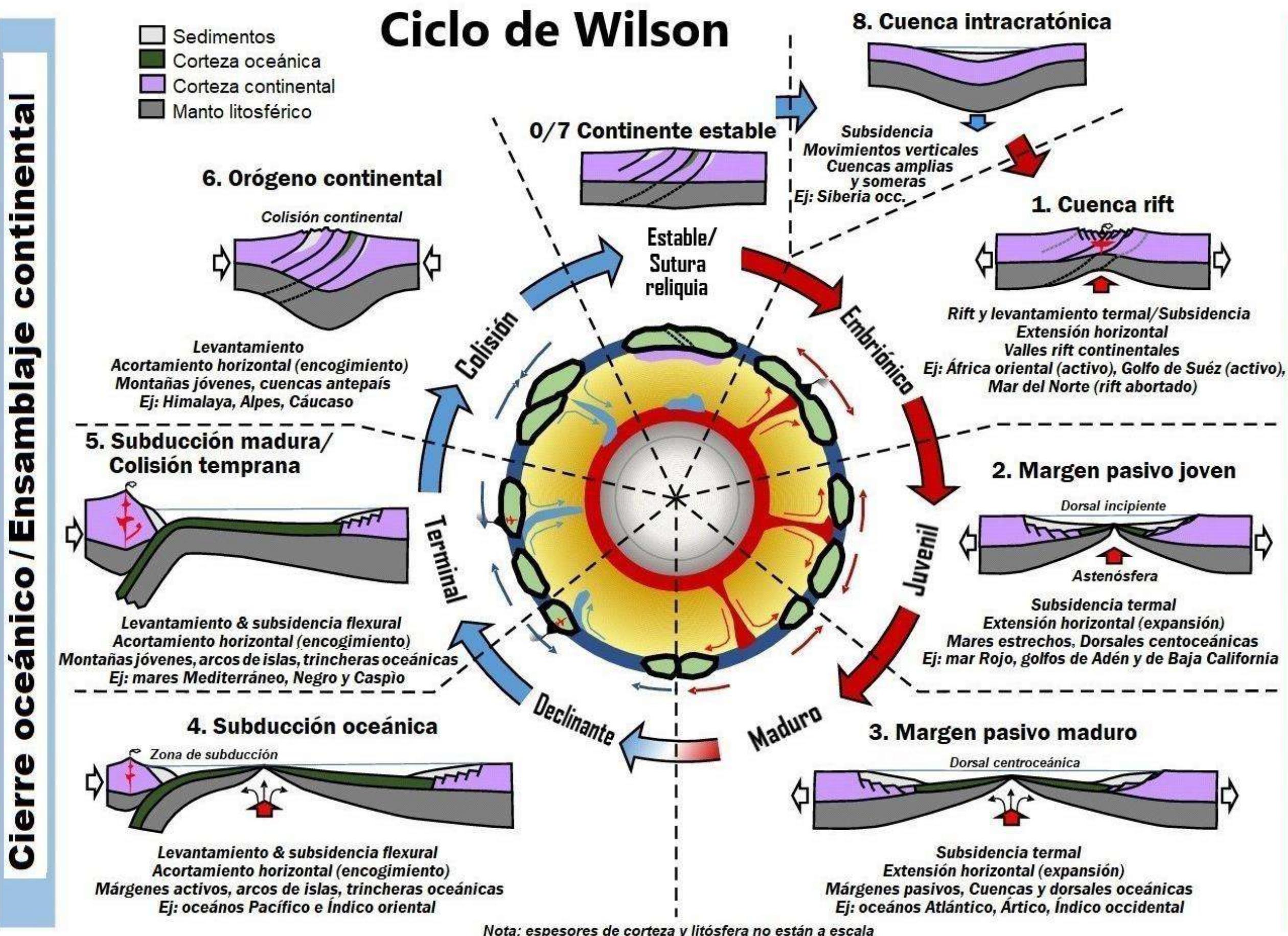


TIERRA ACTUAL

Muchos geólogos y la mayoría de los estudiantes de geología asumen que la “geología” comenzó hace 250 Ma con Pangea.

En esta charla se verá cómo la “geología” comenzó mucho antes que Pangea, no solo eso, sino que la conocida *Pangea* pérmica fue solo una de tantas “pangeas” pasadas...

Apertura oceánica/Destrucción continental



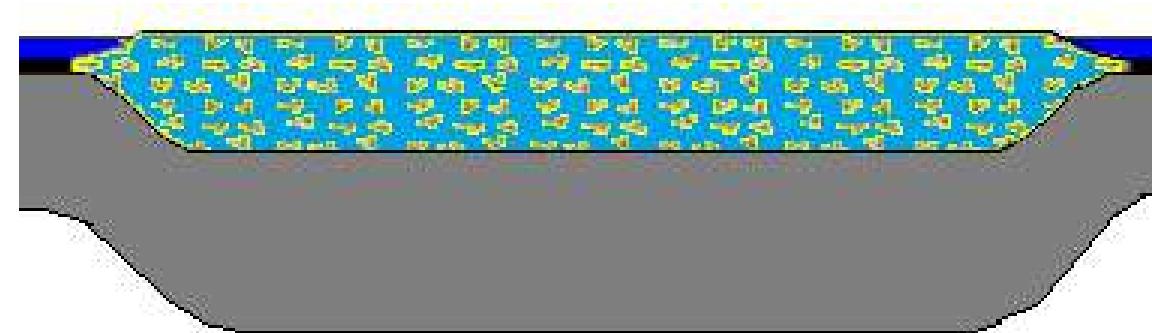
Cierre oceánico / Ensamblaje continental

El Ciclo Tectónico de Wilson explica bastante bien los procesos que dieron origen a la Pangea pérmica y su posterior disrupción jurásica, pero no se aplica tan exitosamente a las pangeas anteriores.

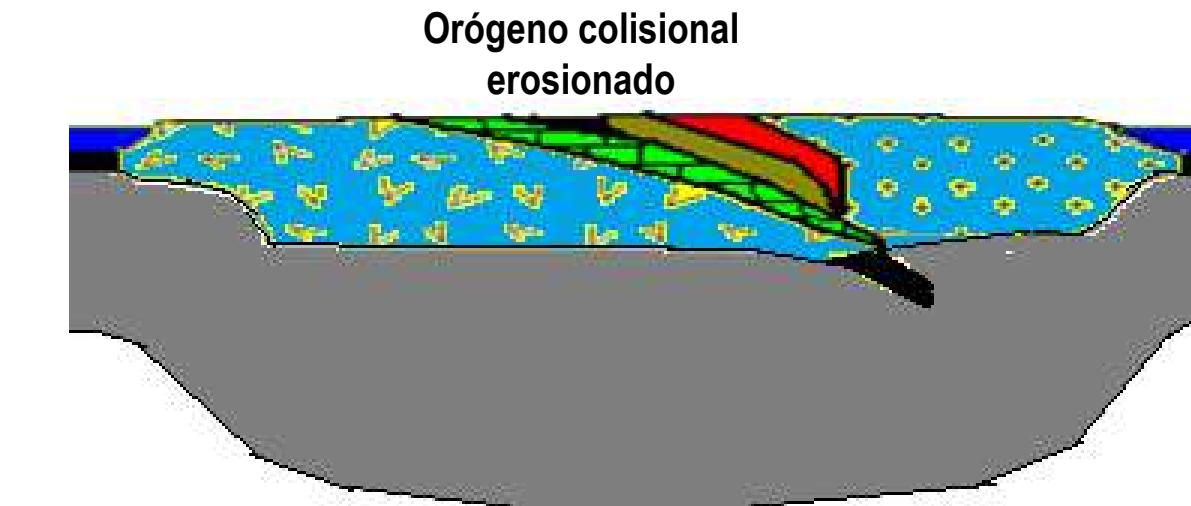
Resultado fundamental del Ciclo de Wilson:

El nuevo continente formado *no es igual* al inicial pues contiene material *extra*, de diversos orígenes, conformando un orógeno colisional erosionado o peneplanizado:

- Material ígneo extraído del manto por arcos volcánicos
- Material metamórfico generado en las raíces de los arcos
- Material sedimentario derivado de la erosión de los arcos
- Material sedimentario oceánico y derivado de los continentes
- Material de todo tipo derivado de la erosión del orógeno
- Fragmentos ofiolíticos de corteza y litosfera oceánica
- Terrenos alóctonos (tectonoestratigráficos) de varios tipos



Pangea inicial



Pangea final



SUPERCONTINENTES PASADOS

Pero, en las geociencias, como en todas las otras ciencias, hay constantemente nuevos avances y propuestas.

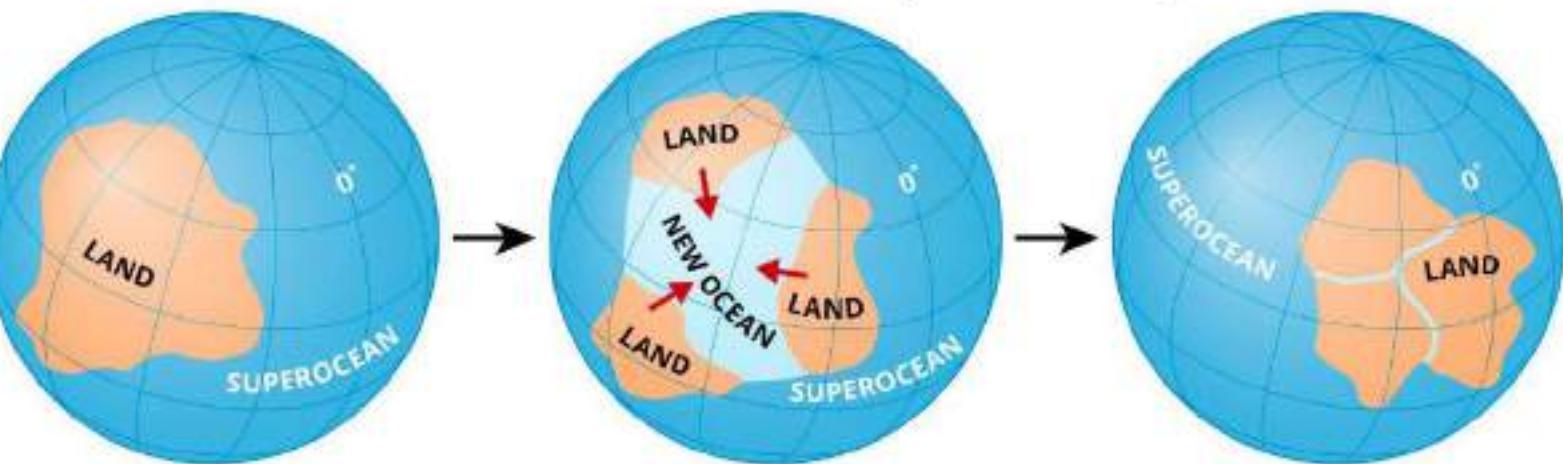
Uno de estos avances fue propuesto por Rogers (1996) y es un *upgrading* del Ciclo de Wilson, denominado CICLO DE SUPERCONTINENTES.

Debido a la esfericidad de la Tierra, las placas que se separan en un lado pueden migrar tanto que se pueden reaglutinar a través de varios mecanismos de coalescencia, incluso en el lado opuesto del planeta (*extro* y *ortoversión*), y no solamente volver a cerrarse en el mismo sitio, como propone el Ciclo de Wilson, que representa una *introversión*.

SUPERCONTINENTAL COALESCENCE PATHWAYS

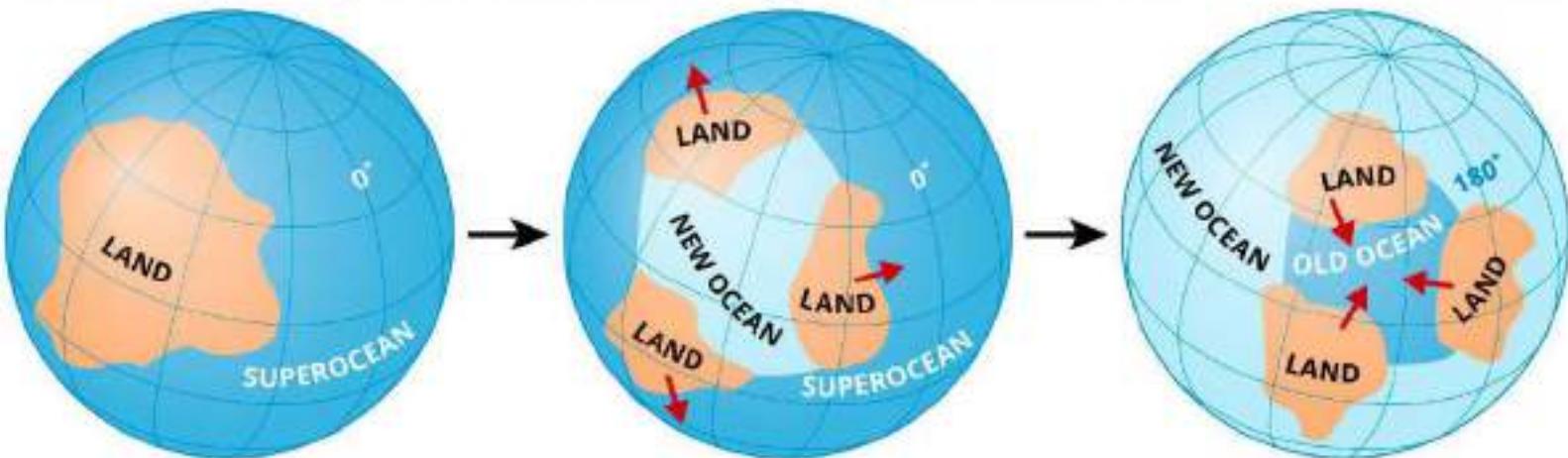
INTROVERSION: CICLO DE WILSON

A new interior ocean forms and expands until subduction zones appear within it that draw the continental fragments back together.



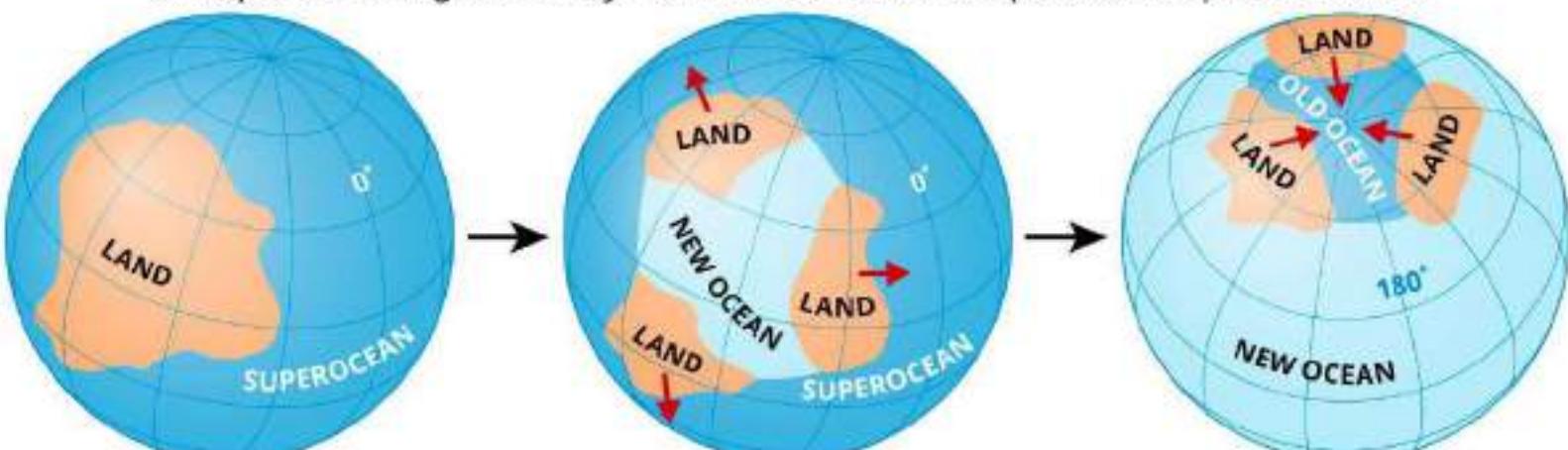
EXTROVERSION

A new interior ocean expands as the continental fragments drift away from one another only to collide later, possibly on the other side of the globe, which shrinks the former exterior ocean.



ORTHOVERSION

Fragments become trapped within a north-south band of subduction that occurred beyond the margins of the former supercontinent and later collide with one another one-quarter of a globe away from the centre of the previous supercontinent.



Modelo de supercontinentes sucesivos, de Rogers (1996)

Numerosos modelos de supercontinentes o *pangeas* pasados basados en dataciones radimétricas más precisas, trayectorias aparentes de paleopolos magnéticos y correlaciones litológicas en todos los continentes han sido propuestos por diversos autores de todo el mundo.

Pero el que más aceptación ha tenido al nivel mundial, incluso recibiendo un premio al mejor artículo científico publicado en el mundo durante el año 1996, es el trabajo de John Rogers publicado en el *Journal of Geology*: "A History of the Continents in the Past Three Billion Years" y su libro "A History of the Earth".

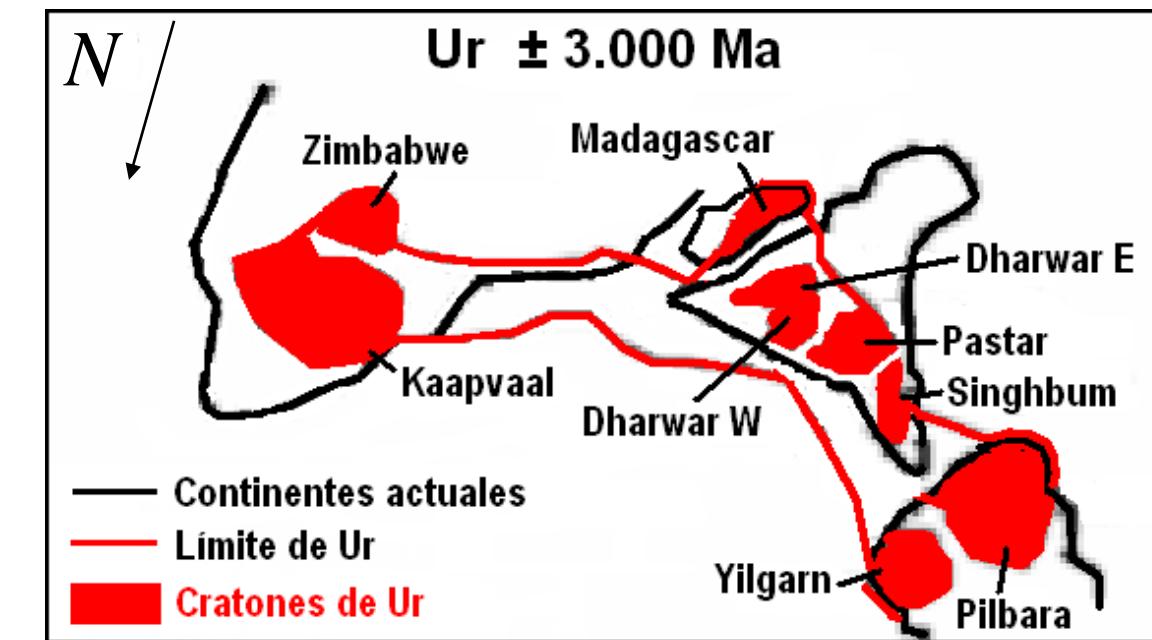
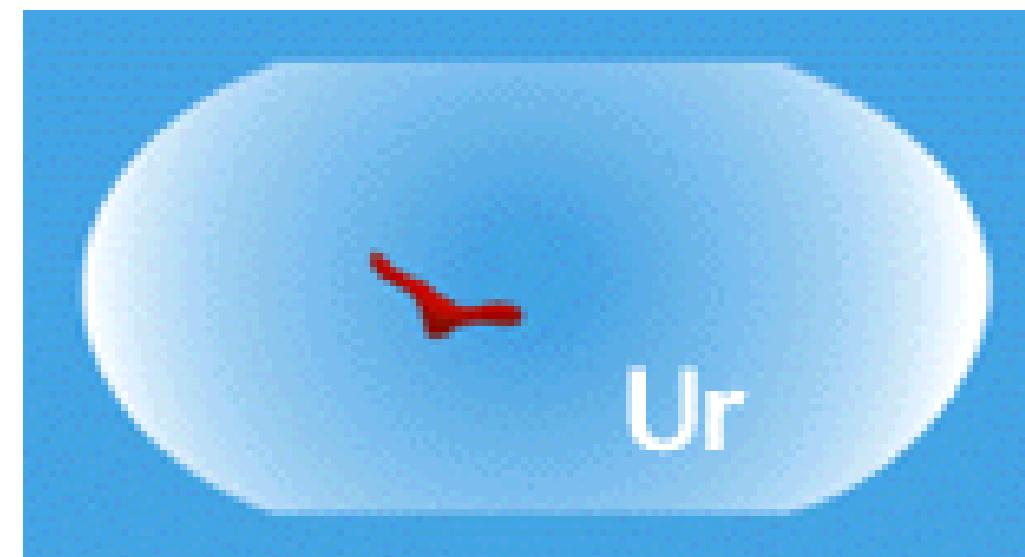
Reexaminando los datos de edades radimétricas, depósitos minerales y litologías que otros autores y él mismo habían recolectado en todo el mundo, Rogers determinó las edades de diversas partes de la Pangea jurásica y notó que un área contenía rocas de $\pm 3,0$ Ga de edad, otra de $\pm 2,5$ Ga y otras dos áreas, de $\pm 2,0$ Ga.

Así dedujo que esas áreas continentales (ahora escudos y cratones) emergieron como supercontinentes sucesivos, que permanecieron casi intactos hasta que Pangea se disgregó durante el Jurásico, siendo fragmentadas y desmembradas en pedazos colocados a muchos miles de kilómetros de distancia entre sí por la deriva continental.

La reconstrucción de dichos supercontinentes pasados se hace cada vez más incierta y polémica con la antigüedad de las rocas, debido sobre todo a la ausencia de fósiles, edades poco precisas y los varios eventos de deformación, termales y metamórficos sufridos.

Modelo de supercontinentes sucesivos, de Rogers (1996)

Rogers propuso que el primer continente de la historia terrestre, el que contiene algunas de las rocas más antiguas y mineralizadas del planeta (CRV's de Barberton y Pilbara), se formó hace $\approx 3,0$ Ga, y lo denominó Ur o Vaalbara (contracción de Kaapvaal y Pilbara). La extensión de Ur fue como la de la actual Australia, pues en esa época arqueana la Tierra era un “water-world” cubierto por 95% de océanos.



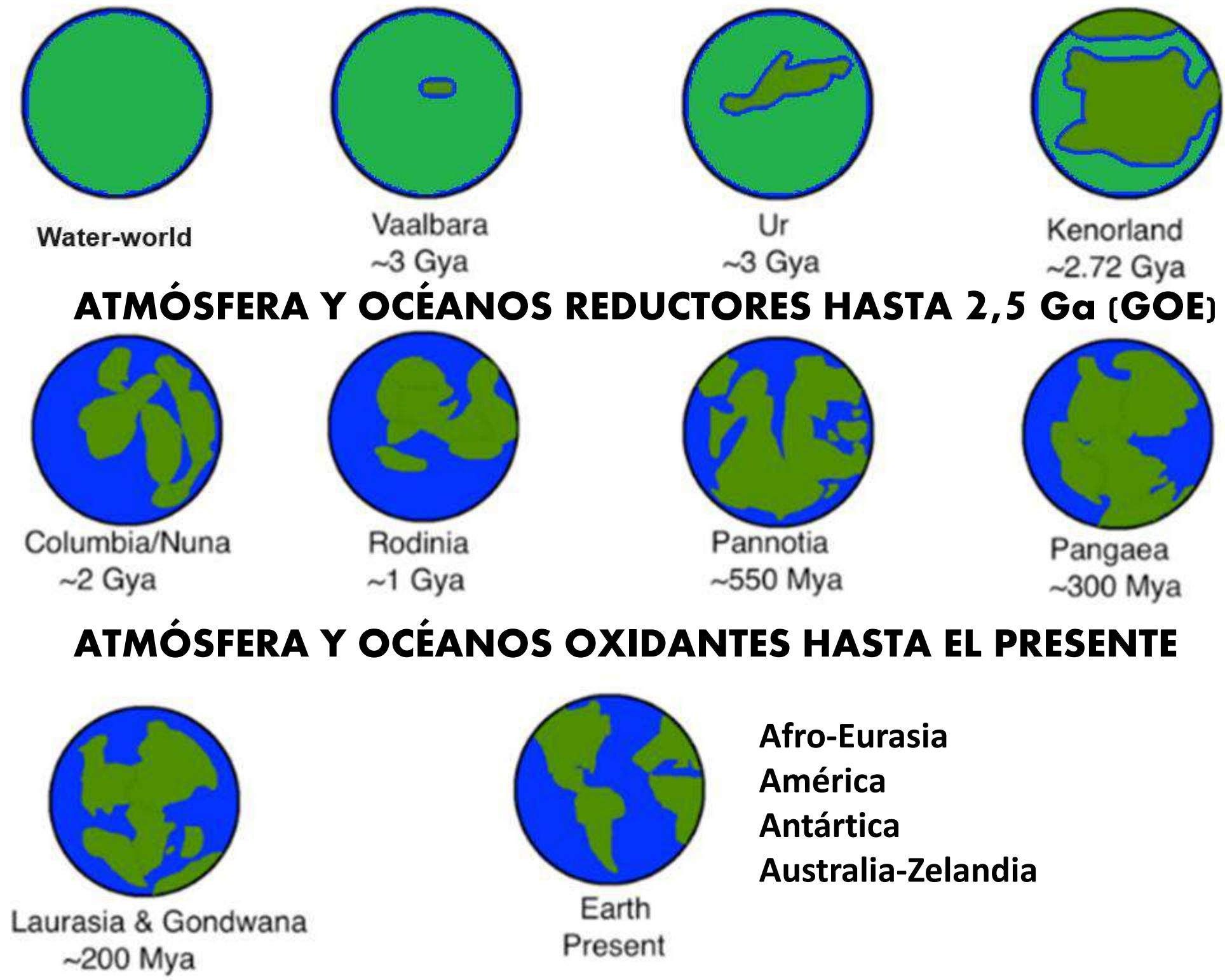
Los restos de Ur-Vaalbara conforman lo que hoy se conoce como los cratones de Kaapvaal y Zimbabwe, en Sudáfrica, del este de Madagascar, Dharwar y Pastar en la India, el de Singhbum en el SW asiático y los de Pilbara y Yilgarn en el oeste de Australia. Están entre las zonas con la mayor riqueza mineral del planeta.

SUPERCONTINENTES PASADOS

En las últimas décadas numerosos geocientíficos han mejorado las propuestas iniciales de Rogers y han propuesto una sucesión de supercontinentes que comienza con Ur-Vaalbara y termina con la Tierra actual, formada por cuatro grandes masas continentales.

La formación de cada supercontinente implicó una separación inicial y seguida de colisiones-suturas de masas continentales previas, las cuales contenían rocas aun más antiguas, como ocurre con Kenorlandia, donde se hallan rocas hadearnas con más de 4,0 Ga.

Y, por supuesto, la fragmentación de los mismos involucró procesos de *rifting*, coadyuvados por sus respectivas plumas mantelares.



En la geología de Venezuela hay evidencias litológicas de los supercontinentes desde Kenorlandia a Pangea y de sus orógenos respectivos, y por consiguiente, también de las plumas mantelares que contribuyeron a su disgregación y de otras que actuaron en marcos intraplaca.

KENORLAND

KENORLAND: uno de los supercontinentes más tempranos sobre la Tierra. Se pudo haber formado durante el Neoarqueano (hace unos 2,7 Ga) por la amalgamación de cratones de hadeanos a mesoarqueanos, con la primera formación masiva de corteza continental.

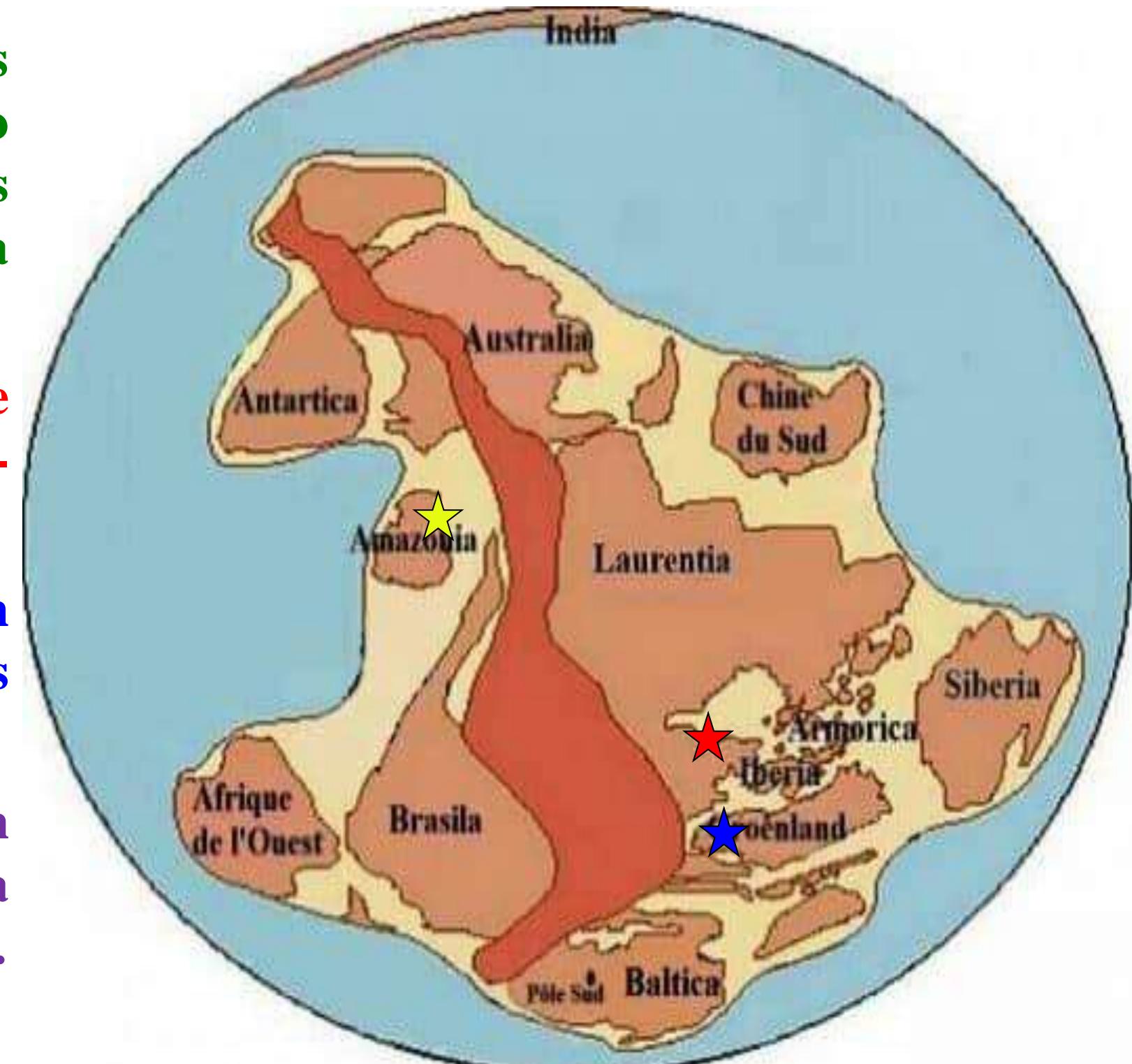
El núcleo de Kenorland estaba compuesto por lo que hoy se conoce como Laurentia, Báltica, Australia occidental, Amazonia-Brasilia y el SW de África.

La datación de enjambres de diques máficos y su orientación paleomagnética, junto con la existencia de similares secuencias estratigráficas permitieron su aproximada reconstrucción.

Las rocas más antiguas del planeta, los gneises grises de Isúa con 4,0 Ga (Groenlandia) ★ y el CRV de Nuvvuagittuq ★ con 4,28 Ga (norte de Canadá) se hallan en Kenorlandia, ahora Norteamérica.

Complejo Imataca

Kenorland está representado en el Escudo de Guayana por el Complejo Imataca ★ de la Provincia de Imataca, un cinturón metamórfico granulítico mesoarqueano de alta complejidad, donde ocurrieron dos eventos metalogénicos de enriquecimiento en menas de Fe, debidos a la acción de sendas plumas mantelares: P1 y P2.



Tomado de <https://redhistoria.com/historia-de-la-tierra-supercontinente-kenorland/>

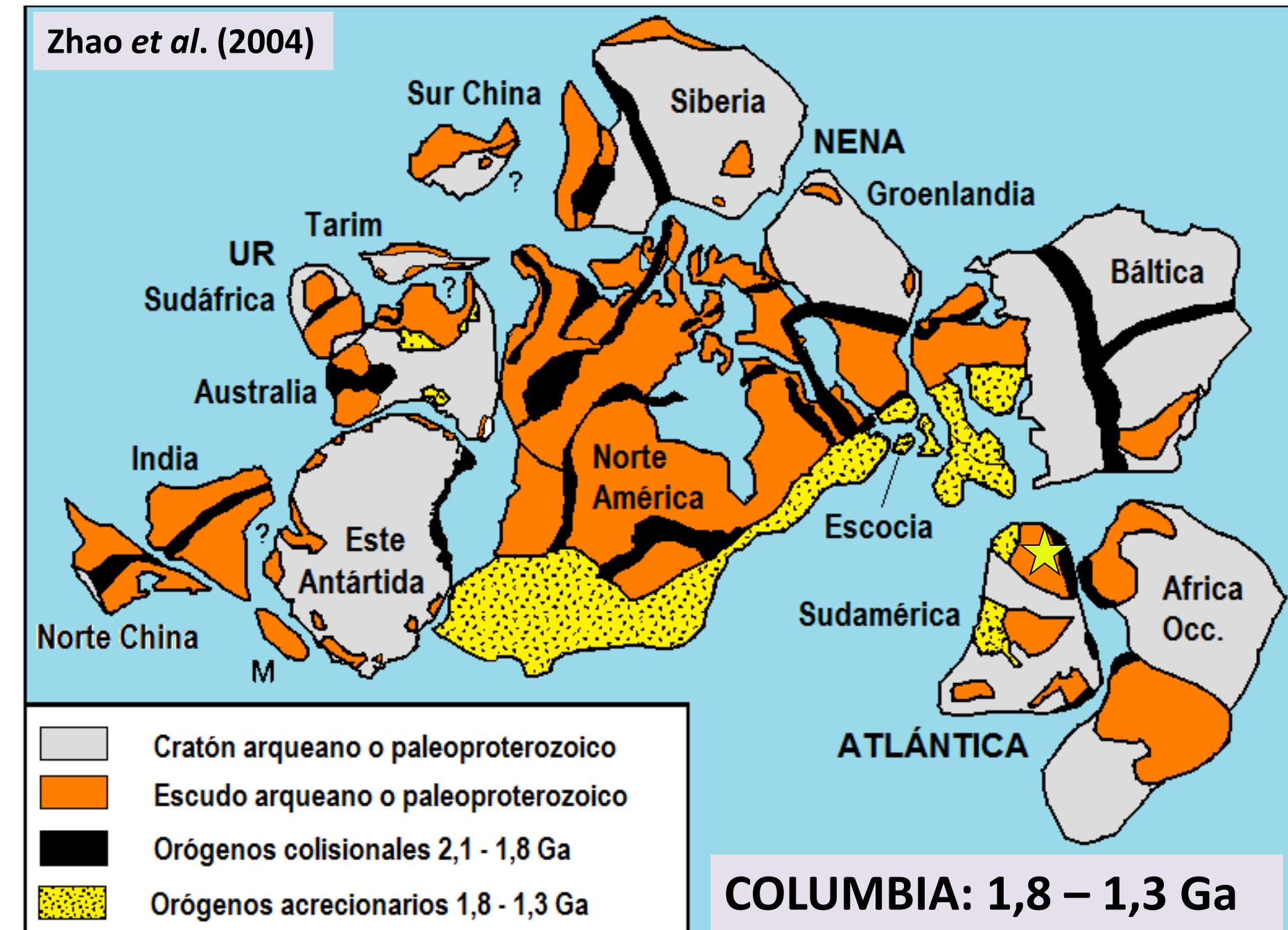
COLUMBIA-ATLÁNTICA

Columbia (también conocido como Nuna, Nena o Hudsonia) es el nombre de uno de los supercontinentes pasados postulados en la Tierra. Existió desde hace 1,8 a 1,3 Ga en el Paleo/mesoproterozoico, siendo el supercontinente global más antiguo y duradero.

Consistió en un megacrátón integrado por cratones de Laurentia, Báltica, Ucrania, Australia, y posiblemente Siberia, norte de China y Kalahari. Amazonia-W Africa (Atlántica) formaban un bloque aparte. Su reconstrucción se logró con base a datos paleomagnéticos y correlación de orógenos antiguos.

Pudo haberse formado hace 1.800-1.300 Ma por la colisión tres primeros continentes: Ur, Ártica y Báltica, donde Kenorlandia, Siberia y Báltica se suturaron con la Antártida Este para formar:

NENA: Norte-Europa + Norte-América



El continente Atlántica, núcleo de la futura Gondwana, no se hallaba suturado a Nena, sino que formaba un bloque aparte, cuya ubicación no se conoce con certeza. El Escudo de Guayana ★ formaba parte de este continente.

OROGÉNESIS TRANSAMAZÓNICA-EBURNEANA

Columbia se formó entre 2,2 y 1,8 Ga, produciéndose orogénesis en casi todos los continentes de la Tierra de aquel tiempo. Los cratones de América del Sur y África Occidental se unieron entre 2,3-2,0 Ga en las orogenias Transamazónica, Eburneana y Birrimiana, para formar el bloque denominado Atlántica. Muchísimas otras orogenias se produjeron a lo largo de todo el mundo, dando por resultado la amalgamación final del supercontinente Columbia.

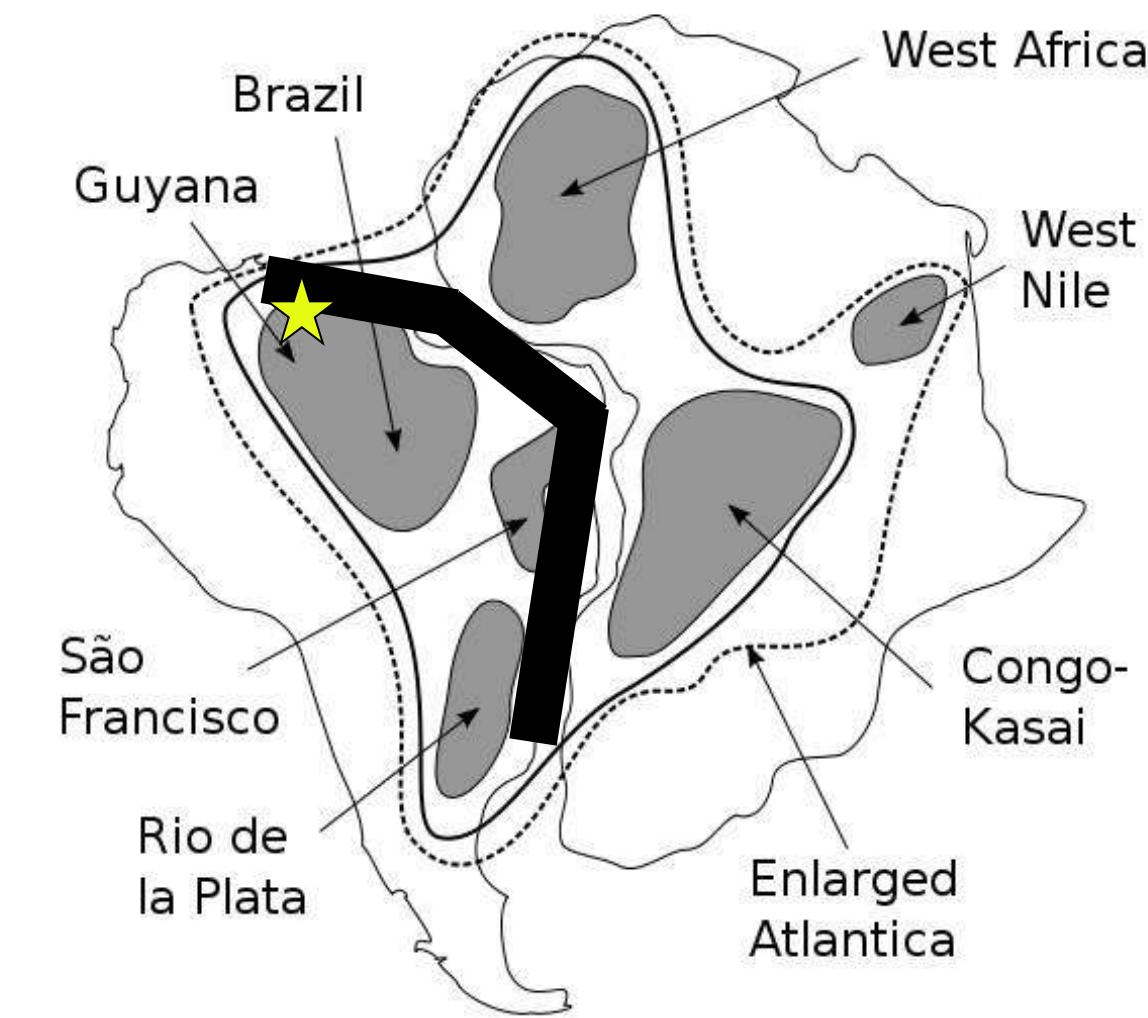
En Sudamérica, entre 1,8-1,3 Ga se produce acreción a lo largo del margen occidental de Amazonia, representada por los cinturones Río Negro-Juruena y Rondonia. De éstos solo el de Río Negro aflora muy parcialmente en Venezuela, en la frontera oeste del estado Amazonas con Brasil, a lo largo del río homónimo: como la Piedra del Cocuy.



Piedra del Cocuy, estado Amazonas

Durante su larga vida y deriva Atlántica fue afectada por tres fuertes plumas mantelares, que trataron de disgregarla sin éxito, pero dejaron sendas LIP en Guayana: una bimodal (Orocaima), otra máfica (Avanavero-Roraima) y otra alcalina (Parguazensis).

ATLÁNTICA



<https://geofrik.com/2013/05/11/supercontinente-atlantica/>

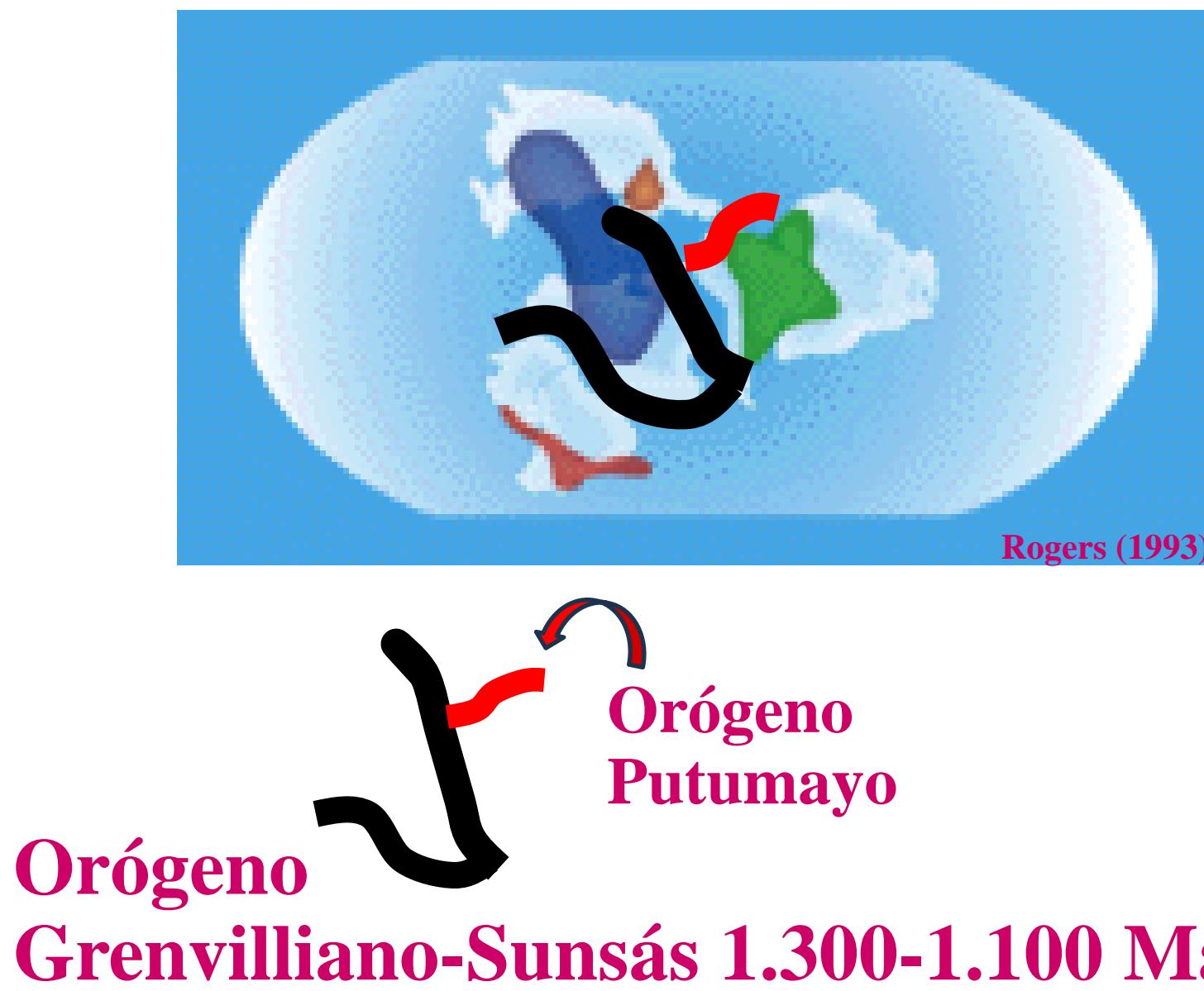
Atlántica comprendía los cratones de Guayana, Brasil, Patagonia, W-Africa y del Congo. Su formación constituyó la llamada

Orogénesis Transamazónica

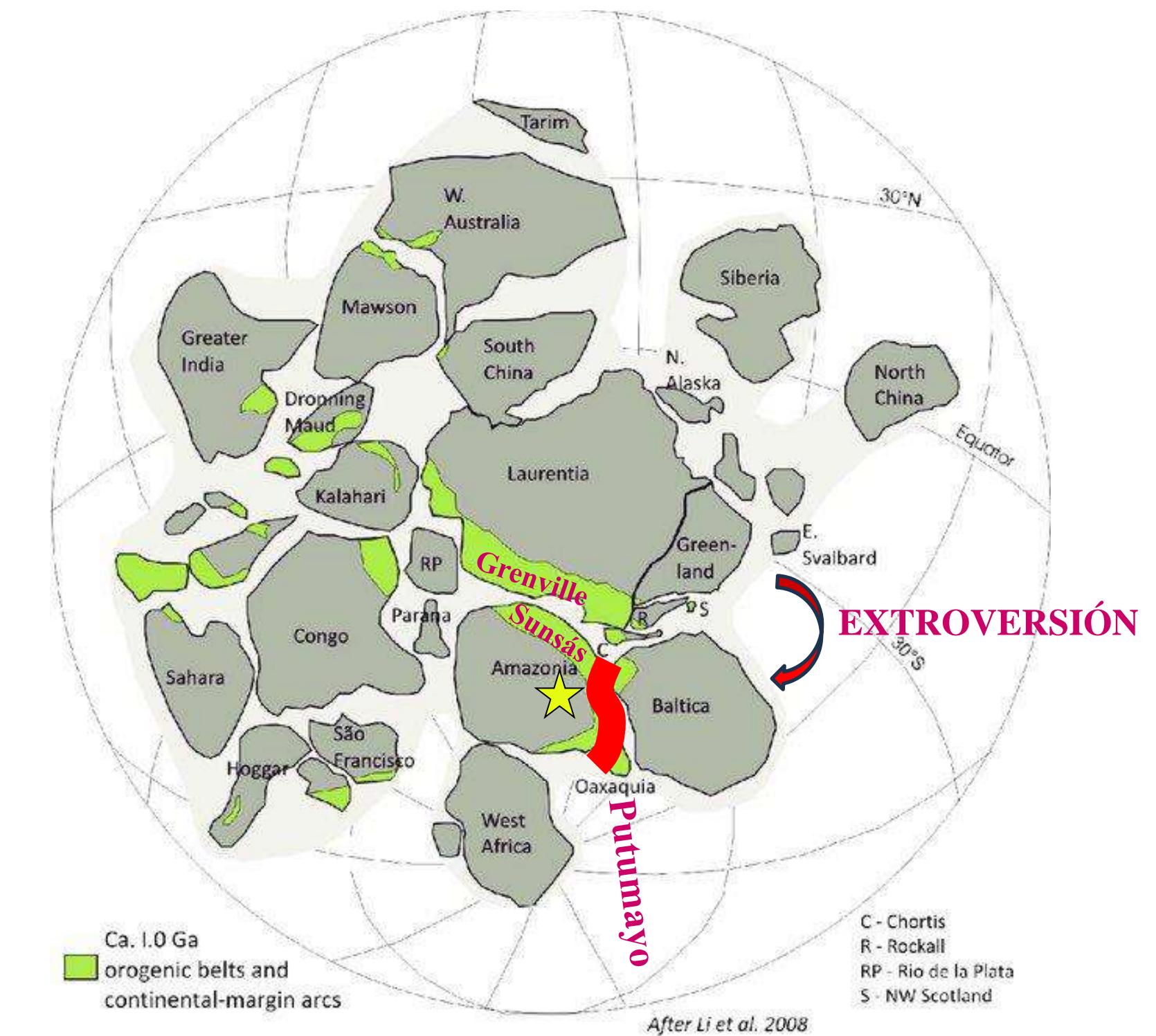
representada en el Escudo de Guayana por la Provincia de Pastora-Mazaruni, con granitos sódicos TTG (Complejo Supamo) y CRV's con metavolcánicas de 2.300-2.000 Ma★.

La disgregación de Columbia separó a Báltica de Nena, suturándola con el borde oriental de Atlántica, lo que constituyó una extroversión, con la que se dieron los primeros pasos para el ensamblaje del supercontinente proterozoico de Rodinia, que concluyó hace 1,1-1,0 Ga, y que fue una de las más grandes masas continentales que haya jamás existido en la Tierra.

La formación de Rodinia dio lugar al Orógeno Grenvilliano-Putumayo-Sunsás, que fue posiblemente la cordillera más larga, ancha y elevada que se haya jamás formado en toda la historia geológica, con ramales en todo el mundo.



RODINIA



RODINIA

Rodinia se formó y se disgregó durante el Neoproterozoico. Posiblemente existió como un único supercontinente desde 1,1 Ga hasta que comenzó a fragmentarse en ocho pequeños continentes hace unos 800 Ma. Se cree que fue responsable, en gran parte, del clima frío del Criogénico (*Snowball Earth*) dado que su centro se hallaba en regiones polares.

Comenzó a formarse hace alrededor de 1,3 Ga de años a partir de la colisión de tres o cuatro continentes preexistentes, un evento global conocido como Orogénesis Grenvilliana-Putumaya.

De Rodinia casi no hay litologías en el Escudo de Guayana, puesto que se formó un sistema arco-trinchera-cuenca retro-arco en su borde, dejando aislado al resto del cratón. Se destacan las pseudotaquilitas de la Falla de Guri, que actuó como falla transformante hace 1,2 Ga y otros efectos de *resets* isotópicos.

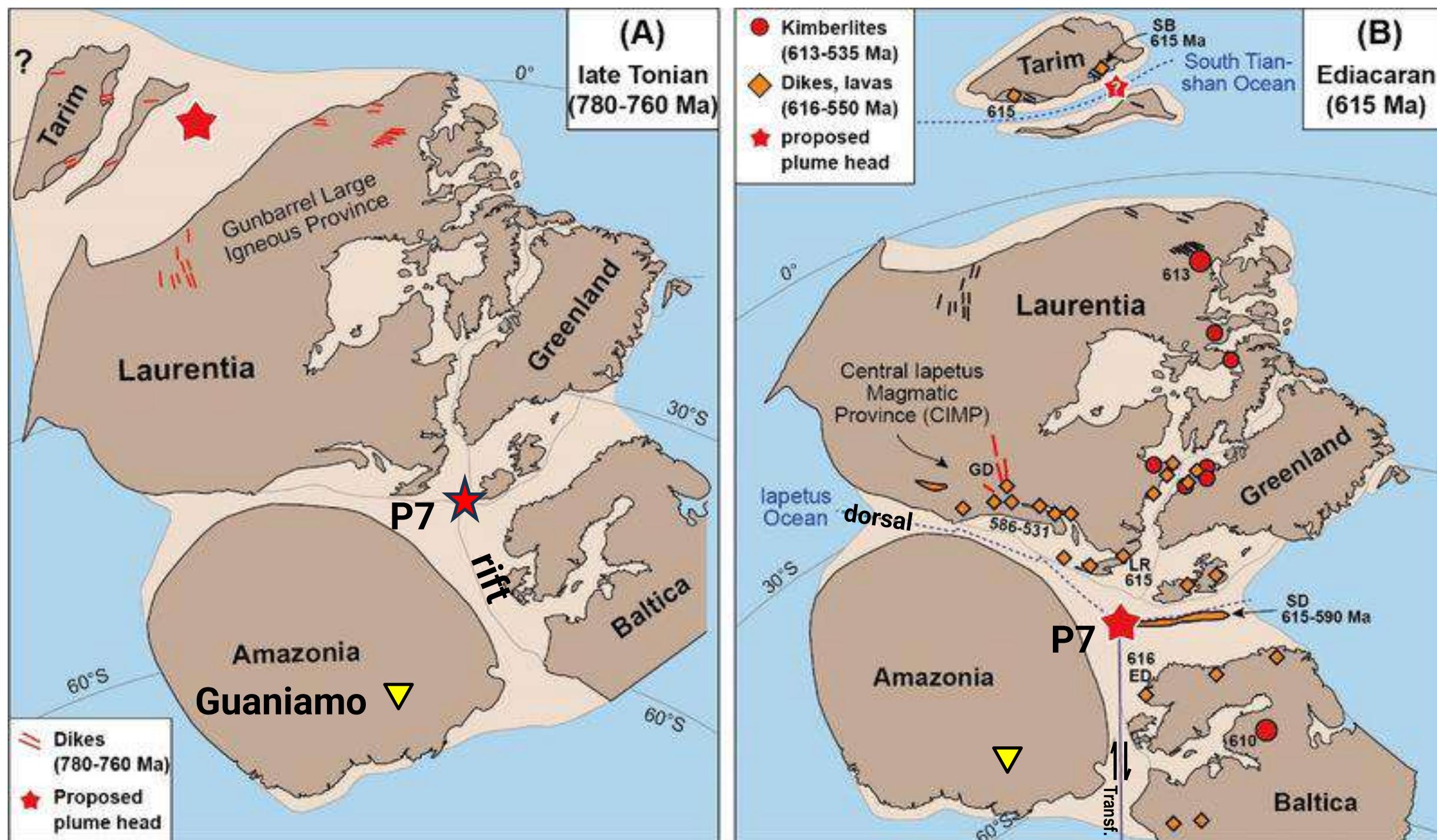
Sin embargo en el NW de Venezuela, Grande & Urbani (2012) reconocen la existencia en el NW de Venezuela del TERRENO FALCONIA, como una parte desmembrada de un ramal del orógeno Grenvilliano, denominado orógeno Putumayo por Ibañez-Mejía (2011), cuyas edades neoproterozoicas, (1,2-0,9 Ga), metamorfismo de alto grado y litologías son similares.

No obstante, las evidencias más claras de la disrupción de Rodinia se hallan en la Provincia de Cuchivero, y son los mantos y diques de kimberlita diamantífera de Guaniamo, datados por Channer *et al.* (2004) entre 830-710 Ma, generados por *rifting*, con una pluma mantelar algo distal.

Disrupción de Rodinia

-Las intrusiones más jóvenes que han afectado al Escudo de Guayana son los delgados y largos mantos transgresivos de kimberlita (con 0,5-3,0 m de espesor y 1-2 km de largo), descritos primeramente por Nixon (1989) y datados por Channer *et al.* (2001) entre 840-710 Ma.

-Con estas edades neoproterozoicas y su carácter intraplaca, se infiere que estas kimberlitas se asocian con los procesos de separación o *rifting* del supercontinente Rodinia, que se relacionan con una pluma distal, P7, y la apertura del océano Iapetus.



▼ Kimberlita 830-710 Ma

Rifting entre Amazonia y Báltica

La kimberlita se emplaza a unos 500 km del rift, donde la litósfera continental es más gruesa.

Tomado de Wu *et al.* (2021)

Possible límite transformante
entre Amazonia y Báltica

GONDWANA

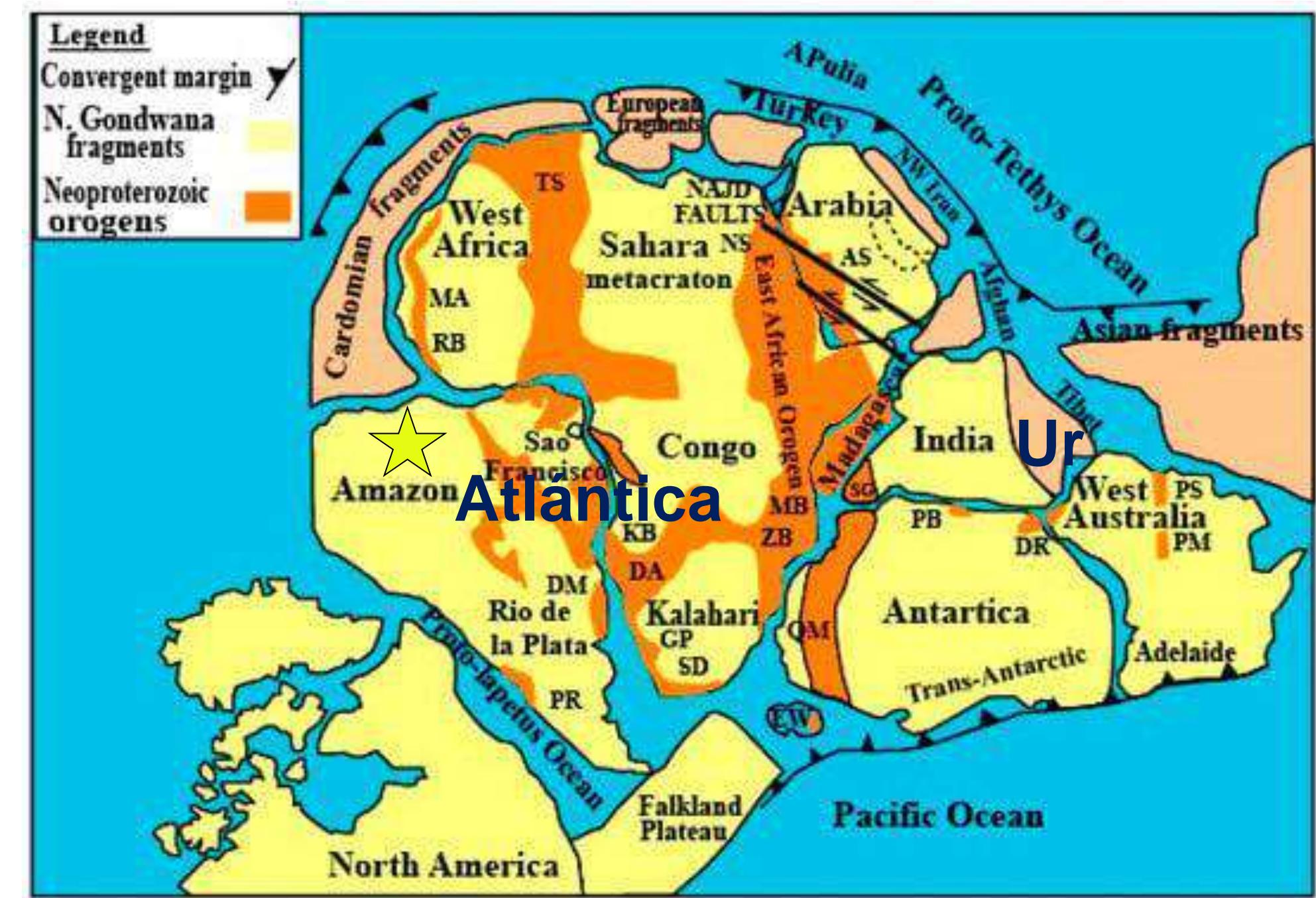
Rodinia tuvo una relativa corta duración y comenzó a fragmentarse hace 800-600 Ma para generar los supercontinentes de Gondwana y Laurasia.

Las dilatadas megacolisiones entre África y Amazonia y África con India y Antártida oriental (Gondwana oriental) para formar Gondwana, durante el Neoproterozoico Tardío se conocen como:

Orogénesis Panafricano-Brasiliana

Como se muestra en la reconstrucción anexa, la orogénesis Panafricana no pudo tener ninguna representación en el Escudo de Guayana ★ ni en el resto de Venezuela, pero está muy manifiesta en el este de Brasil, oeste, NW y este de África, el sur de la India, Madagascar y la Antártida.

Estos vastos y complejos orógenos permanecieron incólumes hasta el momento de la disgregación de Pangea durante el Jurásico, cuando fueron desmembrados.

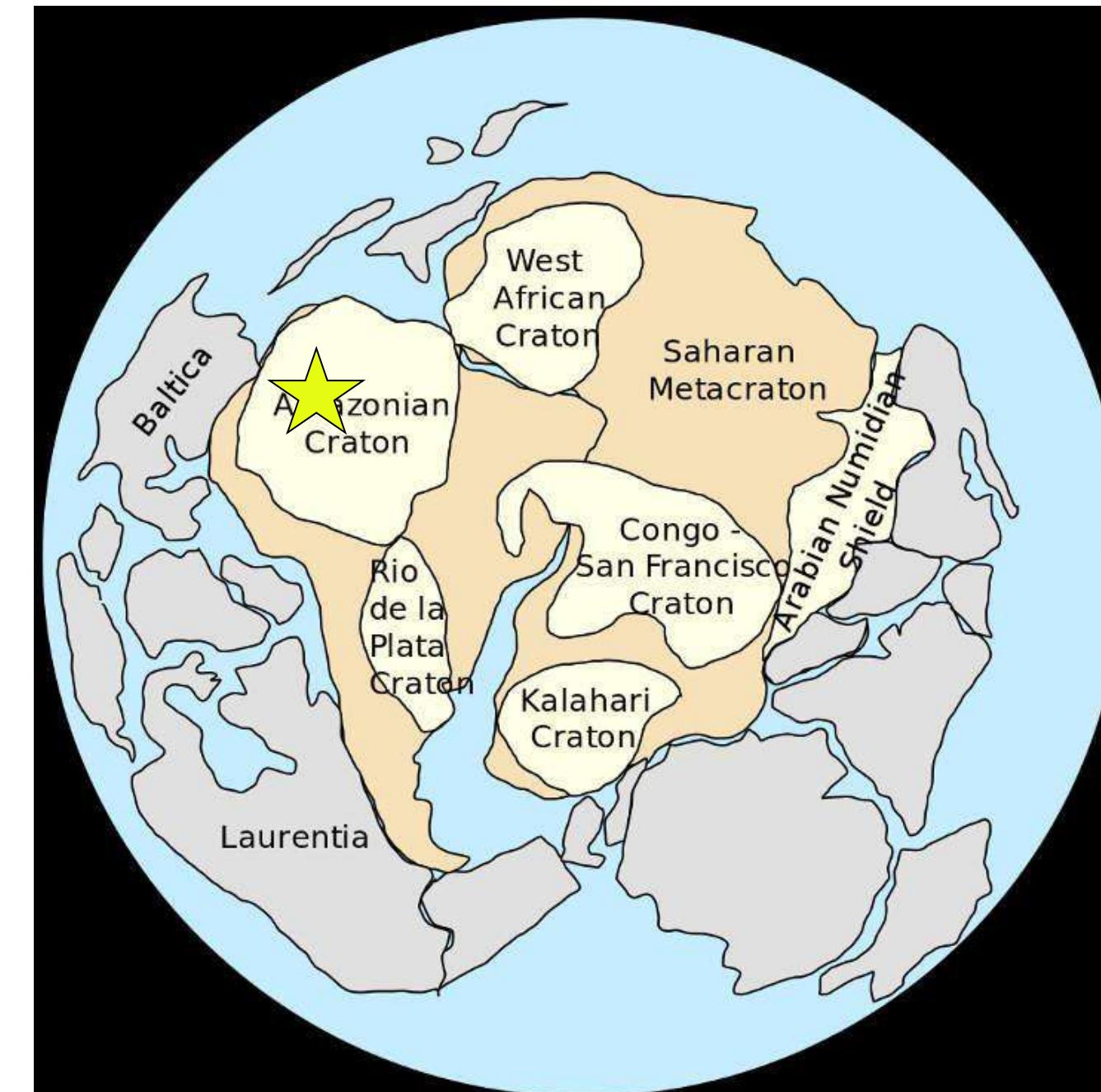


Tomado de Kanouo et al. (2021)

 Orógenos Panafricano-Brasilianos
650-550 Ma

PANNOTIA

Debido a que los momentos exactos de esta separación y la orogenia panafricana, parcialmente contemporánea, son difíciles de correlacionar, podría ser que toda la masa continental estuviera nuevamente unida en un supercontinente entre hace aproximadamente 600 y 550 millones de años. Este hipotético supercontinente se llama Pannotia, pero muchos dudan de su corta existencia.



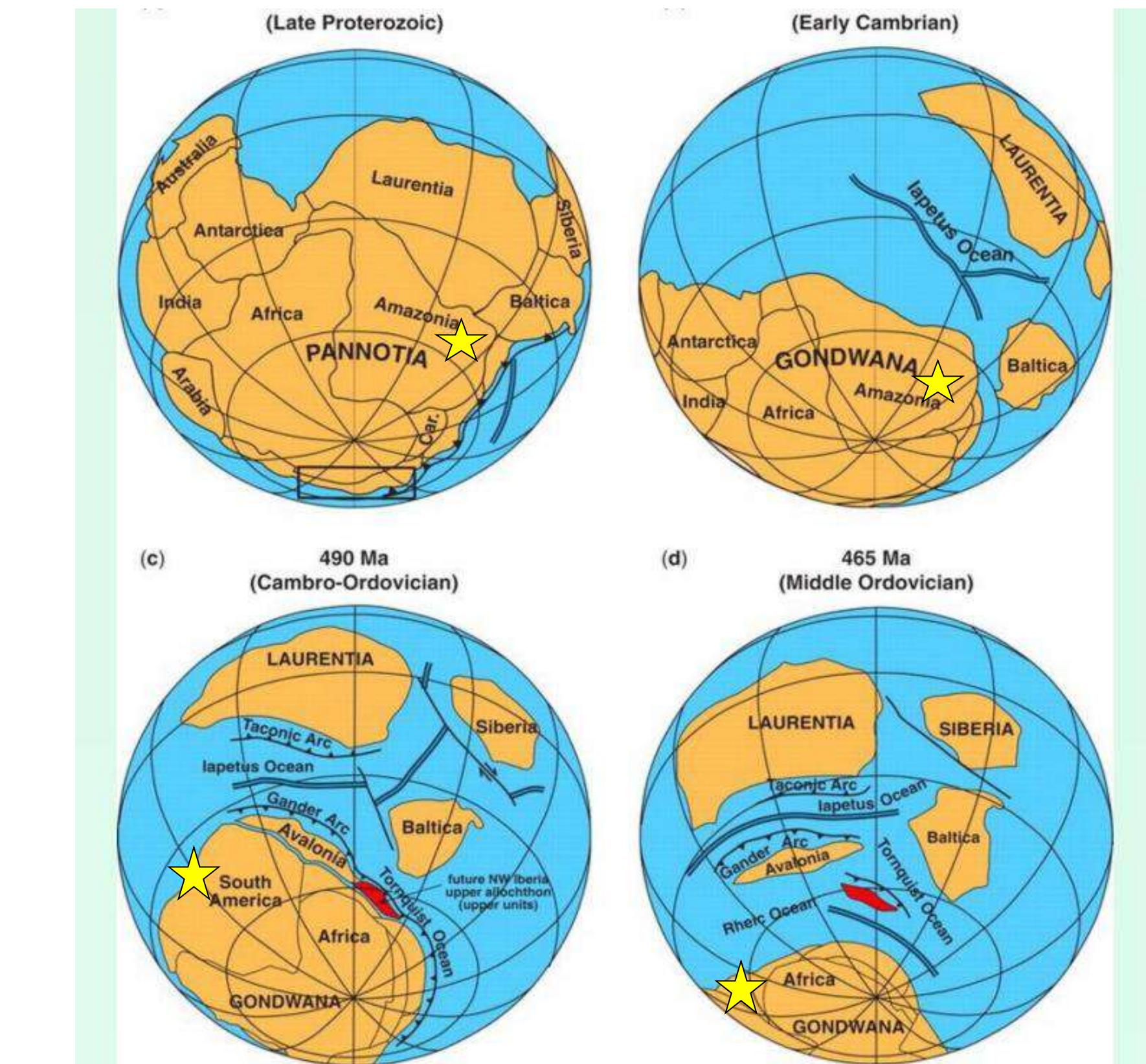
Bloques proterozoicos a paleozoicos: hacia la formación de Pangea

En tiempos pre-Pangea, hace unos 500 Ma, la parte norte del bloque continental de Sudamérica estaba rodeada por cinturones orogénicos paleozoicos que orlaban al cratón de Guayana, no existiendo todavía ni la placa del Caribe ni los arcos de las Antillas Mayores y Menores. Dichos cinturones se formaron por el cierre de los oceános Iapetus, Reico y Tornquist.

La reconstrucción de Pangea muestra claramente que una megasutura continental puso en contacto al gran continente de Gondwana con el continente de Laurentia y que dicha sutura, abarcaba lo que ahora son las costas atlántica y caribeña de América, y las costas atlánticas de Eurasia y África.

Los orógenos paleozoicos están bastante bien representados en la geología de Venezuela, en especial como granitos anatécticos orogénicos y cinturones de grado medio (barrovianos).

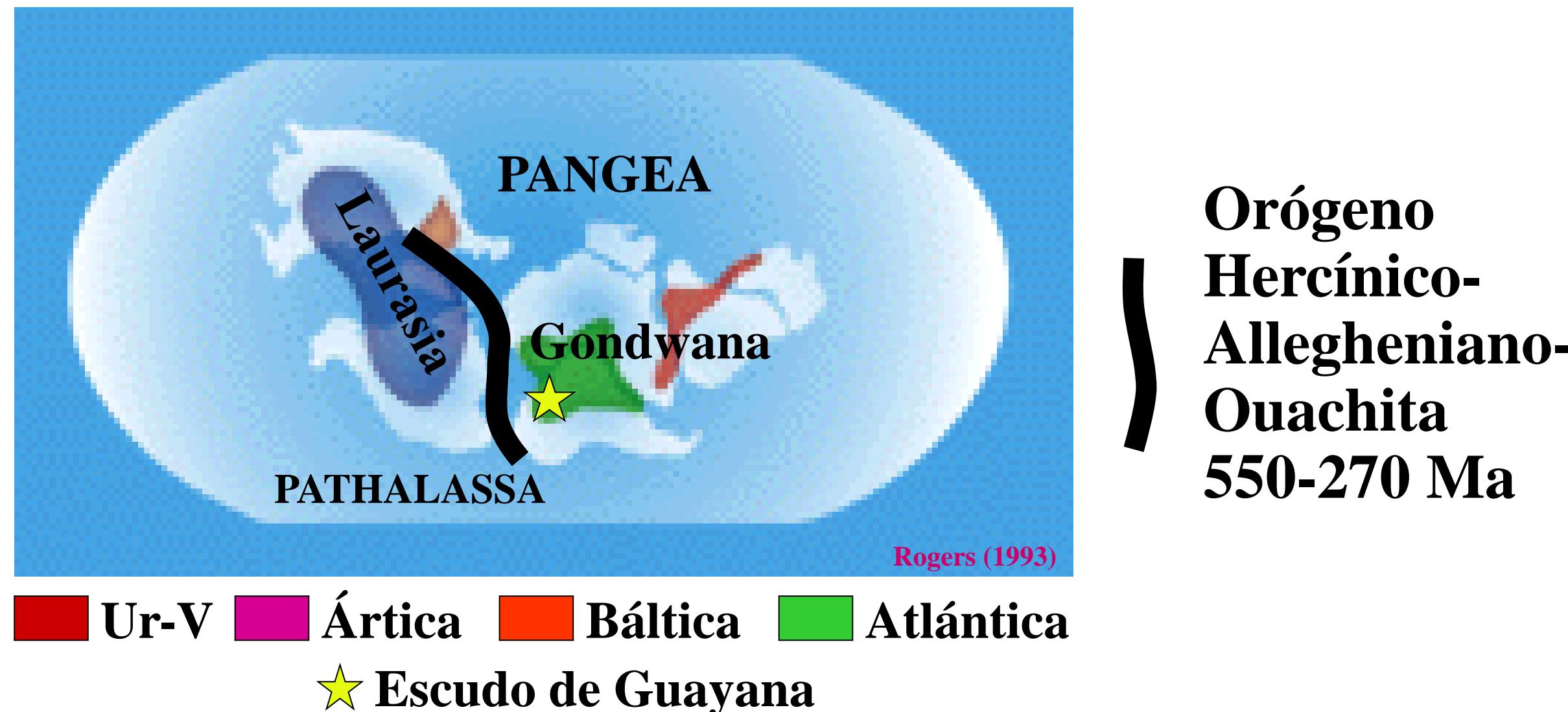
Nuevamente, el Escudo de Guayana ★ no se vió afectado por dichas orogenias.



Tomado de <https://prezi.com/6muagu0fl2h/la-era-paleozoica/?frame=b56c7da591734e17cf03940e9b01350c8bab7ac4>

Bloques proterozoicos a paleozoicos: hacia la formación de Pangea

Gondwana colisionó con Laurasia para formar Pangea, entre 550-270 Ma. Esta fue la **Orogénesis Caledoniana**, en el norte de Europa y Tacónica, en Norte y Suramérica, seguida por la **Acadiana** en el este de Norteamérica y la **Allegheniano-Ouachita** en el SE de Norteamérica y el norte y NW de Sudamérica, llamada **Hercínica** en Europa y norte de África. Este orógeno rivalizó en tamaño y elevación con el **Grenvilliano**.

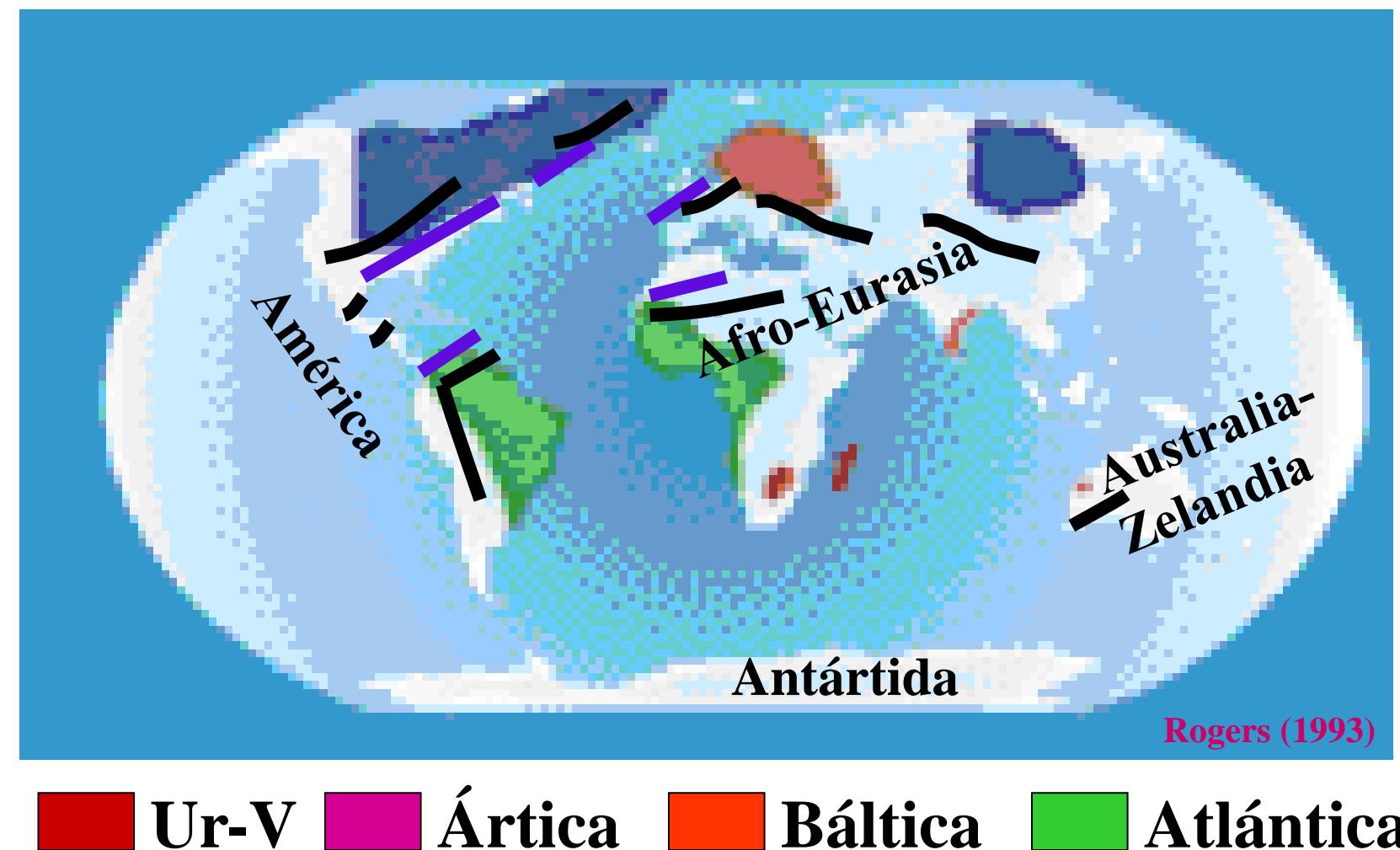


En dos palabras: ¡La formación de la Pangea pérmbica no fue sino la suturación (por colisiones continentales e introversión) de casi todas las masas terrestres existentes antes de ella!

Disgregación de Pangea: desmembramiento de orógenos antiguos

¡Y la disrupción jurásica de Pangea, debida a la deriva continental, fue la causante de la geografía actual del planeta! Donde existen cuatro masas continentales separadas por grandes océanos.

La misma deriva continental ocasionó que también los orógenos antiguos fuesen desmembrados, de modo que fragmentos de ellos se hallen ahora a miles de kilómetros de distancia, en continentes muy separados. Muchos bloques que habían permanecido unidos durante eones fueron desmembrados por este último evento de *rifting*, en particular ocurrió la disrupción de Atlántica y de Gondwana.



Orógeno
Allegheniano-
Caledoniano
desmembrado

550-260 Ma

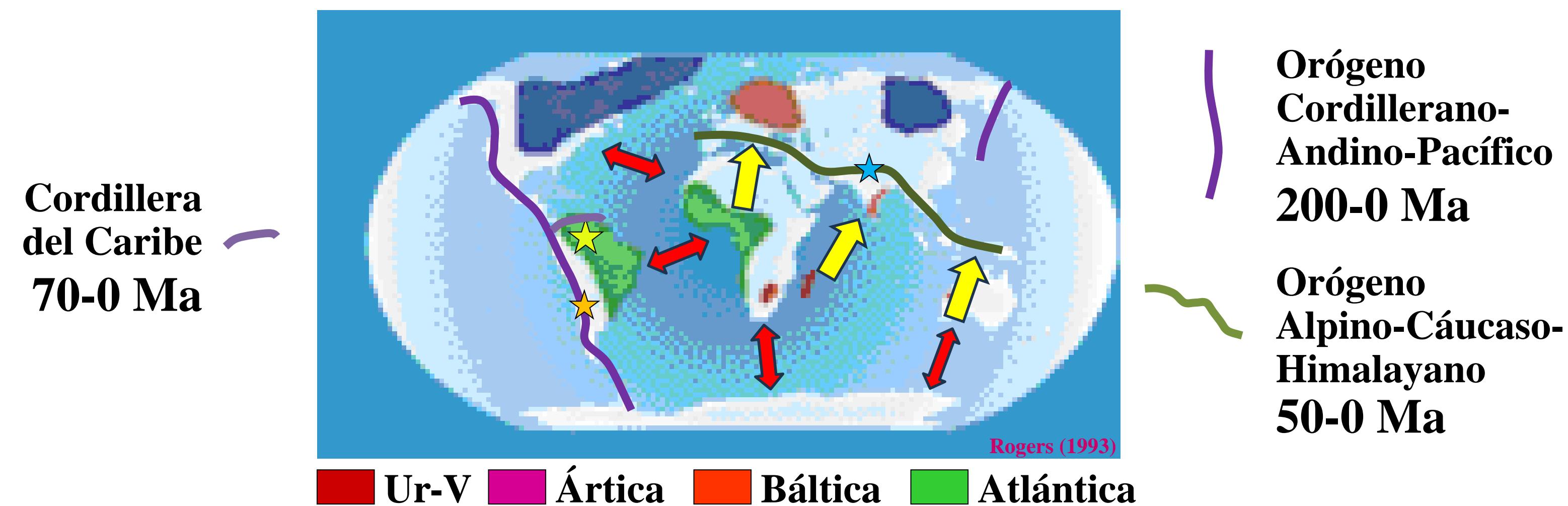
Orógeno
Grenvilliano-
Putumayo
desmembrado

1.300-980 Ma

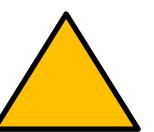
Disgregación de Pangea: orogénesis Alpina y generación de Afro-Eurasia

Finalmente, la deriva continental a partir del Jurásico, generó la actual configuración de los continentes, donde los fragmentos de Ur, Ártica y Atlántica se hallan separados miles de kilómetros por nuevos océanos, en particular el Atlántico, el Antártico y el Índico. Esta deriva configuró la geografía del planeta tal como la conocemos hoy en día, con cuatro grandes bloques continentales: Afro-Eurasia, América, Antártica y Austro-Zelandia y dos inmensos cinturones orogénicos que contienen las montañas más altas del planeta: Everest ⭐ y Aconcagua ⭐. Y nuestra modesta cordillera del Caribe...

En la nomenclatura de supercontinentes el *rafting* Atlántico-Antártico representa una extroversión ↔, mientras que el orógeno Alpino-Cáucaso-Himalayano representa una introversión →.



Ciclo Caribeño: colisión transpresiva CLIP-arco/continente



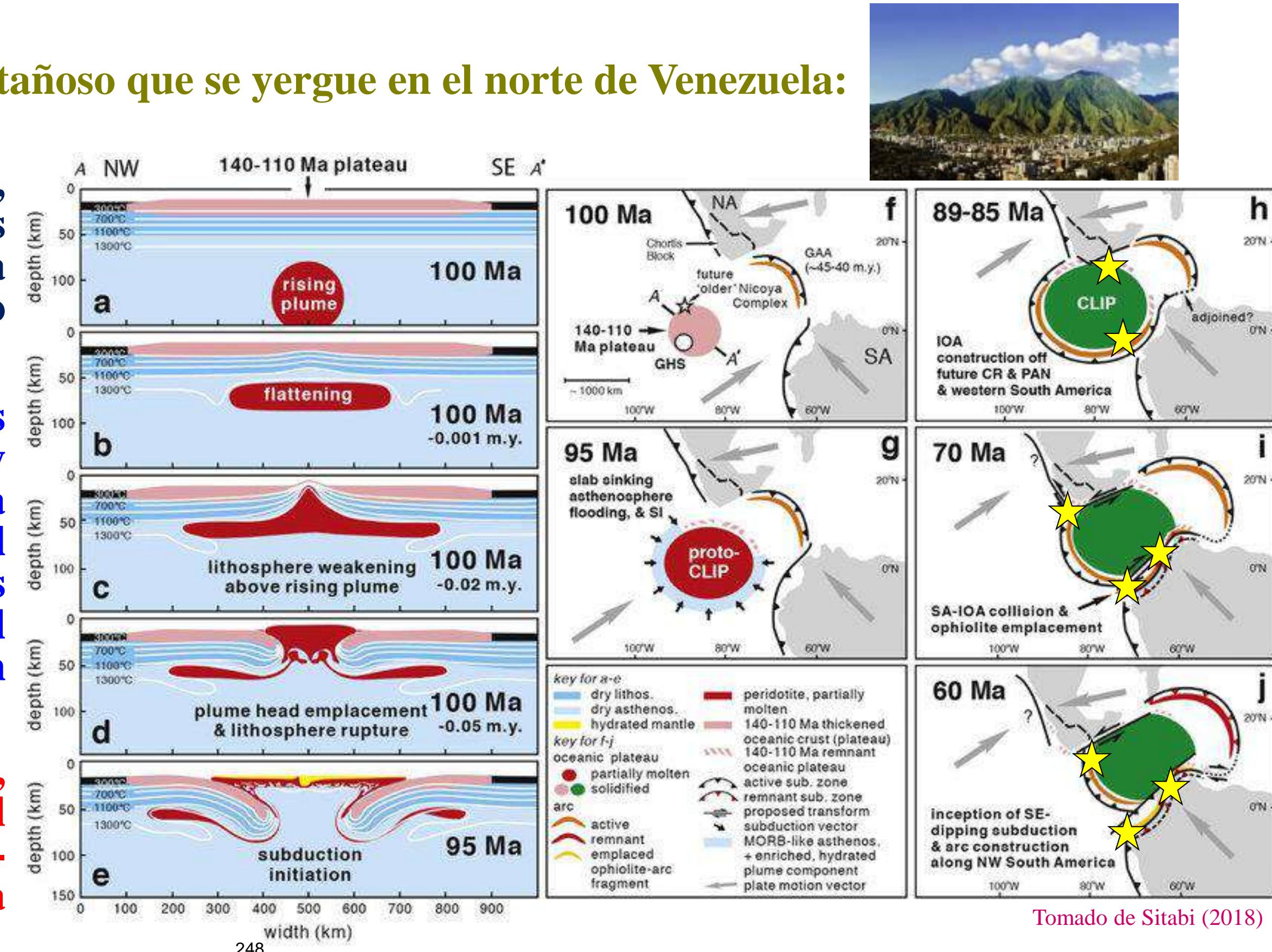
Una de tantas colisiones menores (arco-continente) ocurrió precisamente al norte del bloque continental de Sudamérica, donde éste entró en colisión transpresiva (rasante) con el arco de Grenada y la CLIP de la Placa del Caribe.

Así se generó el escarpado sistema montañoso que se yergue en el norte de Venezuela:
la CORDILLERA DEL CARIBE.

Esta colisión no fue un evento mayor, como la formación del Himalaya o los Alpes, empero localmente tiene mucha importancia debido al estilo tectónico que caracteriza a esta Cordillera.

Uno de los fenómenos más notables fue el emplazamiento de napas y bloques tectónicos pertenecientes a la propia Placa del Caribe CLIP ★ y al Arco de Grenada, incluyendo las cuencas antearco del mismo y del complejo de subducción asociado, con rocas de alta P.

Las napas antepaís comprenden, además, bloques tectonizados del antiguo basamento Mesoproterozoico-Paleozoico, perteneciente a la corteza continental de la Placa Sudamericana.



Tomado de Sutabi (2018)

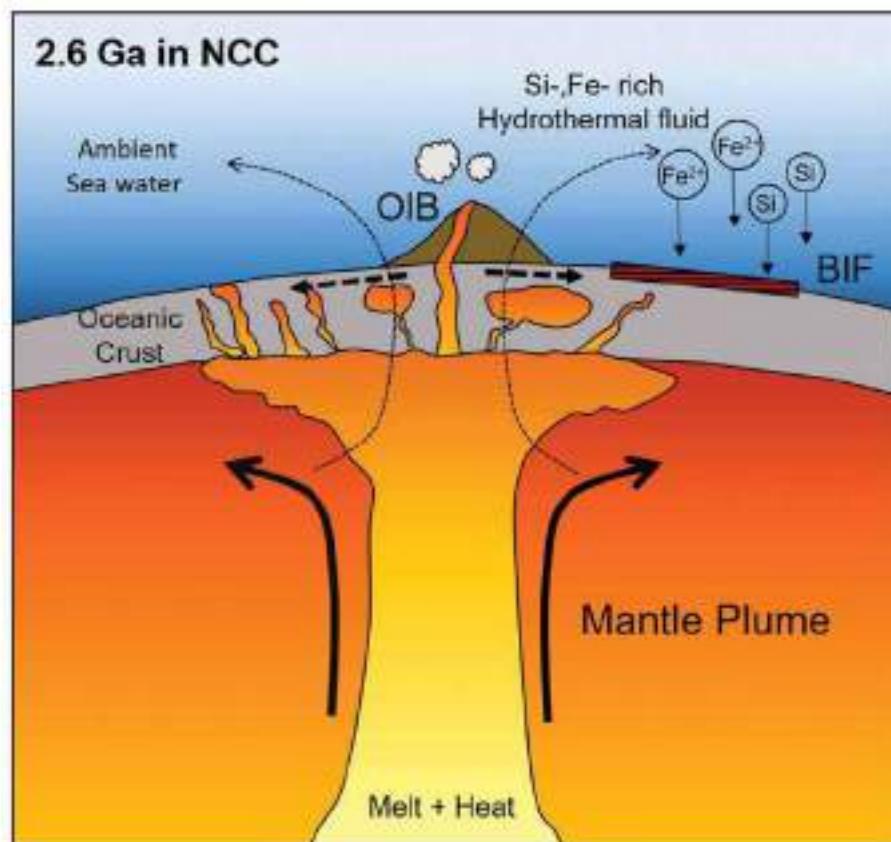
Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

El supercontinente arqueano Ur-Vaalbara NO tiene representación en la geología de todo continente americano, incluyendo al Escudo de Guayana.

El primer supercontinente reconocible en el Escudo de Guayana es posiblemente una parte antigua de KENORLAND, representada por los terrenos Imataca y Kanukú, cinturones metamórficos de medio-alto grado, cuya edad de protolito (U-Pb en circón) va desde 3,4 a 3,2 Ga (orogénesis Guriense).

De acuerdo con Mendoza *et al.* (2019) este supercontinente fue afectado hace 3,2-2,8 Ga, por una primera pluma mantelar P1, responsable de la formación del depósito vulcanogénico-exhalativo masivo de Fe de El Pao, del tipo “Algoma”, asociado a komatitas y basaltos, ahora granulitas ultramáficas y máficas.

P1



Modelo de BIF tipo Algoma (OMV).
Moon *et al.* (2019)

KENORLAND COMPLEJO IMATACA



Granulita ultramáfica
(metakomatita)



Granulita máfica
(metabasalto)



Mena masiva de
magnetita-hematita OMV)

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

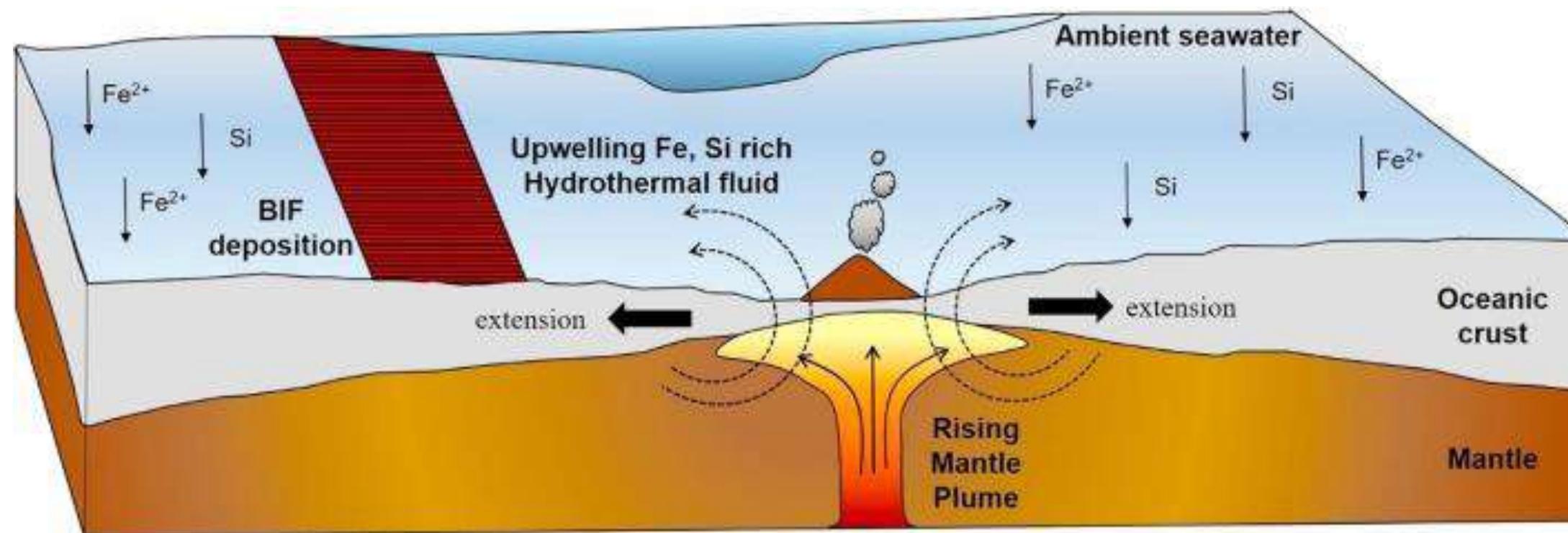
La amalgamación de Kenorland generó un cinturón orogénico granulíticos (Imataca-Kanukú), que luego fue desmembrado por la tectónica posterior.

Según Mendoza *et al.* (2019) una segunda pluma P2 hace 2,7-2,5 Ga fue la responsable indirecta de la formación de los depósitos sedimentario-exhalativos estratiformes de Fe de tipo “Superior”, como los de Cerro Bolívar y San Isidro.

Dichos depósitos sufrieron hace 2,67-2,65 Ga metamorfismo granulítico y plegamiento isoclinal (orogénesis Aroensis), generando cuarcitas magnetíticas o BIF (*Banded Iron Formation*).

P2

KENORLAND



Modelo genético de BIF tipo “Superior” o “Dos Carajás”, por resurgencia de fluidos HT submarinos ricos en Fe. Depósito Sedex (estratiforme)

Tomado de Martins *et al.* (2022)



Cuarcita magnetítica o itabirita
Cerro Bolívar

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

El *rafting* paleoproterozoico del continente formado por Imataca-Kanukú permitió la apertura de uno o más océanos, entre ellos, el océano Pastora, cuyo cierre ocurrió durante la orogénesis Transamazónica, representada por los CRV's de la Provincia de Pastora-Mazaruni.

Otra pluma mantelar P3, con edad 2,3-2,2 Ga, disgregó a Imataca y Kanukú de Kenorland y generó una meseta oceánica LIP en el océano Pastora, donde fueron erupcionados los magmas komatíticos y basálticos de las metavolcánicas de Florinda, Cicapra y El Callao, con sus conocidos depósitos auríferos en CRV (Mendoza *et al.*, 2019). Esta meseta fue obducida cuando se formó el continente Atlántica:

P3

Orogénesis Transamazónica ATLÁNTICA



Metalava verde
El Callao



Metalava pirítica
Mina Garatal



Veta de cuarzo aurífero
Mina Colombia

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

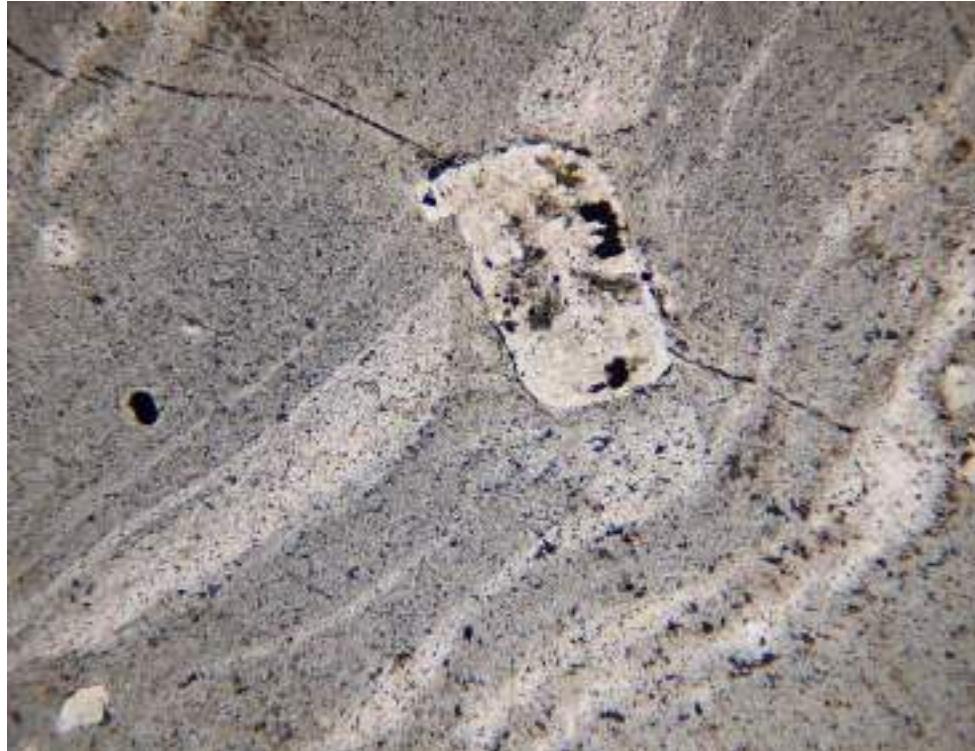
Atlántica fue afectado por una cuarta pluma mantelar P4, reconocida en el Escudo de Guayana como el **Evento Orocaima**, el cual hace 1,98 Ga (Ibañez-Mejía, com. pers.) generó un magmatismo intraplaca continental bimodal, similar al más reciente generado por la pluma de Yellowstone-Río Snake. Dicho evento emplazó lavas y tobas félsicas y granitos intrusivos en ellas, además de enjambres de diques de diabasa. En efecto, según Mendoza *et al.* (2019), **Orocaima** constituye una Gran Provincia Ígnea Félsica (**LIP**), entre las más extensas del mundo y está representada por la Asociación Cuchivero.

P4

LIP bimodal Orocaima: Asociación Ígnea Cuchivero



Metaignimbrita
(Volc. de Pacaraima)
Sta. Elena de Uairén



SN. Metatoba ignimbritica
con textura en “*fiamme*”.
(Alto Suapure)



SN. Metatoba cristalina con
czo. embahiado y vacuolar.
(Alto Suapure)



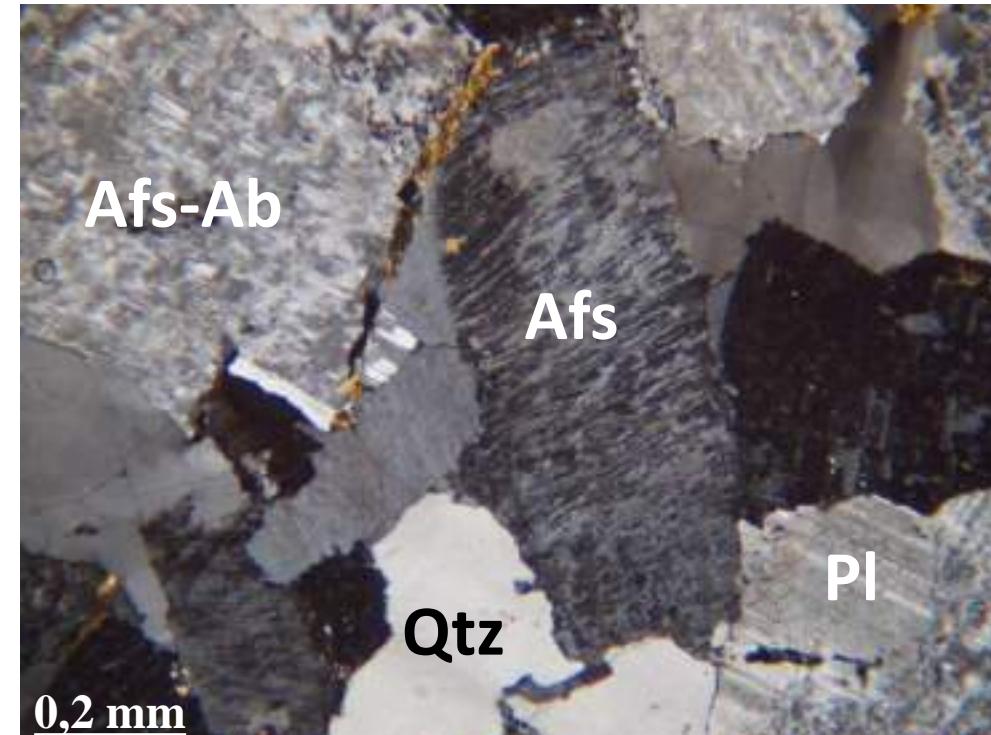
Metatoba félsica
(Volc. de Caicara)
Alto Suapure

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

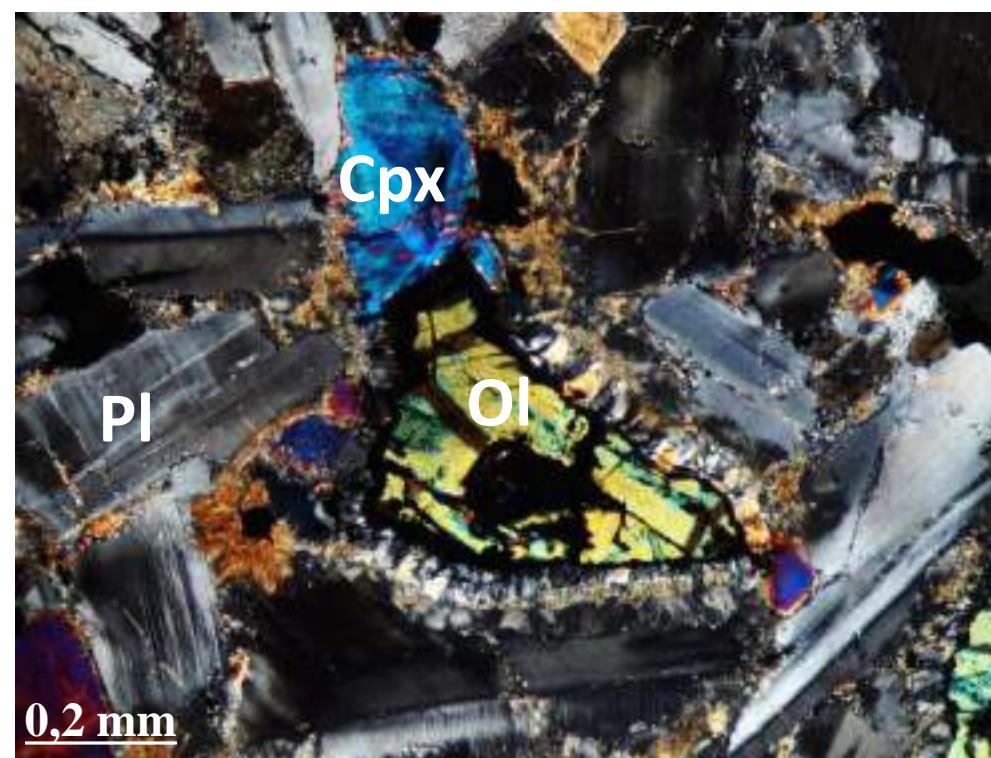
P4: Evento o LIP bimodal Orocaima



Granito de Santa Rosalía
(vía La Ceiba)



NX. Monzogranito biotítico albitizado.
(Alto Suapure)



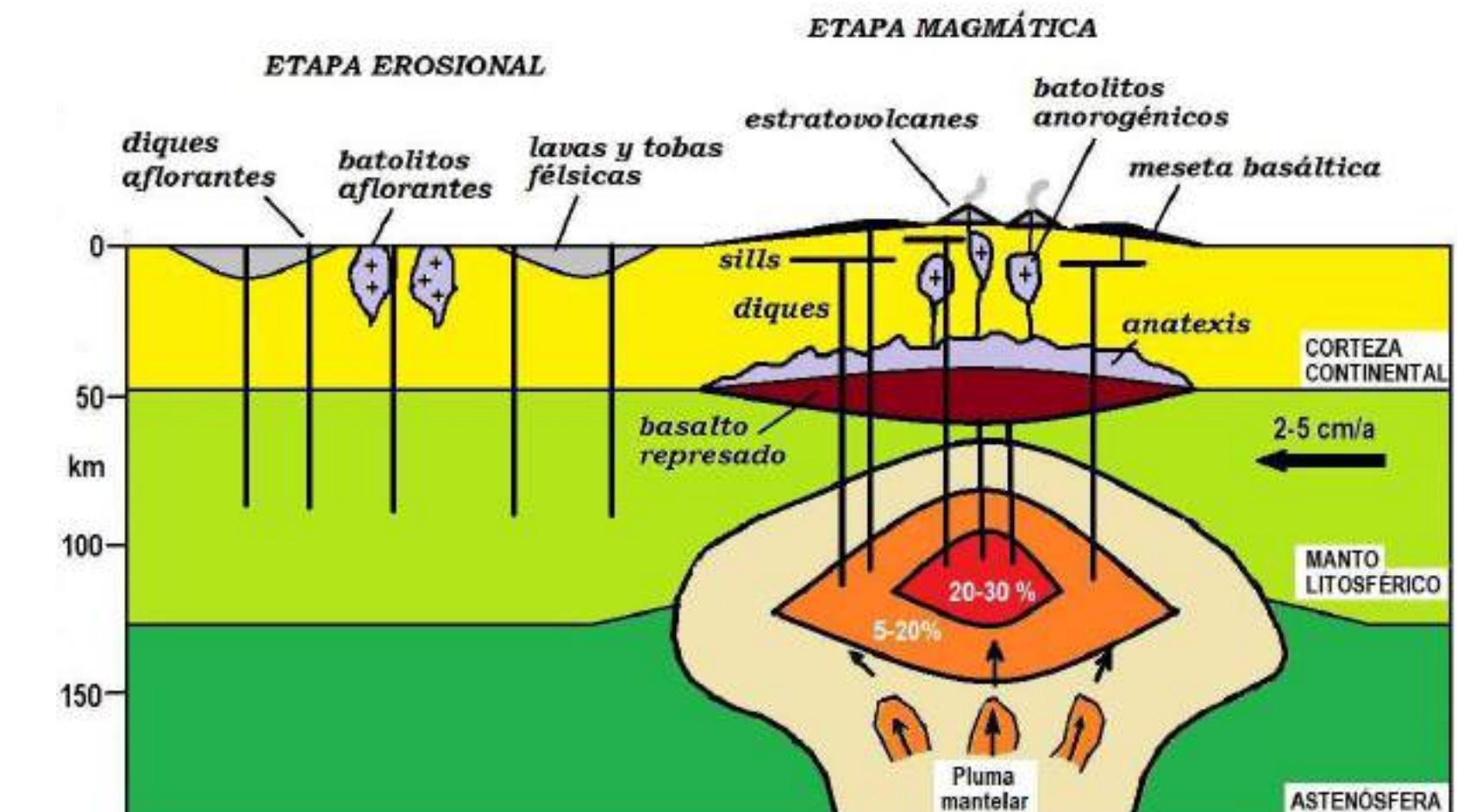
NX. Diabasa olivínica coronítica
(río Guaniamo)



Diabasa coronítica
(enjambre NE Guaniamo)

Punto caliente intracontinental

Asociación bimodal: máfico-félsica



Modelo basado en el punto caliente de Yellowstone-Río Snake, (NW-U.S.A.) donde una pluma mantelar subcontinental zonada deja una traza de cuerpos ígneos máficos y félsicos (asociación bimodal) a medida que el continente se desplaza por encima de ella. El **Evento Orocaima** pudo haber sido algo similar, pero durante el Paleoproterozoico (1,98 Ga). La zonación de la pluma fue responsable del emplazamiento de diques maficos de diferente composición, olivínicos o piroxénicos. Los magmas félsicos se originaron por anatexis de la corteza inferior.

Modificado de Hughes (1982)

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

P5: Asociación Avanavero-Roraima

Hace unos 1,78 Ga (200 Ma más tarde) el continente Atlántica, fue afectado por la pluma mantelar P5, que emplazó la Gran Provincia Ígnea Máfica o *LIP* Avanavero, caracterizada por mantos o *sills* y diques de diabasas augíticas e hipersténicas, de tendencia tholeítica, que afloran, al menos, desde el río Paragua hasta las Guayanas y el norte del Brasil, un área de al menos 2 Mkm². Ésta es una de las grandes provincias ígneas o *LIP*'s maficas del planeta.

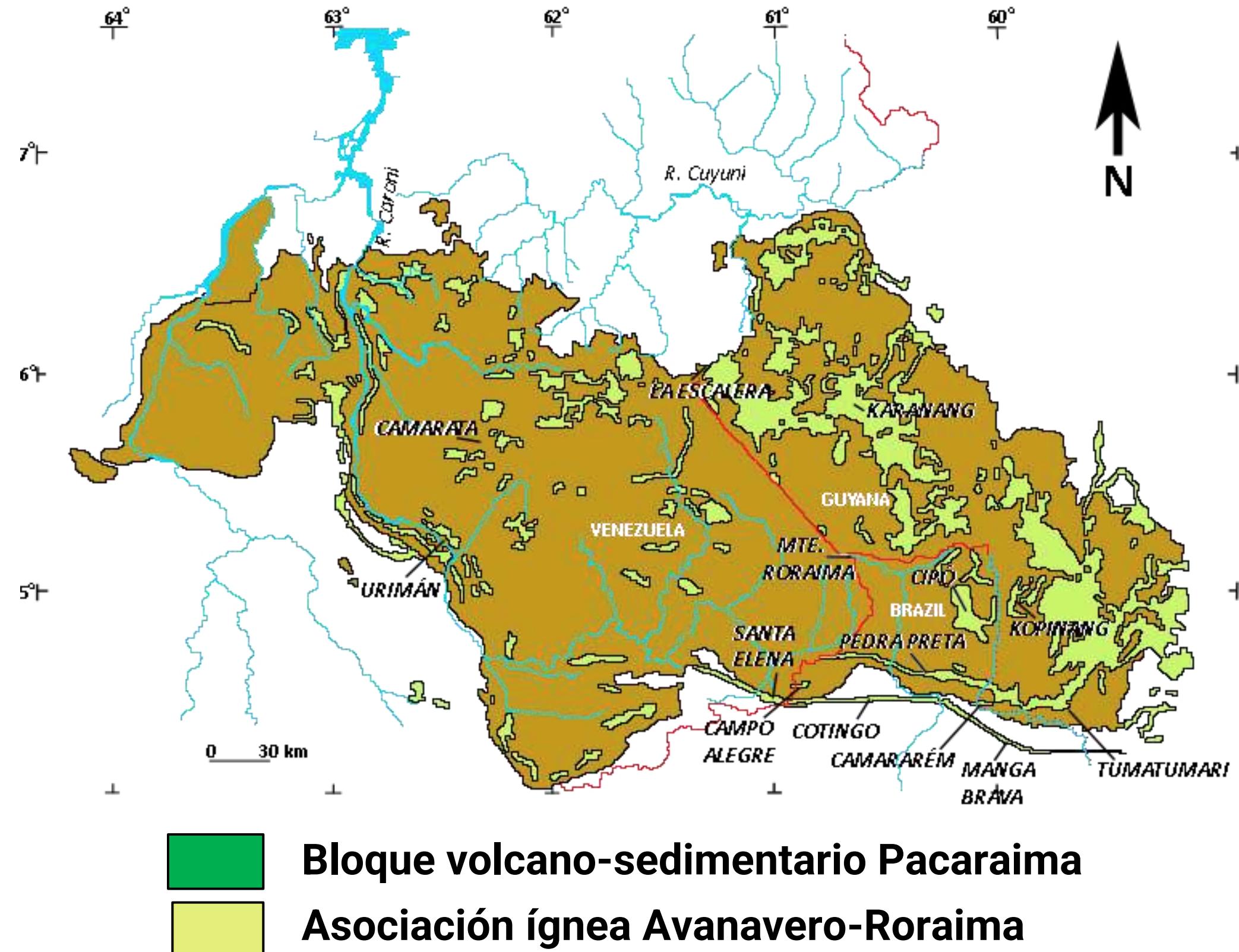
El Bloque volcano-sedimentario Pacaraima consta del Supergrupo Roraima en el SE de Venezuela, norte de Brasil y Guyana. Ha sido intrusionado por los grandes plutones de la Asociación Avanavero.



Mte. Roraima



Acopantepuy



Bloque volcano-sedimentario Pacaraima

Asociación ígnea Avanavero-Roraima

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

Los plutones son de diabasa, de gran tamaño, constituyen extensos diques y sills, muchos de ellos con longitudes decakilométricas y espesores decamétricos a hectométricos. Los cuerpos más grandes, como los sills de Sta. Elena, basal del Mte. Roraima, Nuria y Kamoirán contienen abundante hipersteno, que en realidad constituye *pigeonita invertida*, es decir, cristales de ortopiroxeno con exsoluciones de augita.

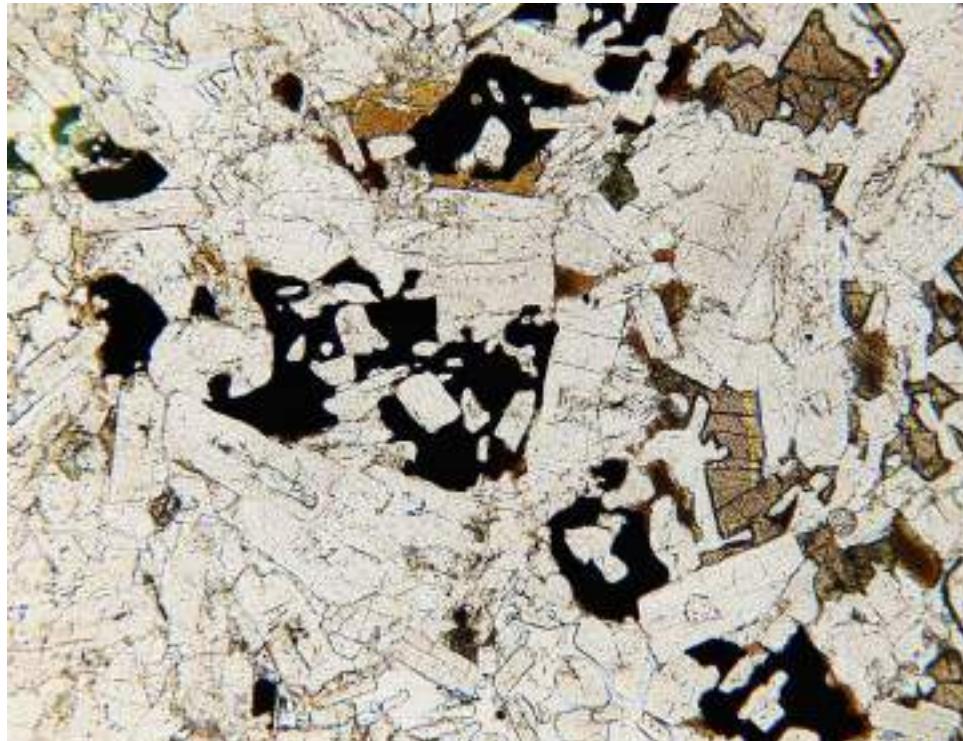
Su origen se debió posiblemente a la lenta migración del cráton Amazónico por encima de una pluma mantelar P5, muy potente y no zonada, de modo que existe una notable uniformidad en el magma emplazado: todas son rocas tholeíticas con escaso o nulo olivino.

P5

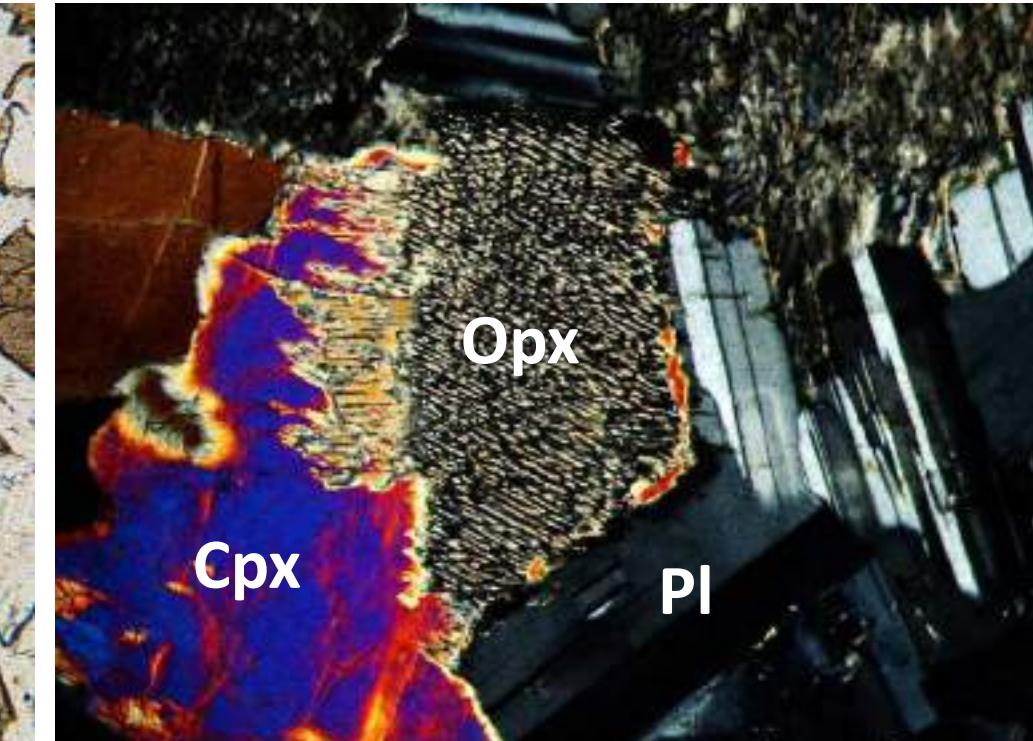
Gran Asociación Ígnea Avanavero-Roraima



Piedra de la Virgen

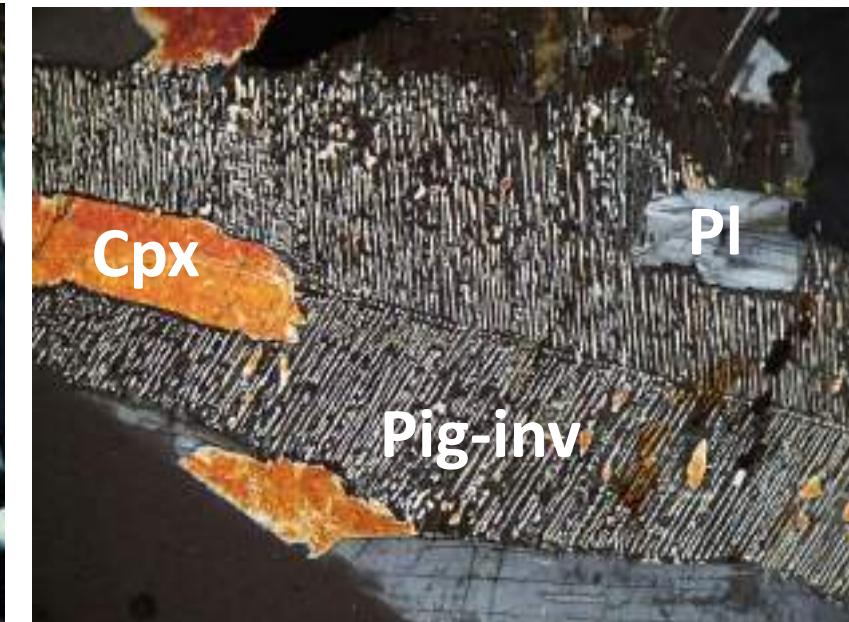


SN. Diabasa augítica
(Piedra de la Virgen)



NX. Diabasa hipersténica
(Sill Sta. Elena-Cotingo)

1 mm
255



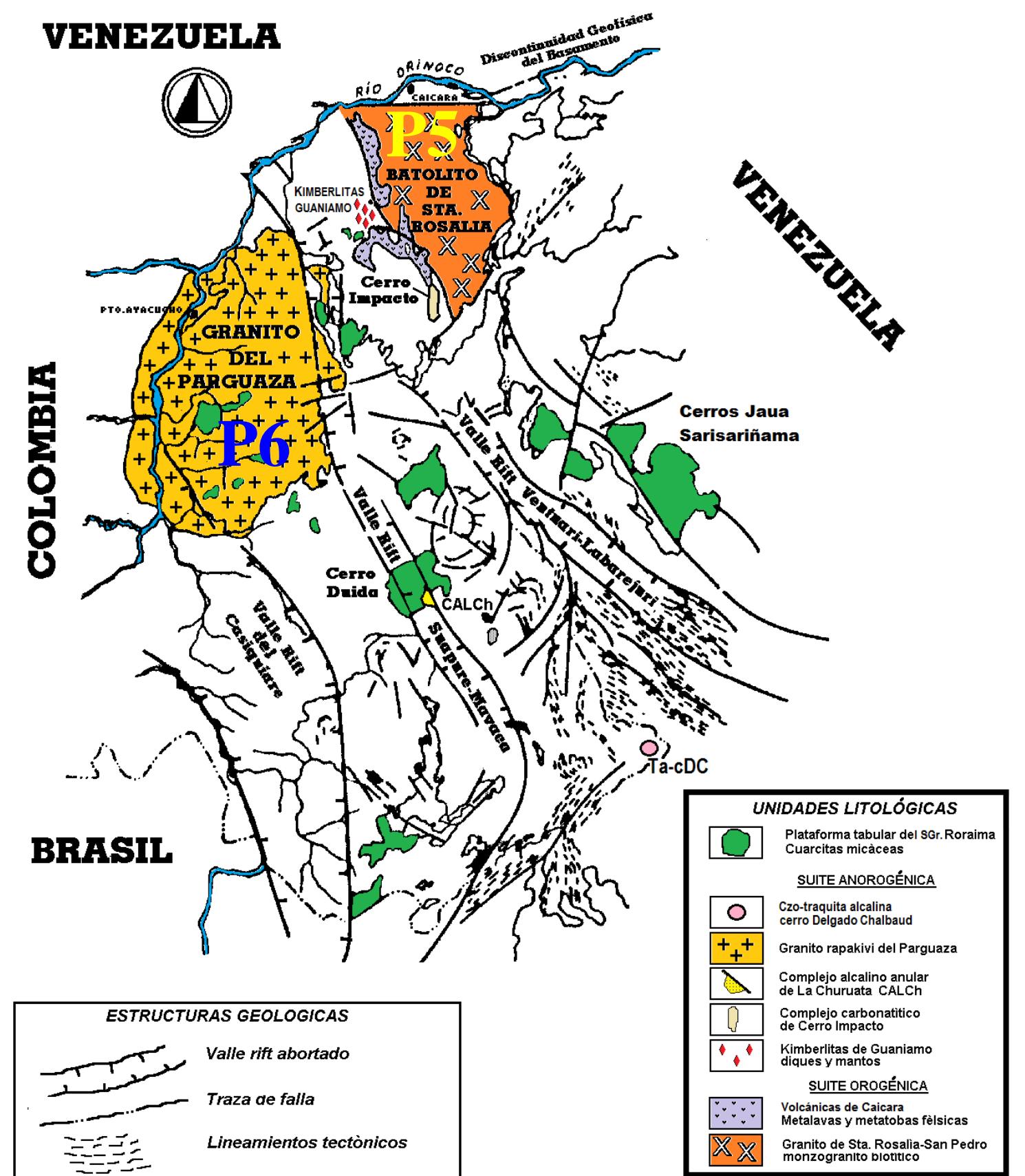
Pigeonita invertida
(textura espina de pescado)
(Sill basal Mte. Roraima)

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

P6: Evento Parguazensis

La sexta pluma P6 se relacionó posiblemente con un intento de *rifting* de Atlántica, hace 1,5-1,3 Ga, y emplazó una serie de granitos alcalinos, incluyendo grandes plutones como el Granito *rapakivi* del Parguaza y varios cuerpos menores que afloran en el SW del Escudo, intrusionando a la Provincia de Cuchivero, incluídos en la Asociación Ígnea Suapure.

Posibles *rifts* continentales abortados de edad Mesoproterozoico en el oeste del Escudo de Guayana, identificados en imágenes de radar. Al parecer hubo tres intentos fallidos o “*rift jumps*” de fracturar el continente Atlántica, el más antiguo al oeste (Casiquiare), luego el de Suapure-Mavaca, y el más reciente al este (Ventuari-Labarejuri). Asociados a estos *rifts* se hallan el Complejo Alcalino La Churuata (CALCh), el Granito *rapakivi* del Parguaza y, posiblemente, la chimenea de czo-traquita alcalina del cerro Delgado Chalbaud (Ta-cDC), todas ellas asociaciones ígneas anorogénicas intracontinentales alcalinas.



Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

La Asociación Suapure en realidad constituye una asociación ACMG mesoproterozoica, de la cual solo se ha descrito los miembros G (granito *rapakivi*) y, posiblemente C (charnockita). No se descarta que un muestreo futuro logre hallar los demás miembros de la asociación, aunque hay cierta evidencia de A (anortosita) en la zona.

Los granitoides equigranulares a porfídicos (*no-rapakivi*) son de sienogranito biotítico. Corresponden a una facies externa del Granito del Parguaza denominada Granito de Pijiguao, que aflora en las cercanías de la planta Bauxilum.



¿Possible anortosita?

P6

GRANITO DE PIJIGUAO

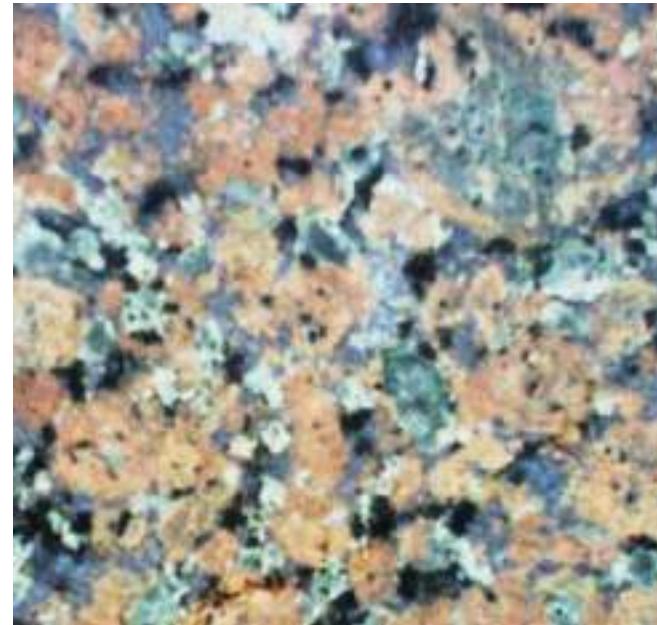
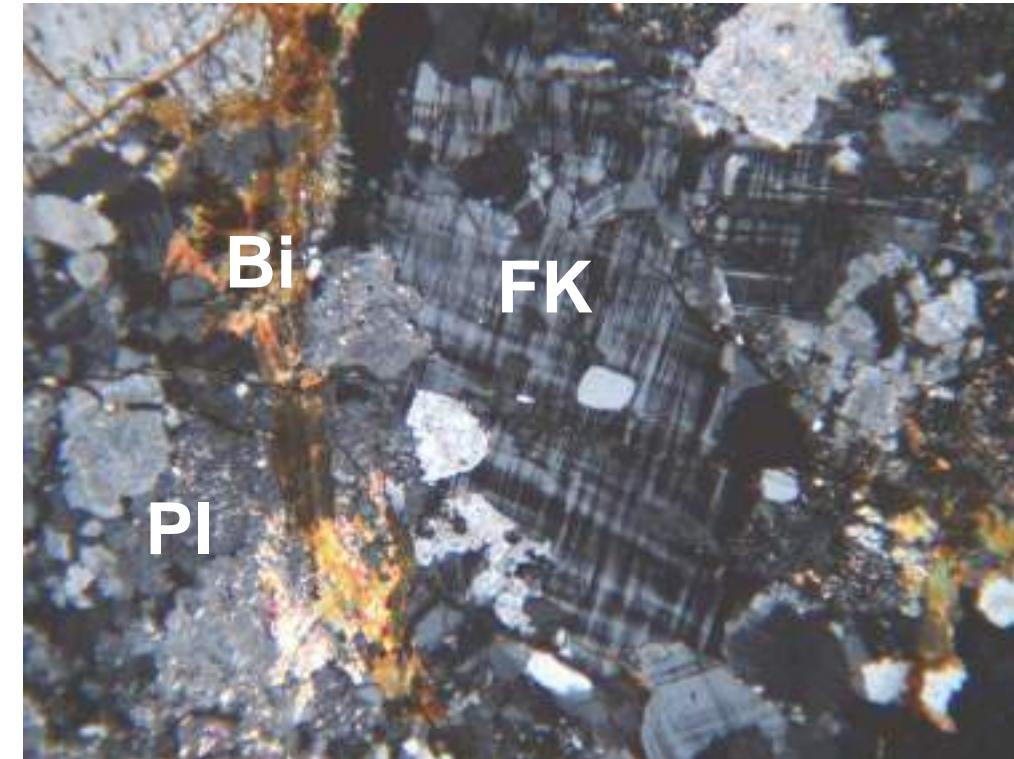
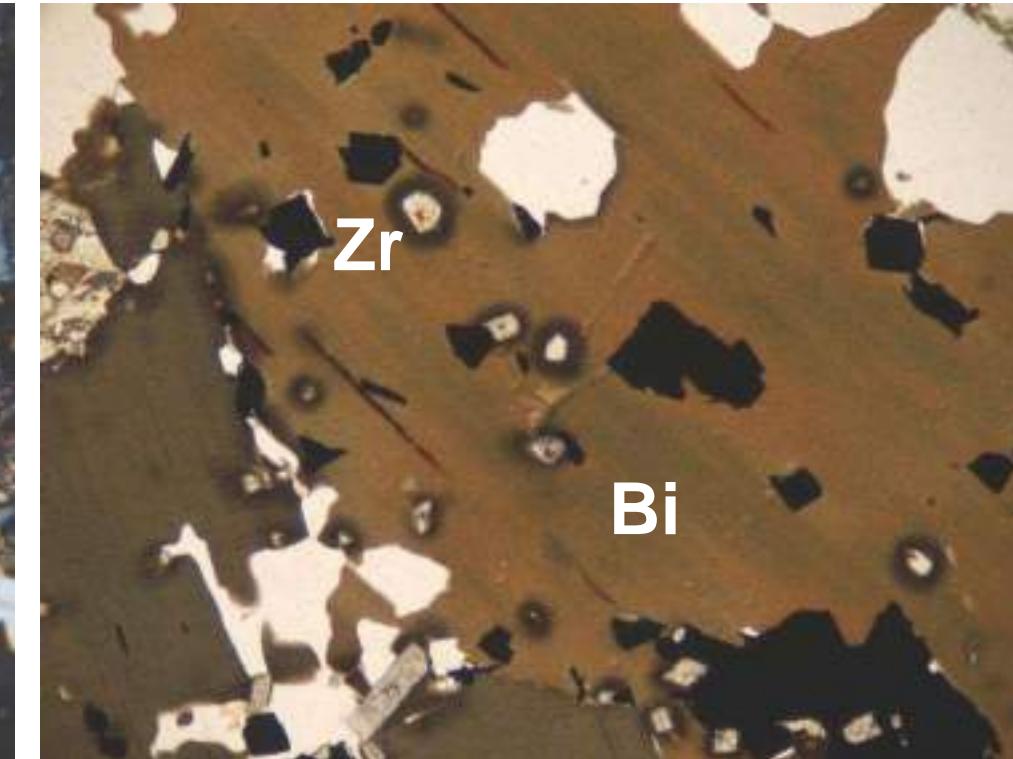


Lámina pulida del
Granito de Pijiguao

5 mm



NX. Sienogranito porfídico
(*no-rapakivi*)



SN. Sienogranito porfídico
Halos radiactivos en biotita

1 mm²⁵⁷



Lámina pulida del
Granito de Pijiguao

2 mm

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

Los granitoides porfídicos, exhiben texturas *rapakivi* bastante variadas:

WIBORGITA: fenocristales ovoidales de FK rodeados de anillos de plagioclasa

PYTERLITA: fenocristales ovoidales de FK que perdieron su anillo de plagioclasa por difusión

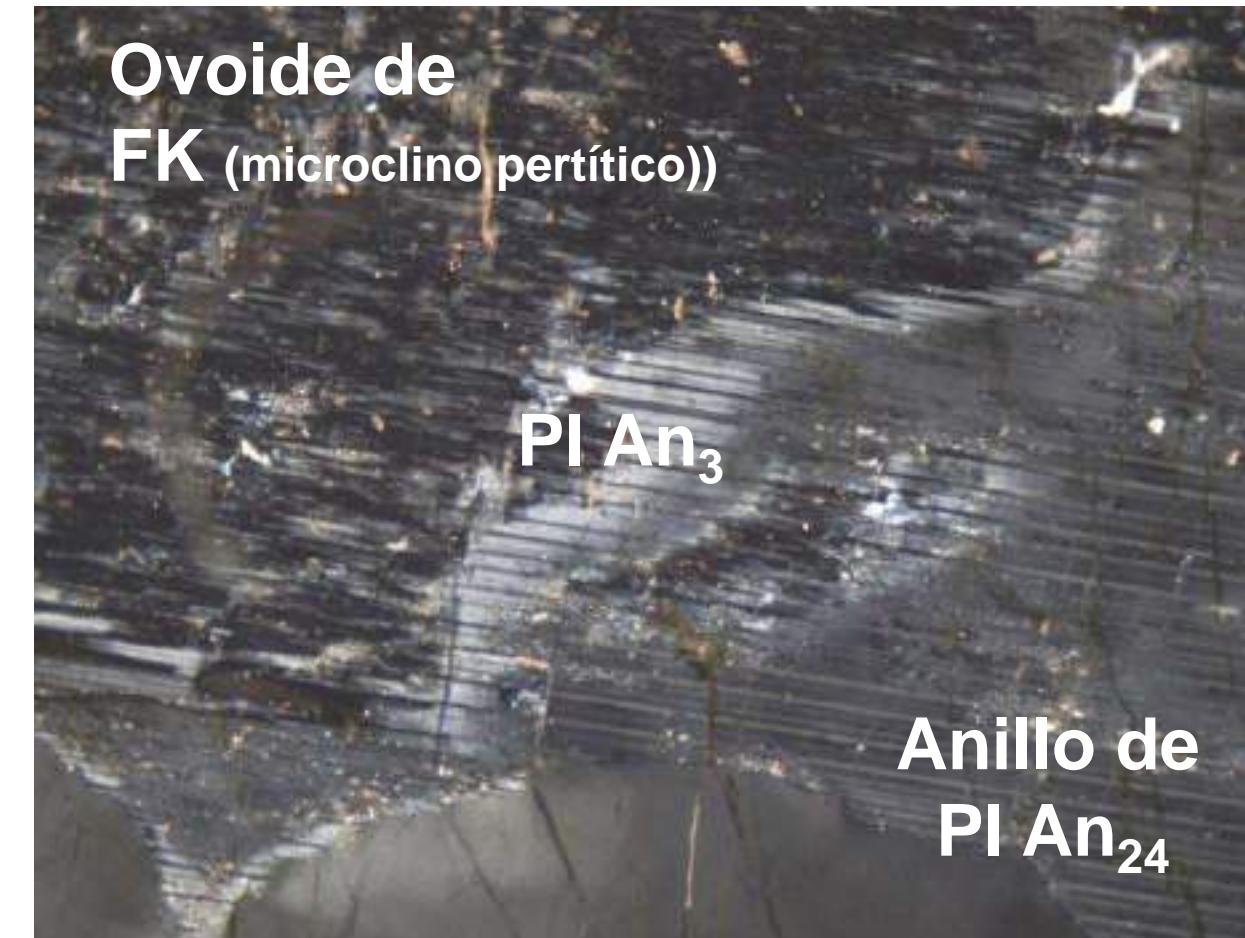
ANTIRAPAKIVI: fenocristales prismáticos de Na-plag con anillo de FK pertítico.

P6

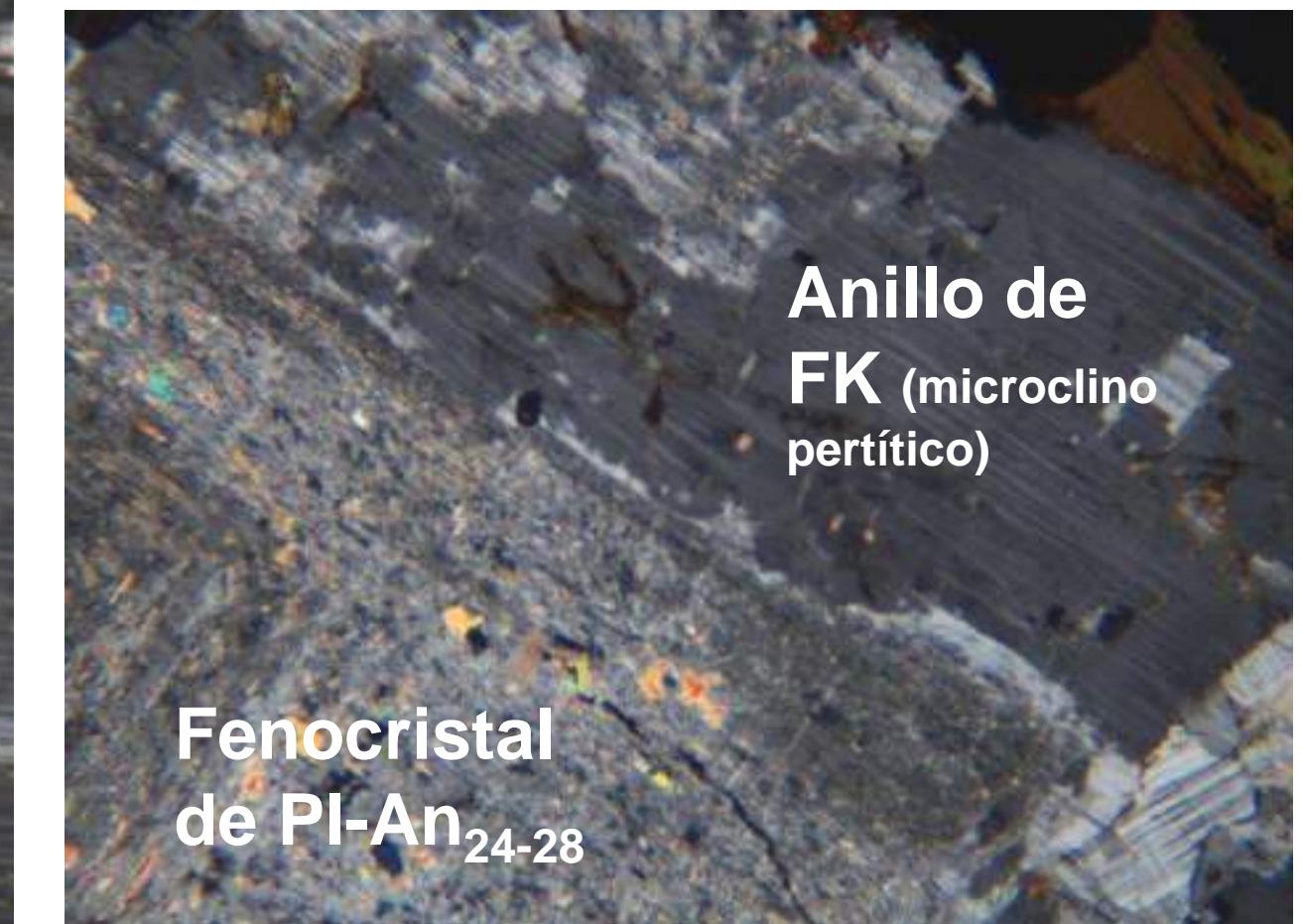
GRANITO *rapakivi* DEL PARGUAZA



Granito del Parguaza



NX. Sienogranito porfídico. Detalle de la textura rapakivi wiborgita



NX. Sienogranito porfídico. Detalle de la textura antirapakivi

1 mm

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

Una litología bastante inusual la constituye la BAUCHITA, una charnockita fayalítica de origen incierto, que aflora en cerros dispersos en la cuenca del caño Ore, en el graben del Parguaza.

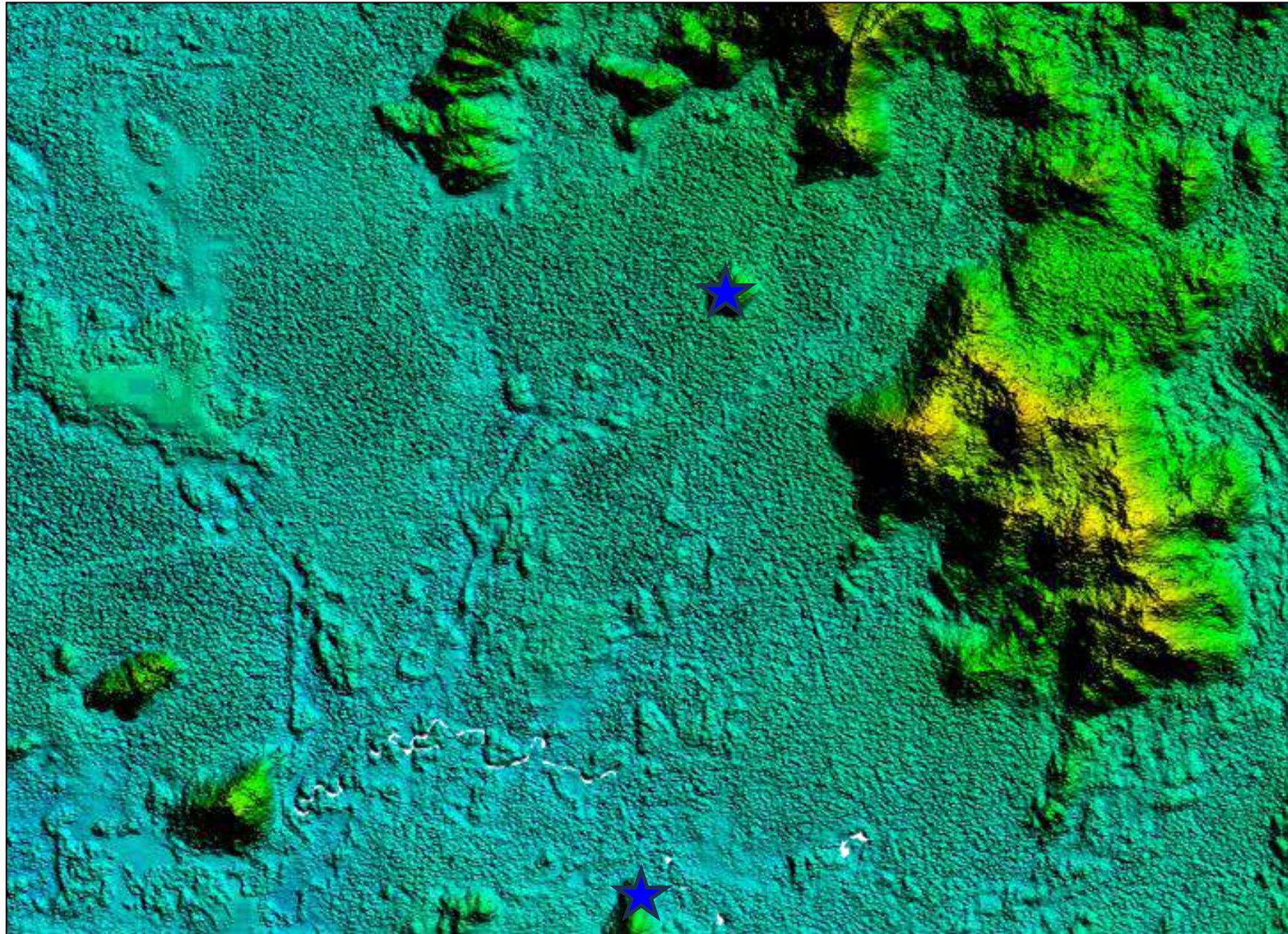
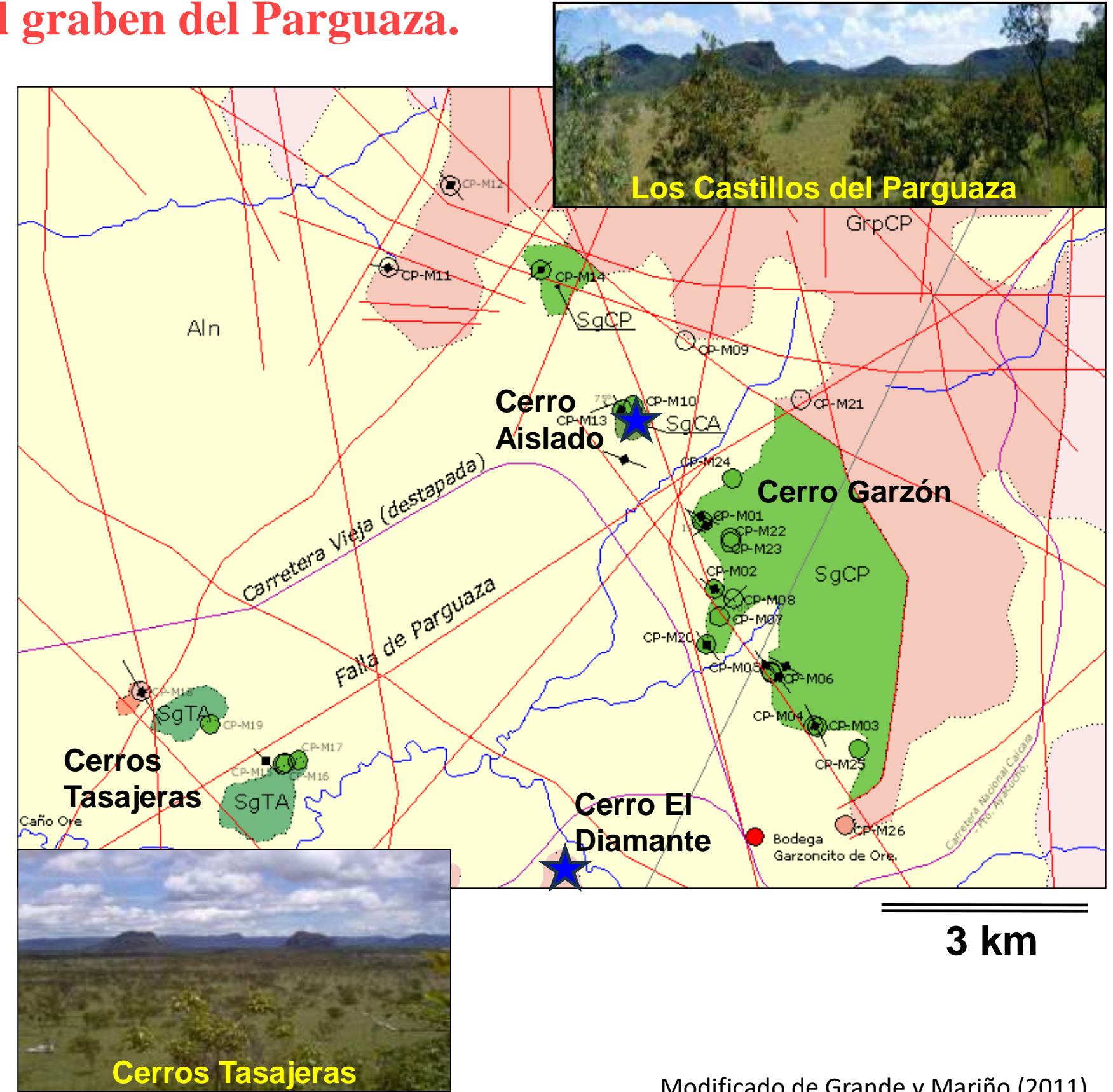


Imagen satelital y mapa geológico de la cuenca del caño Ore, mostrando los afloramientos de charnockita bauchítica: ★



Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

La bauchita o charnockita fayalítica, es una roca de aspecto macizo, equigranular, con un color gris azulado característico. Su mineralogía es muy compleja y revela complejas alteraciones de posible origen hidrotermal o de metamórfico de contacto, siendo las más conspicuas la de fayalita a anfíbol verde-azul y la de magnetita a grunerita (Fe-anfíbol). También se observan texturas simplectíticas en los piroxenos.

Al desconocerse su edad no se puede acertar su origen, pudiera ser una charnockita de la asociación ACMG, o quizás la roca caja del Granito del Parguaza, puesto que éste contiene xenolitos de ella.

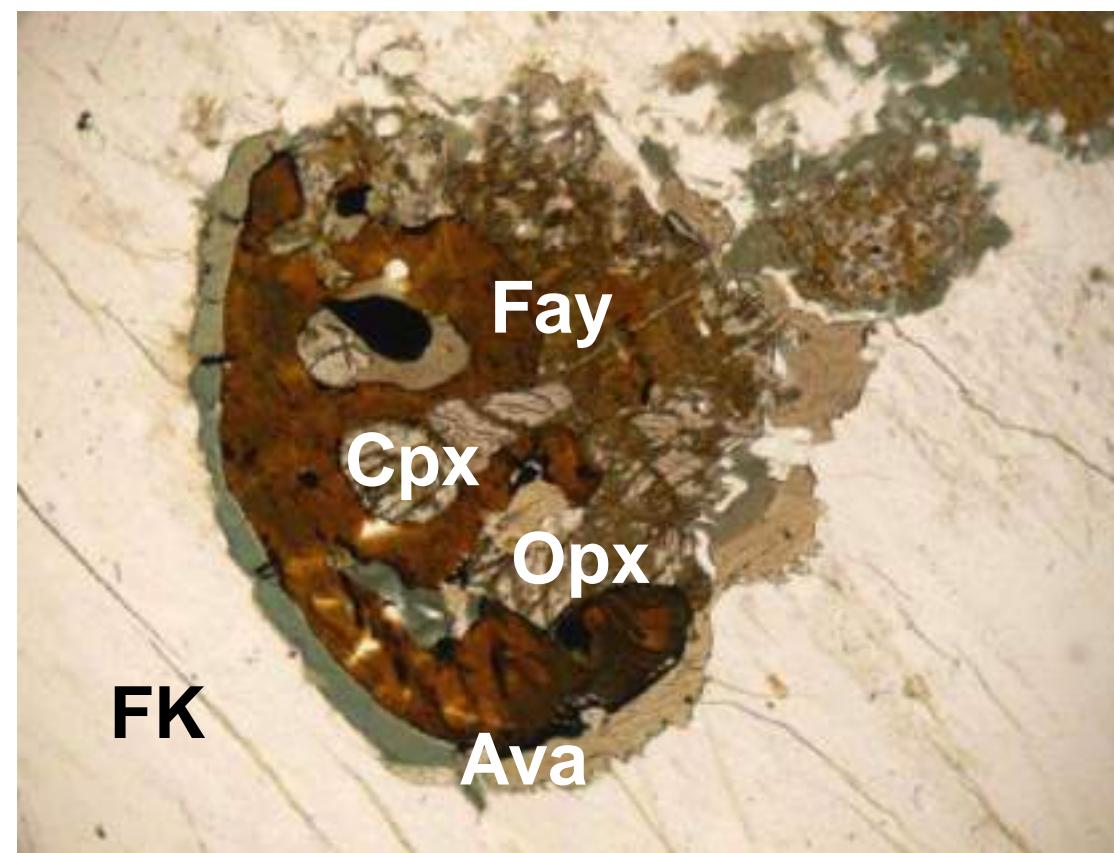
BAUCHITA DE CERRO AISLADO



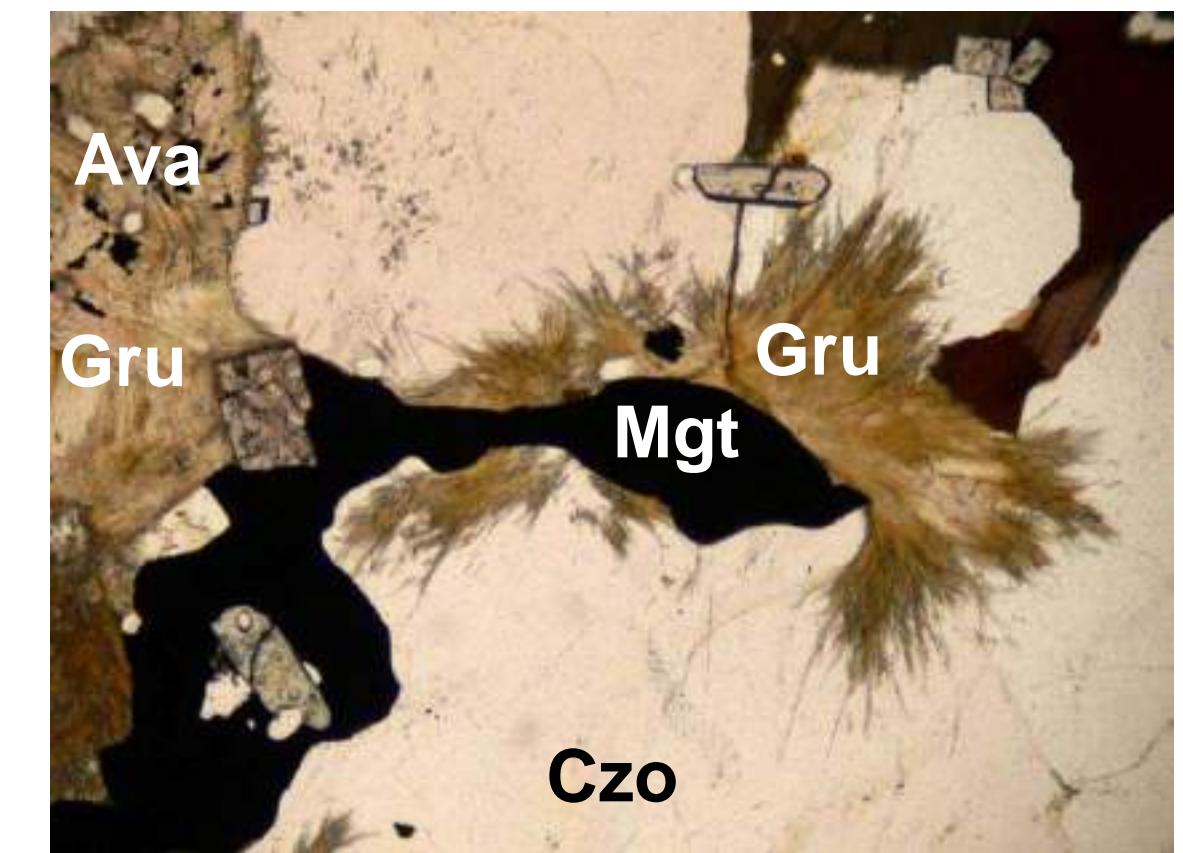
Bauchita de cerro Aislado



Xenolito de charnockita en granito rapakivi



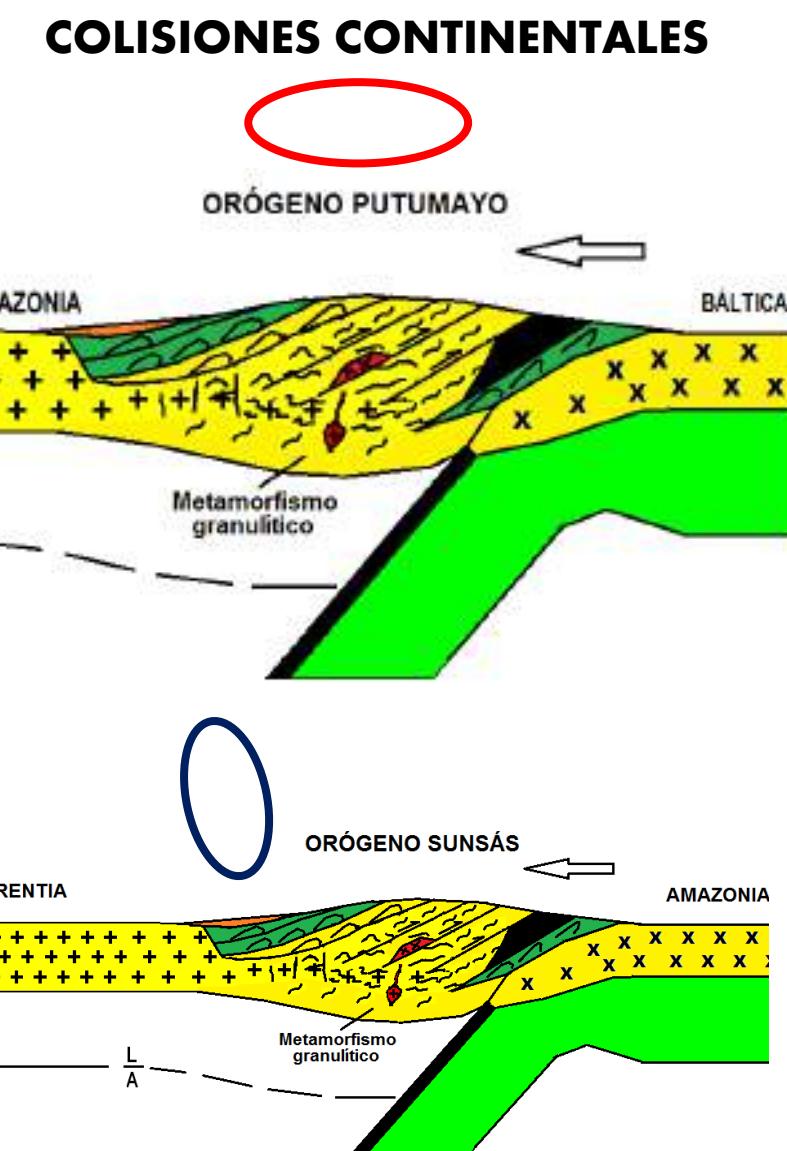
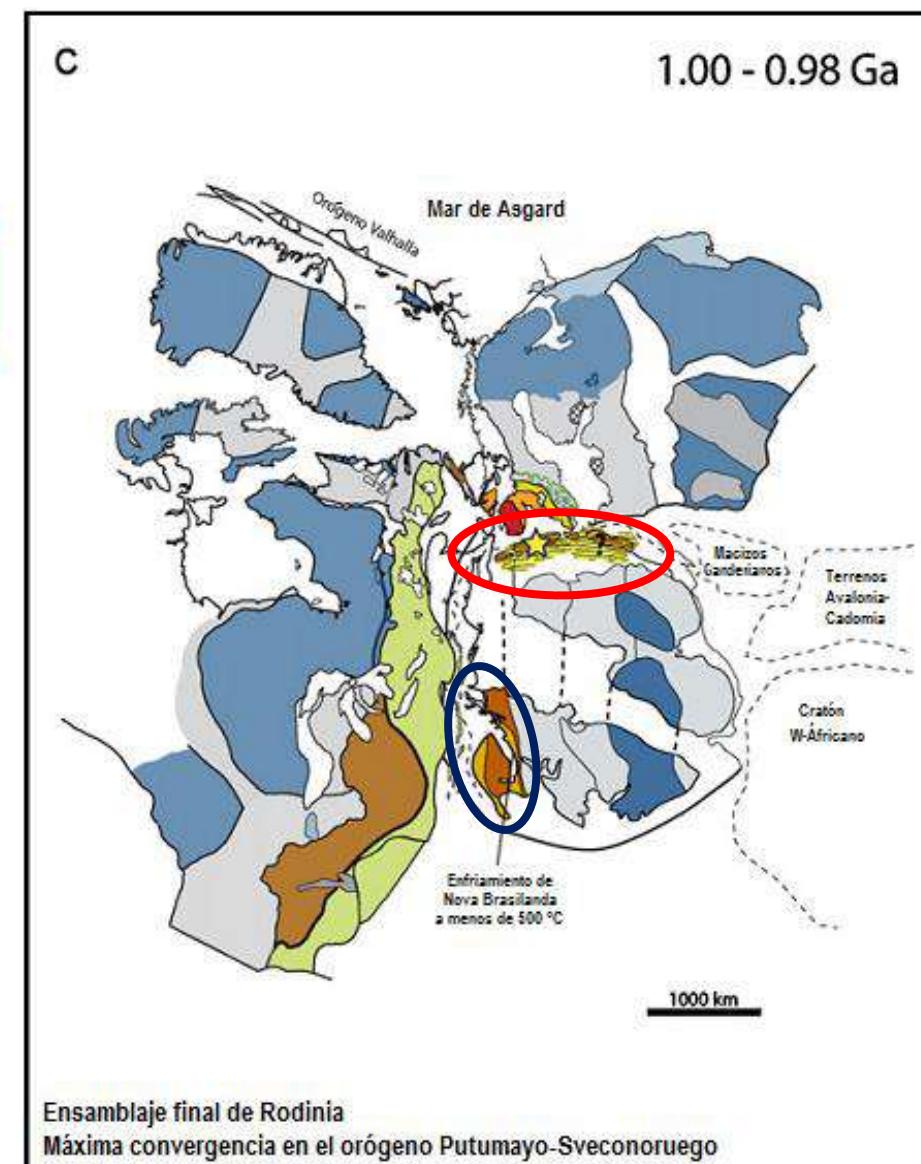
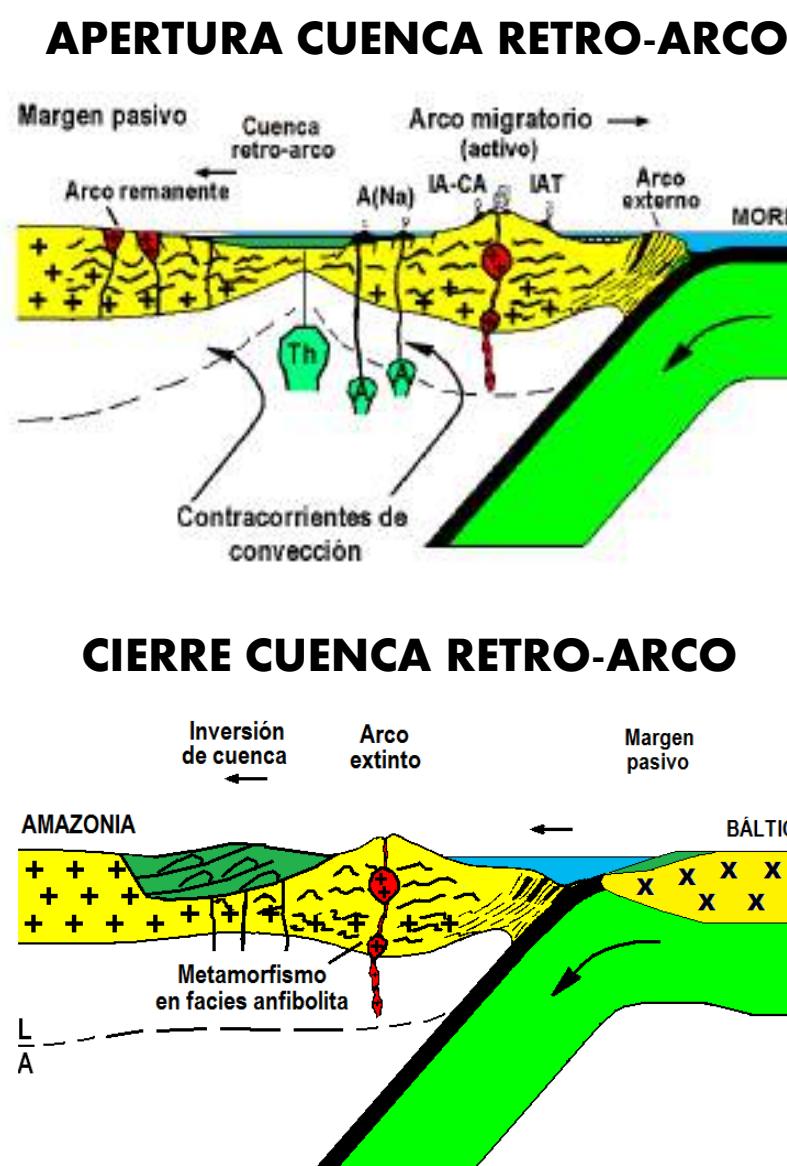
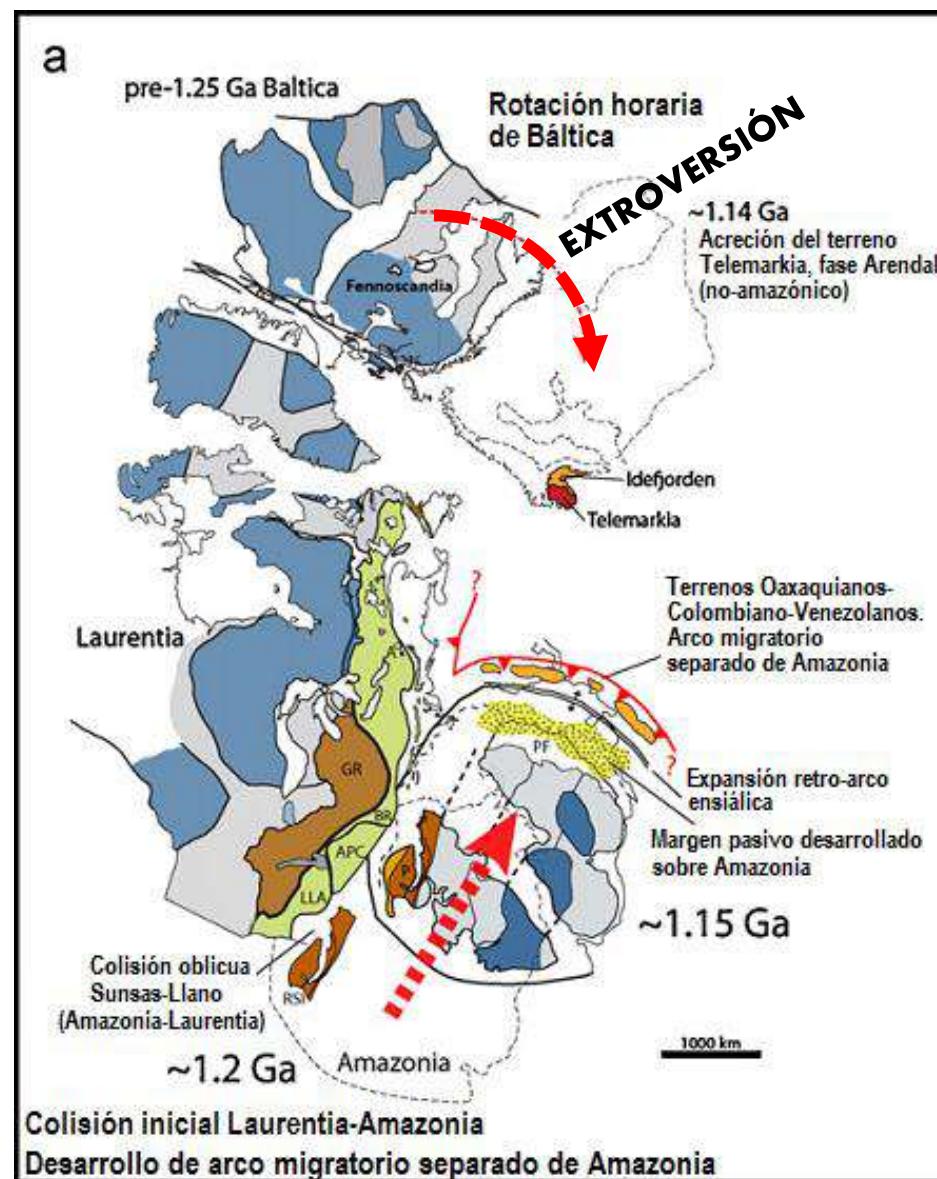
SN. Cristal de fayalita con corona de anfíbol verde-azul, con inclusiones de orto y clinopiroxeno



SN. Magnetita y AVA alterados a grunerita fibroso-radiada

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

Columbia comenzó su **disgregación** hace unos 1,4-1,3 Ga, generando bloques continentales que al derivar finalmente colisionaron formando el supercontinente **RODINIA**, hace 1,2-0,9 Ga. Debido a la colisión entre Báltica y Amazonia, por extroversión y la de Amazonita con Laurentia, por introversión, se generaron los orógenos **Grenvilliano** y **Putumayo-Sunsás**, caracterizados por rocas de alto grado metamórfico.



Tomado de Ibañez-Mejía *et al.* (2011)

Dicho evento solo causó efectos distales en el Escudo de Guayana, reconocidos como Evento Orinoquense, o K'mudu (reset de $^{40}\text{Ar}^*$ y retrogradación a micas). En Venezuela, curiosamente, rocas del Putumayo no se hallan en el Escudo, sino en el TERRENO FALCONIA²⁶¹ (Grande & Urbani, 2012), en Falcón y Yaracuy.

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

ORÓGENO PUTUMAYO: en Venezuela se halla soterrado por debajo de las napas andinas y cordilleranas.

-Aflora en estos tres lugares: mesa de Cocodite (Paraguaná), y los complejos El Guayabo y Yumare (NE Yaracuy), donde algunos bloques han sido exhumados por las fallas de Boconó y Oca-Ancón.

-Se reconoce en el subsuelo: núcleos del golfo de La Vela y xenolitos en el cerro Atravesado, Falcón Central.

-Conforma un bloque denominado **TERRENO FALCONIA**, que constituye el basamento de la cuenca de Falcón.

-En el Terciario, el Terreno Falconia tuvo que estar en parte emergido, puesto que se hallan cantos rodados de rocas de alto grado típicas del orógeno Putumayo, en los conglomerados de las formaciones Casupal y Matatere,

“YARAVILLIANO RODIZUELANO”



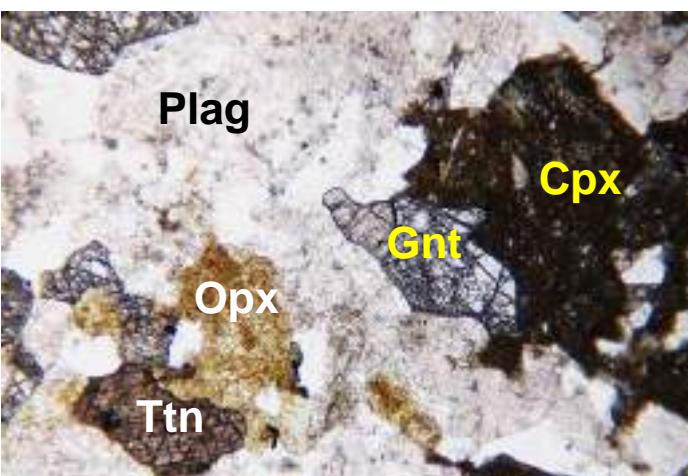
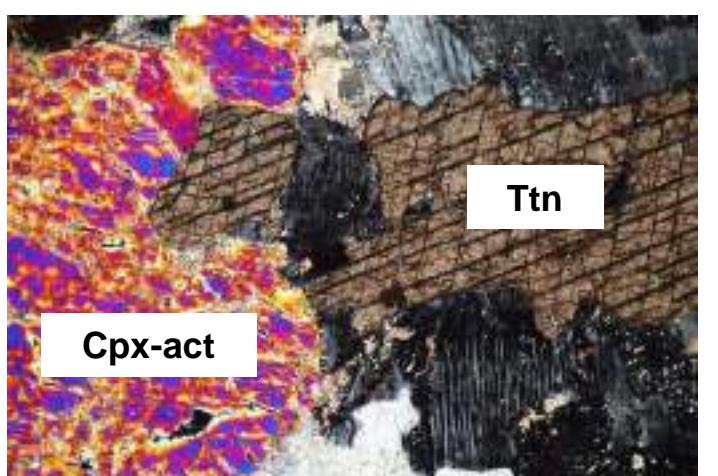
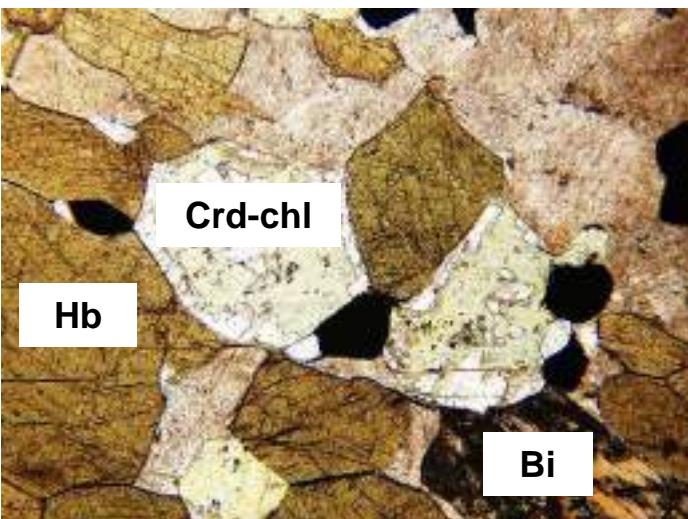
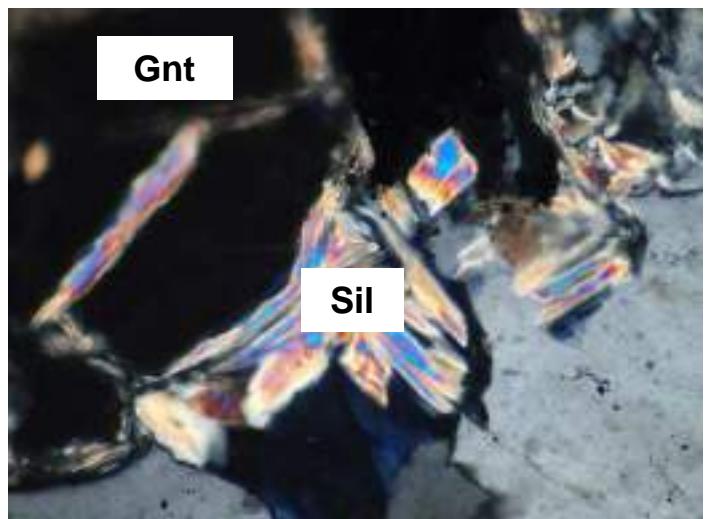
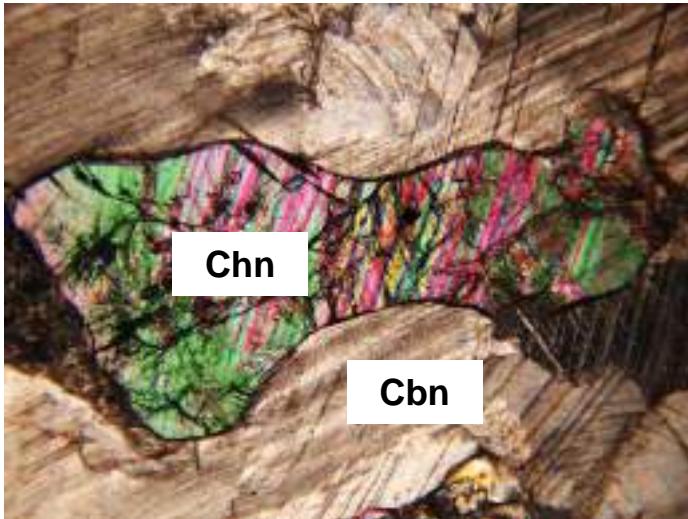
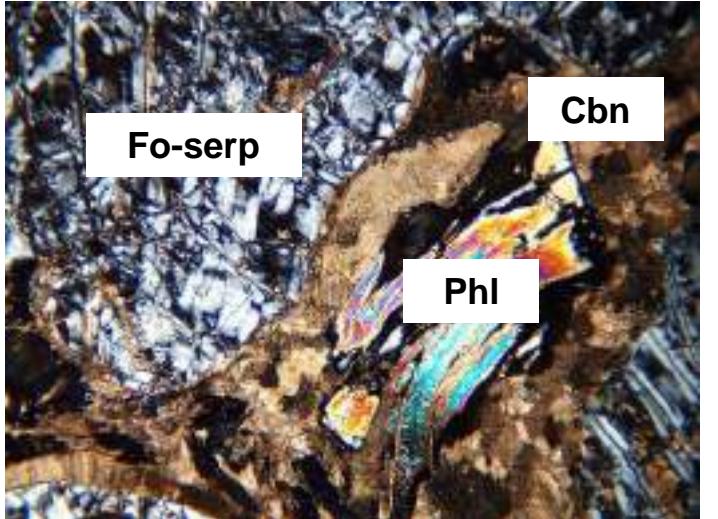
TERRENO FALCONIA (ORÓGENO PUTUMAYO)

- ★ Mesa de Cocodite
 - ★ Complejo Yumare
 - ★ Complejo El Guayabo
 - ★ Basamento golfo de La Vela
 - ★ Xenolitos cerro Atravesado
 - ★ Formación Casupal
 - ★ Formación Matatere
- AFLORAMIENTOS
- BASAMENTO (NO EXPUESTO)
- CANTOS EN CONGLOMERADOS

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

TERRENO FALCONIA (ORÓGENO PUTUMAYO)

Núcleos del golfo de La Vela (raíces del orógeno)



GRANULITA PIROXÉNICA

GRANULITA GRANATÍFERA

Metamórficas de alto grado

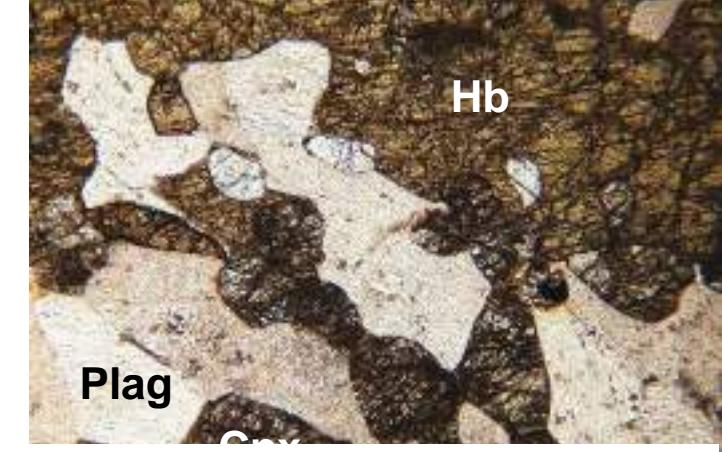
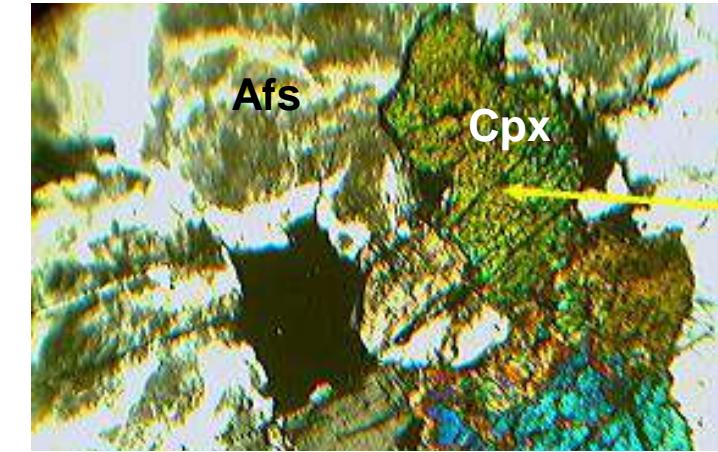
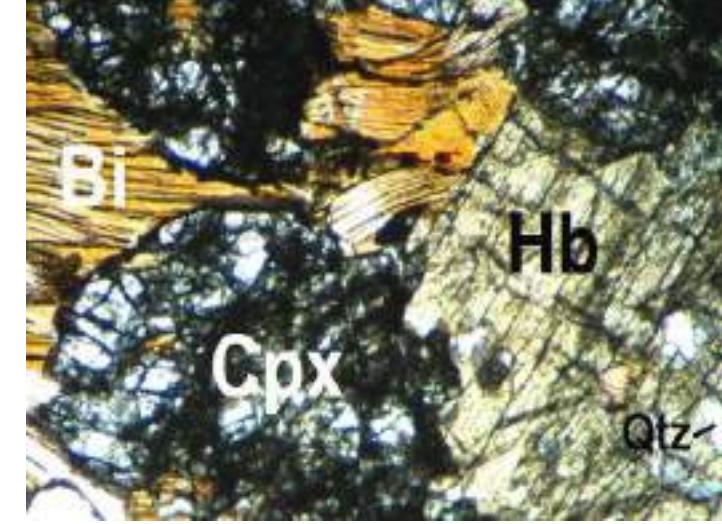
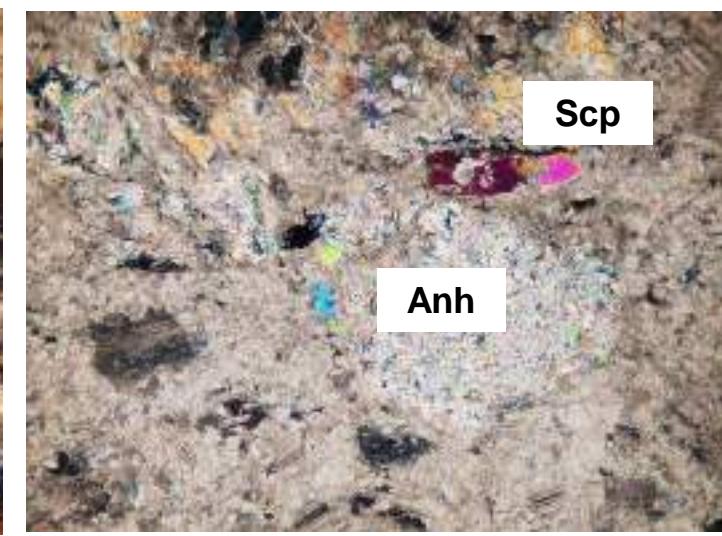
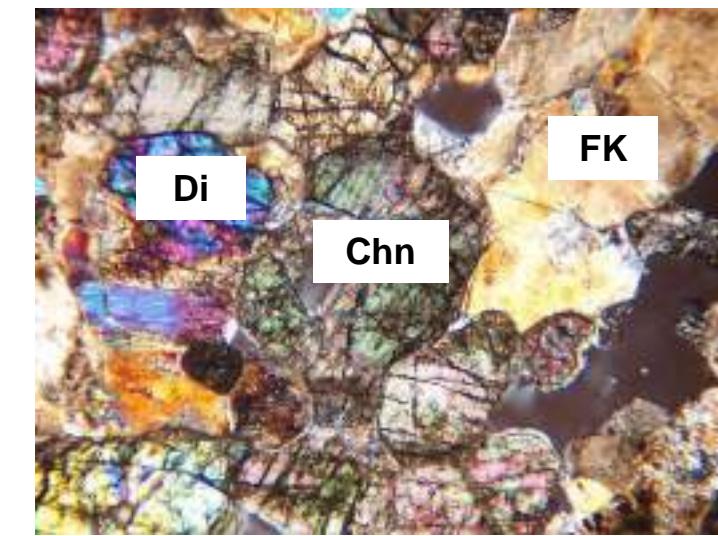
Metacarbonáticas y metaevaporíticas

Metapelíticas y metasemipelíticas

Metaígneas

0,2 mm

Complejo El Guayabo (cuenca retro-arco deformada)

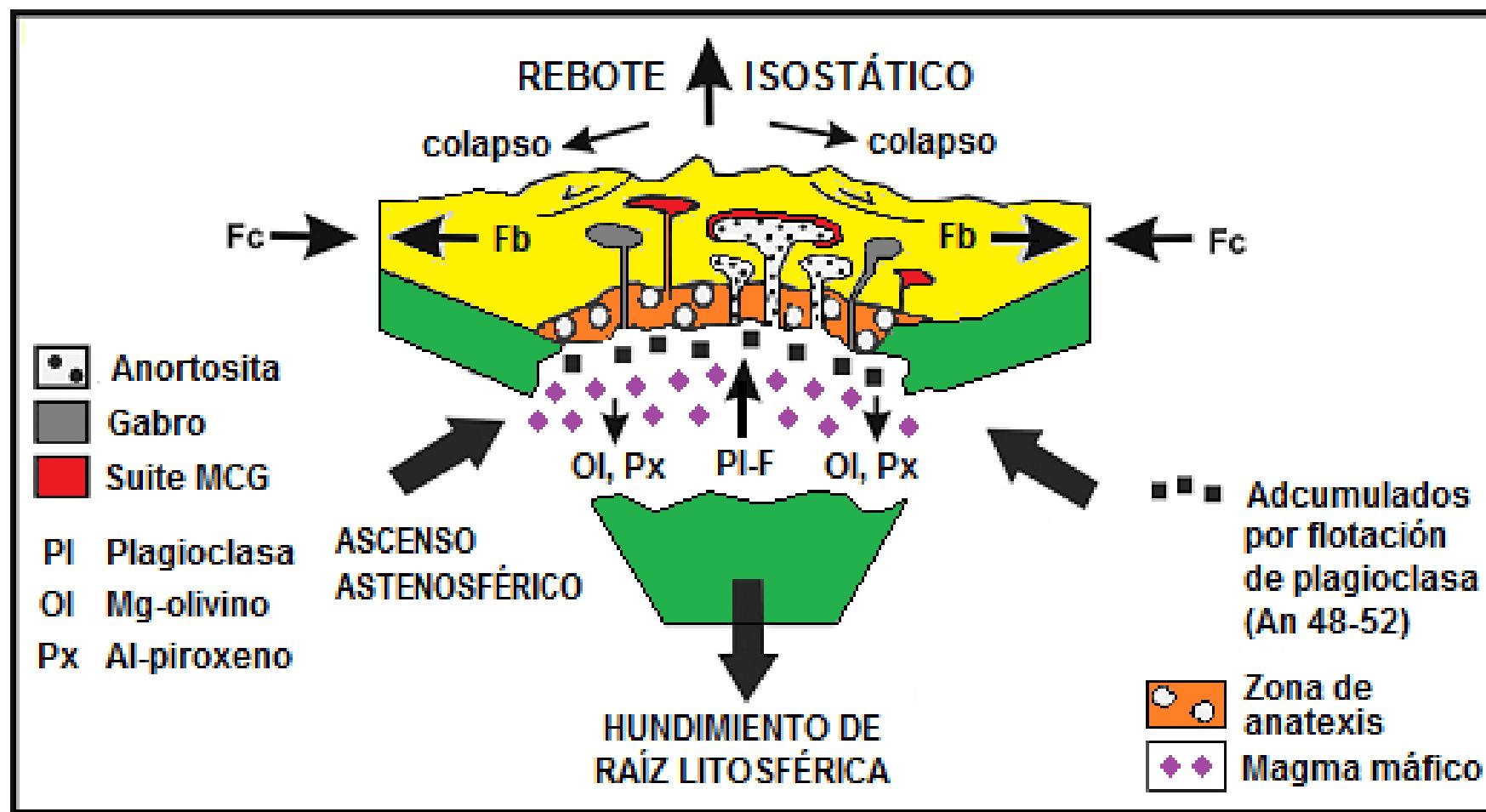


CHARNOCKITA

ENDERBITA

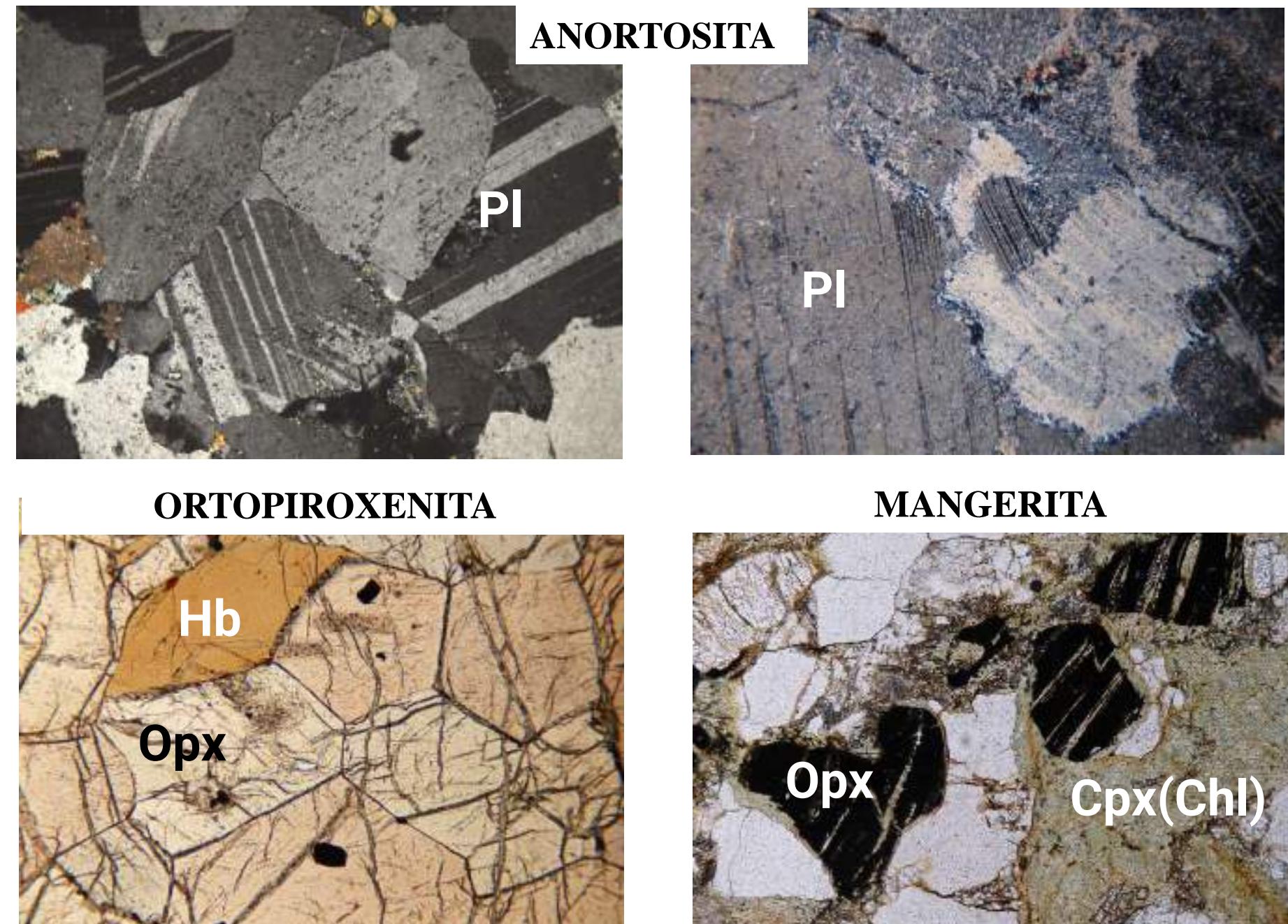
Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

El colapso orogénico del cinturón Putumayo generó *graben* donde fueron emplazadas por delaminación litosférica asociaciones ACMG hace unos 0,92 Ga reconocibles en el SE de Noruega (en Báltica), el macizo de Oaxaca, la sierra nevada de Santa Marta, y en Venezuela, el basamento de La Vela y el Complejo Yumare, en Yaracuy NE. En Yumare, donde se hallan: anortosita, charnockitas (mangerita y enderbita) y ortopiroxenita.



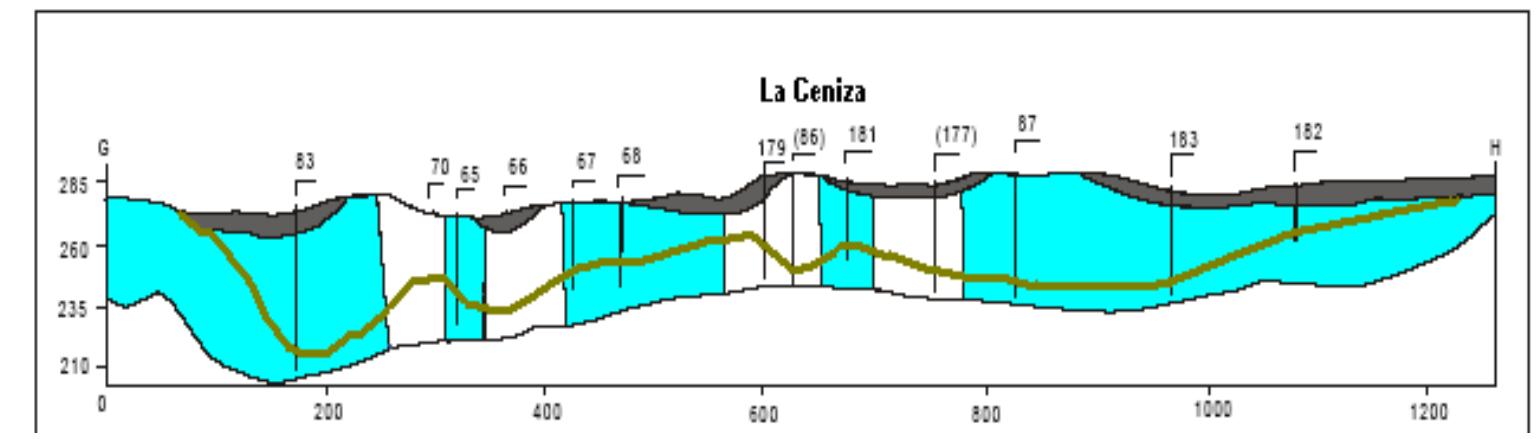
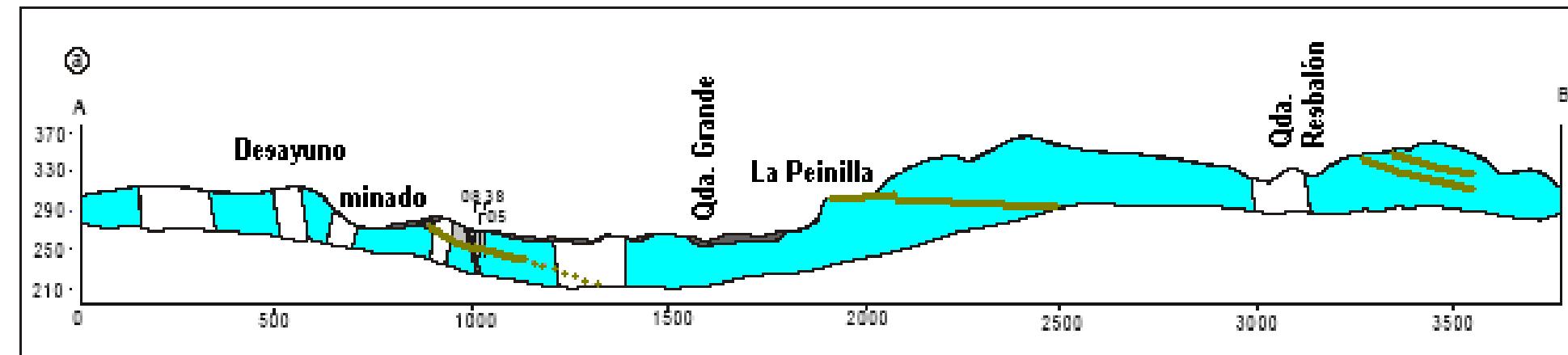
Delaminación litosférica y colapso orogénico en el orógeno Putumayo, con ascenso astenosférico y la intrusión de la asociación ACMG.

Núcleos del golfo de La Vela y Complejo Yumare



Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

Una séptima pluma mantelar P7, distal, relacionada con el *rifting* Neoproterozoico de Rodinia, se manifestó en el Escudo de Guayana como intrusiones de kimberlita micácea, con forma de mantos transgresivos, delgados y de extensión kilométrica, fuentes de los placeres de diamante, en Guaniamo.

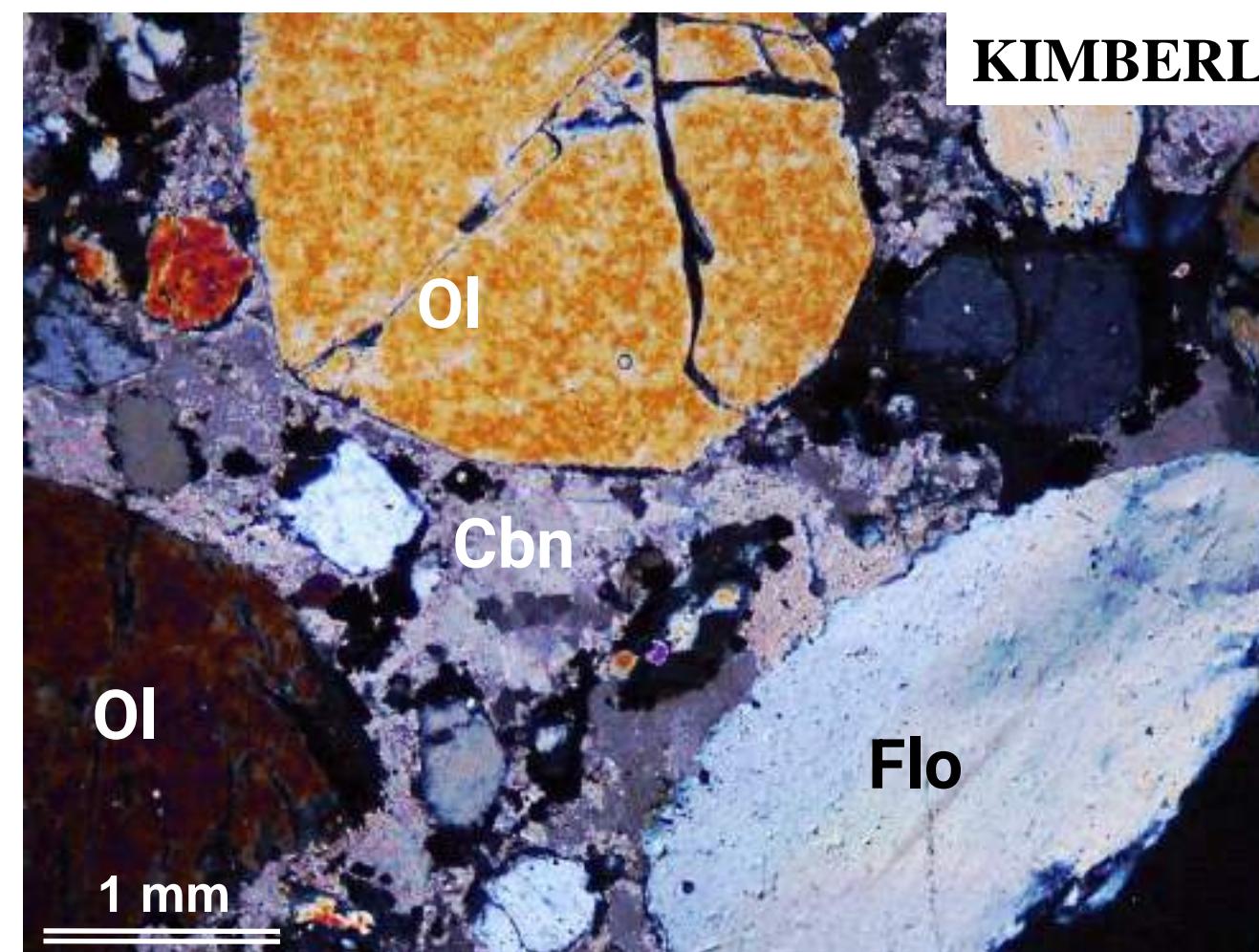


Tomado de Channer *et al.* (2001)

P7

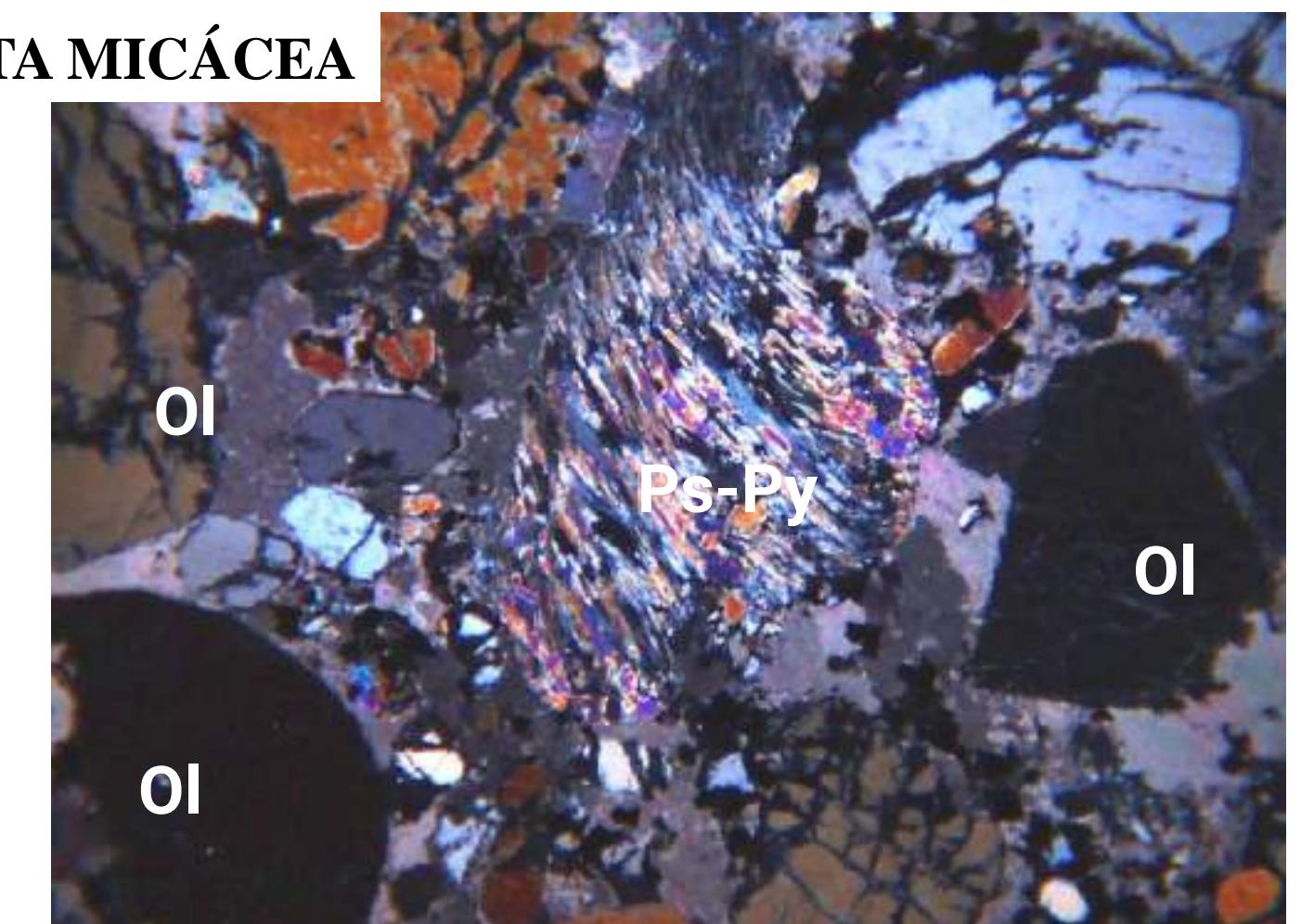


Núcleo de kimberlita masiva (Guaniamo)



Olivino y flogopita en kimberlita

KIMBERLITA MICÁCEA



Granate piropo kelifitizado

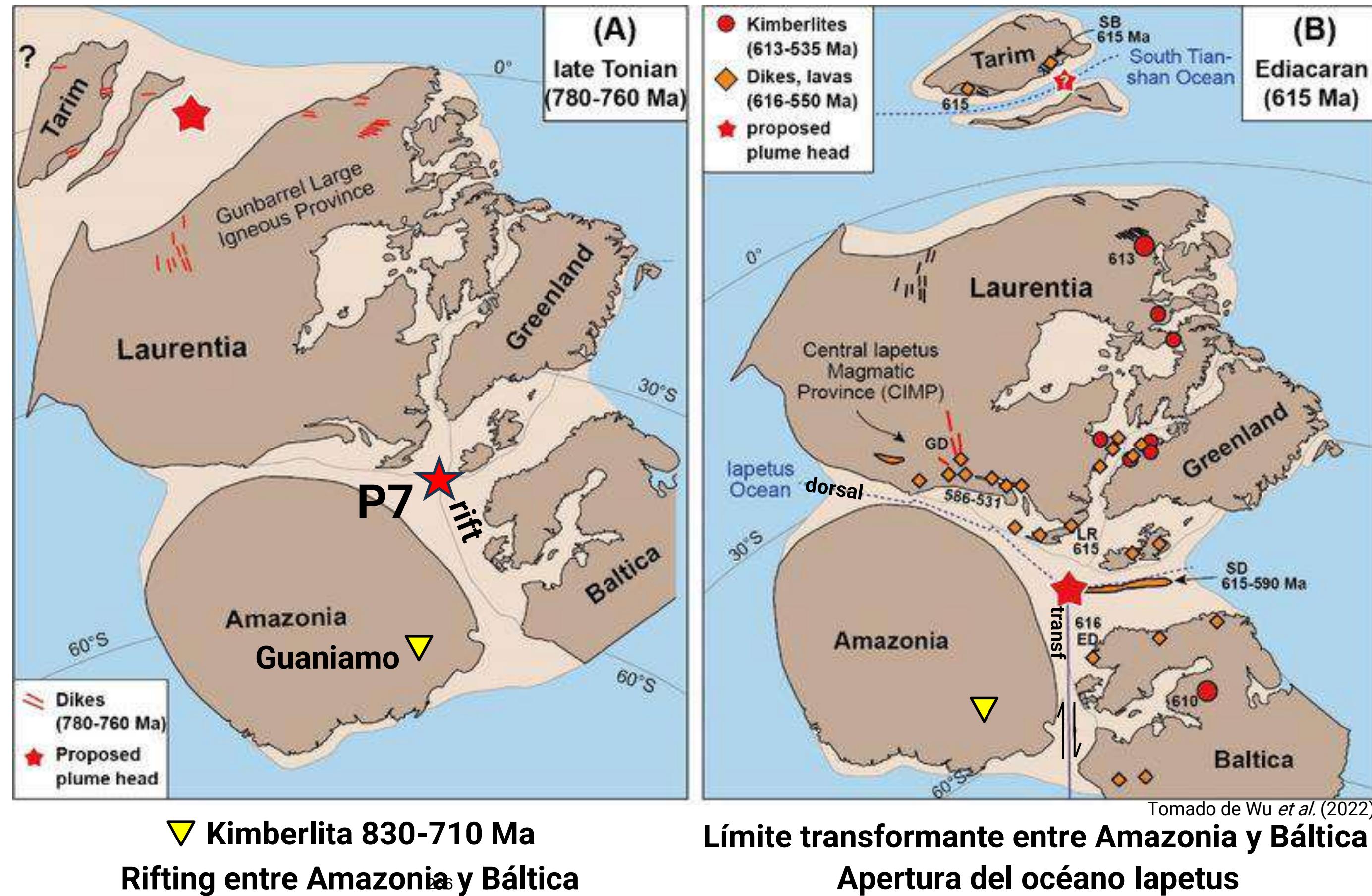
Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

La kimberlita se emplaza a unos 500 km del *rift* correspondiente, en litósfera continental gruesa, donde el diamante es estable.

-Unas de las intrusiones más jóvenes que han afectado la región son los delgados mantos transgresivos de kimberlita antes descritos (con 0,5 – 3,0 m de espesor y 1-2 km de largo), hallados primeramente por Nixon (1989) y datados por Channer *et al.* (2001) entre 830-710 Ma.

-Con estas edades se infiere que estas kimberlitas se asocian con los procesos de *rifting* del supercontinente Rodinia.

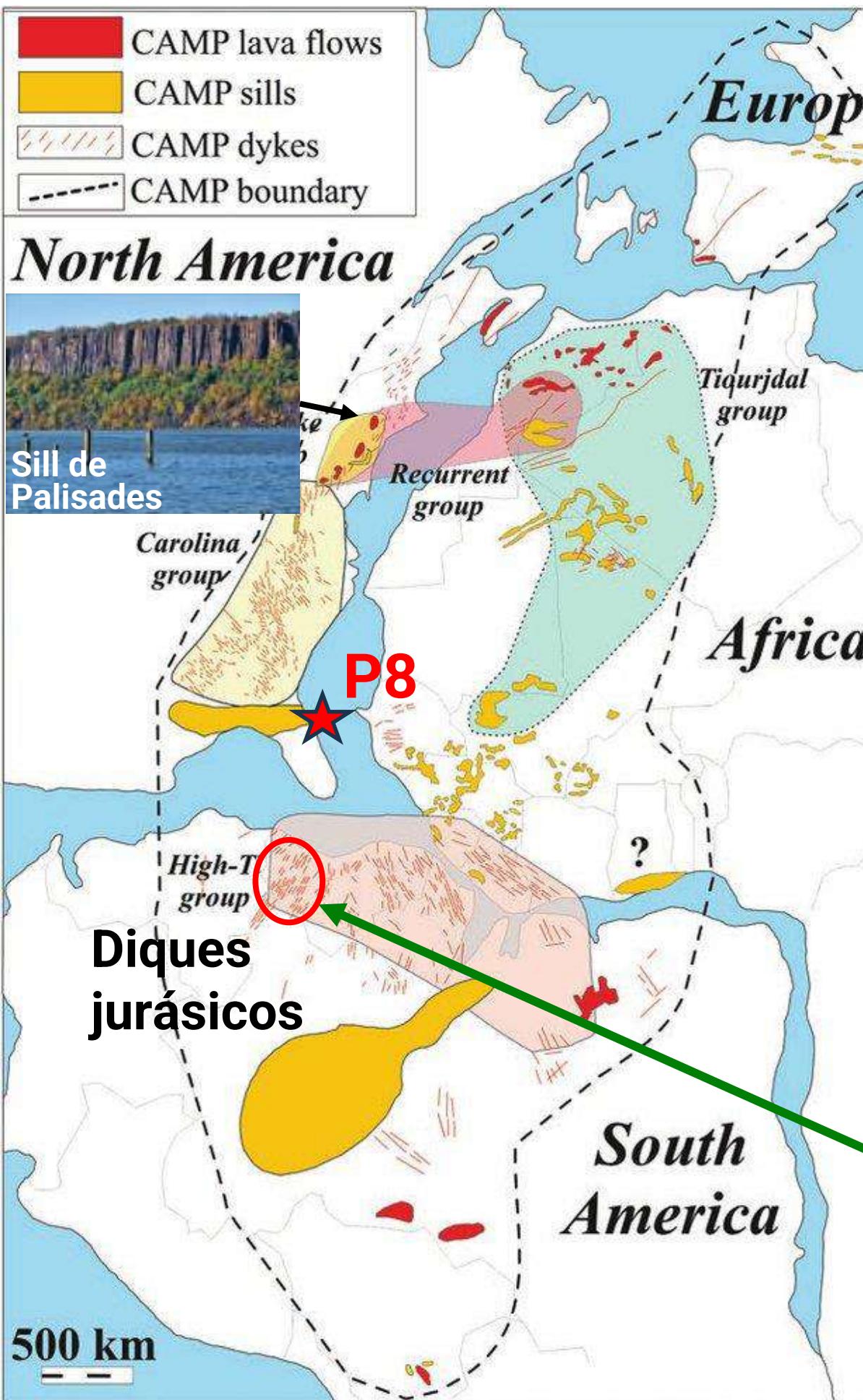
P7 y disgregación del supercontinente Rodinia



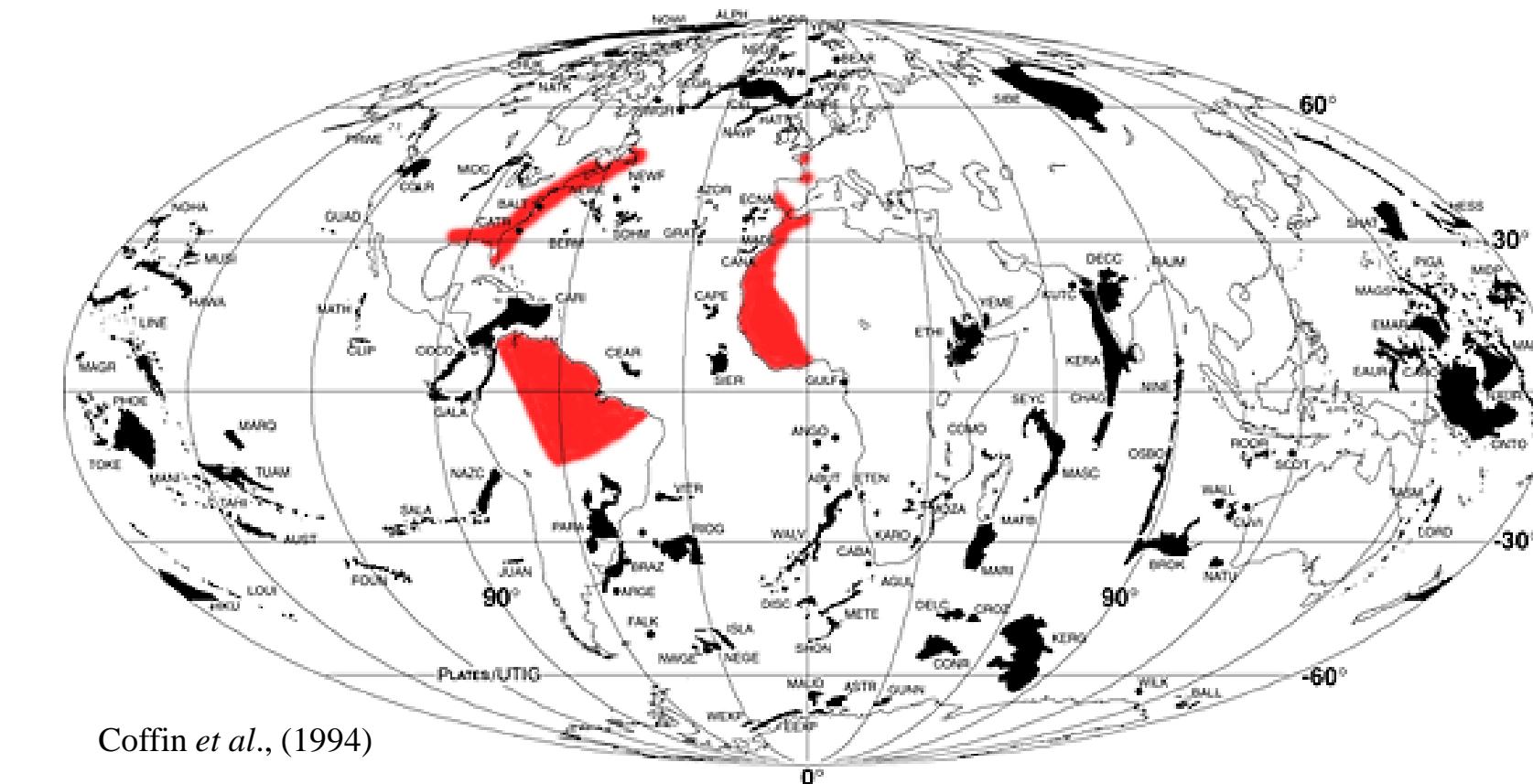
Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

- Al separarse Rodinia sus fragmentos derivaron para aglutinarse y tras varios cierres oceánicos (Iapetus y Reico) finalmente generaron, por medio de la orogénesis Panafricano-Brasiliana, primero Gondwana y luego este continente colisionó en varias etapas con Laurentia, para generar la conocida Pangea pérmbica: orógenesis Tacónica y Allegheniana.
- En Venezuela estas orogénesis paleozoicas están bien representadas en los Andes de Mérida, sierra de Perijá, cordillera de la Costa, isla de Toas, penínsulas de Paraguaná, Araya y Paria, y otras localidades, generalmente como batolitos graníticos anatécticos o cinturones metamórficos de grado medio (barrovianos), en facies anfibolita.
- Pangea tuvo una duración algo breve y comenzó a disgregarse en el Jurásico por la acción de varias grandes plumas o superplumas mantelares, responsables del emplazamiento de varias grandes LIP's máficas a lo largo del planeta: la *Central Atlantic Magmatic Province* (CAMP), la del *Karoo-Farriar*, que separó África de Antártida, y la del *Deccán*, que causó la separación de África de la India.
- En el Escudo de Guayana la CAMP está representada por diques máficos decakilométricos, con rumbo N75E, paralelos a la falla de Guri, como los de Sabaneta-Casa Verde y Laguna, aproximadamente ortogonales a la actual dorsal Centroatlántica.

Disrupción de Pangea



Central Atlantic Magmatic Province (CAMP)



Otras LIP's

CAMP

A finales del Triásico y comienzos del Jurásico, hace ca. 0,2 Ga Ma, la Pangea comenzó a dividirse entre Eurasia-Norteamérica y África-Suramérica por la acción de una potente pluma mantelar: P8★.

Se denomina CAMP (*Central Atlantic Magmatic Province*) a la extensa LIP de enjambres de diques, mantos y coladas basálticas que va desde el NE de Brasil hasta España, incluyendo el NW de África, este de Norteamérica y el NE del Escudo de Guayana. La CAMP se desmembró a raíz de la deriva continental y se halla ahora dispersa en cuatro continentes.

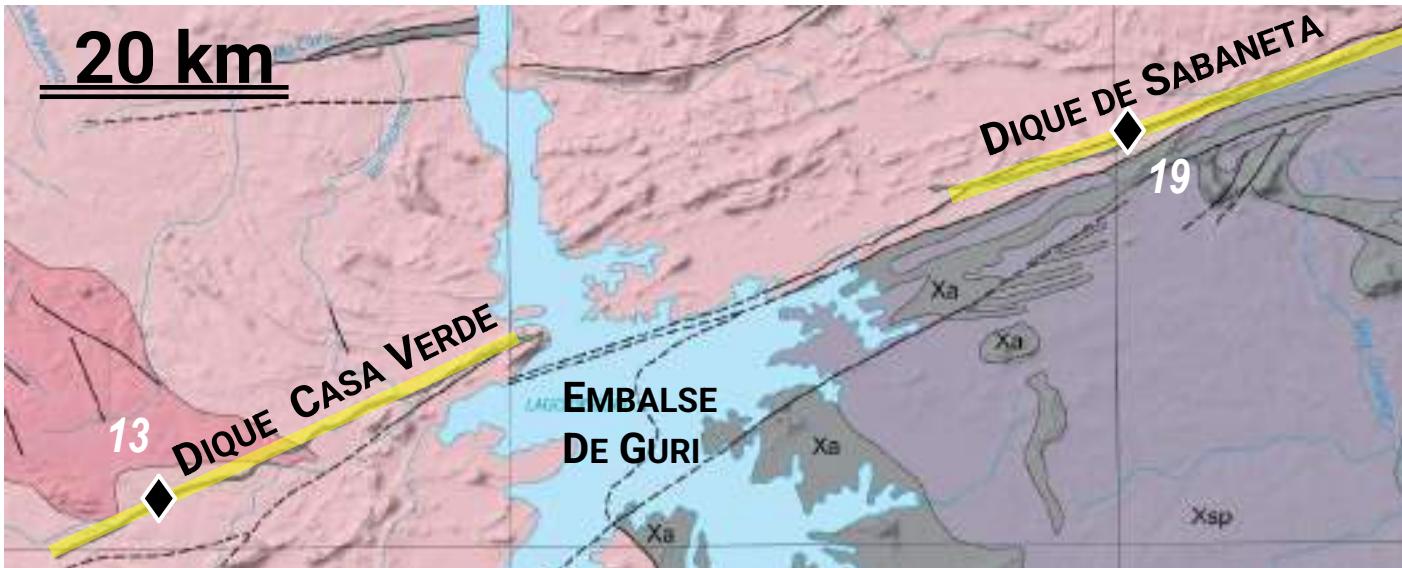
En el Escudo de Guayana venezolano consta de diques de basalto y diabasa, con rumbo ca. N75E, que afloran en la parte NE del estado Bolívar, los más grandes de éstos son: Laguna⁸ y Sabaneta de Chase.

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

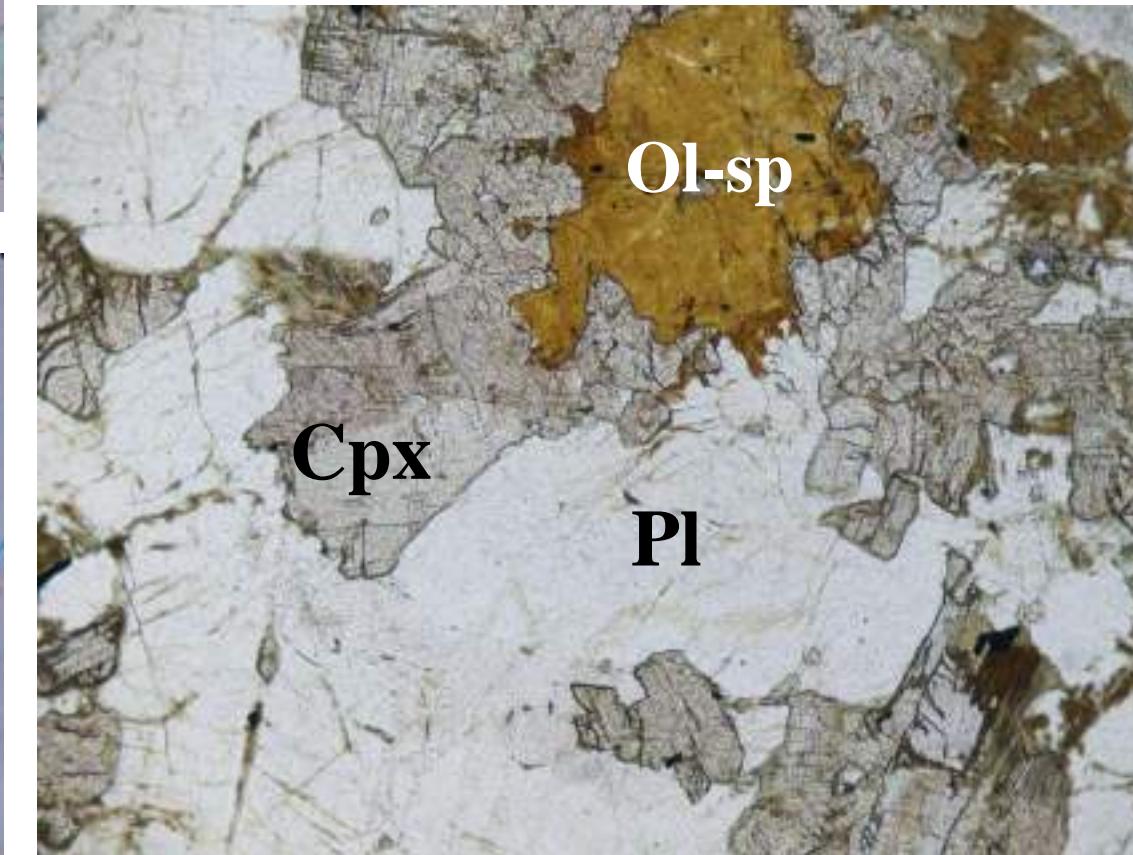
P8

DISRUPCIÓN DE PANGEA

Diques de la CAMP en el Escudo de Guayana



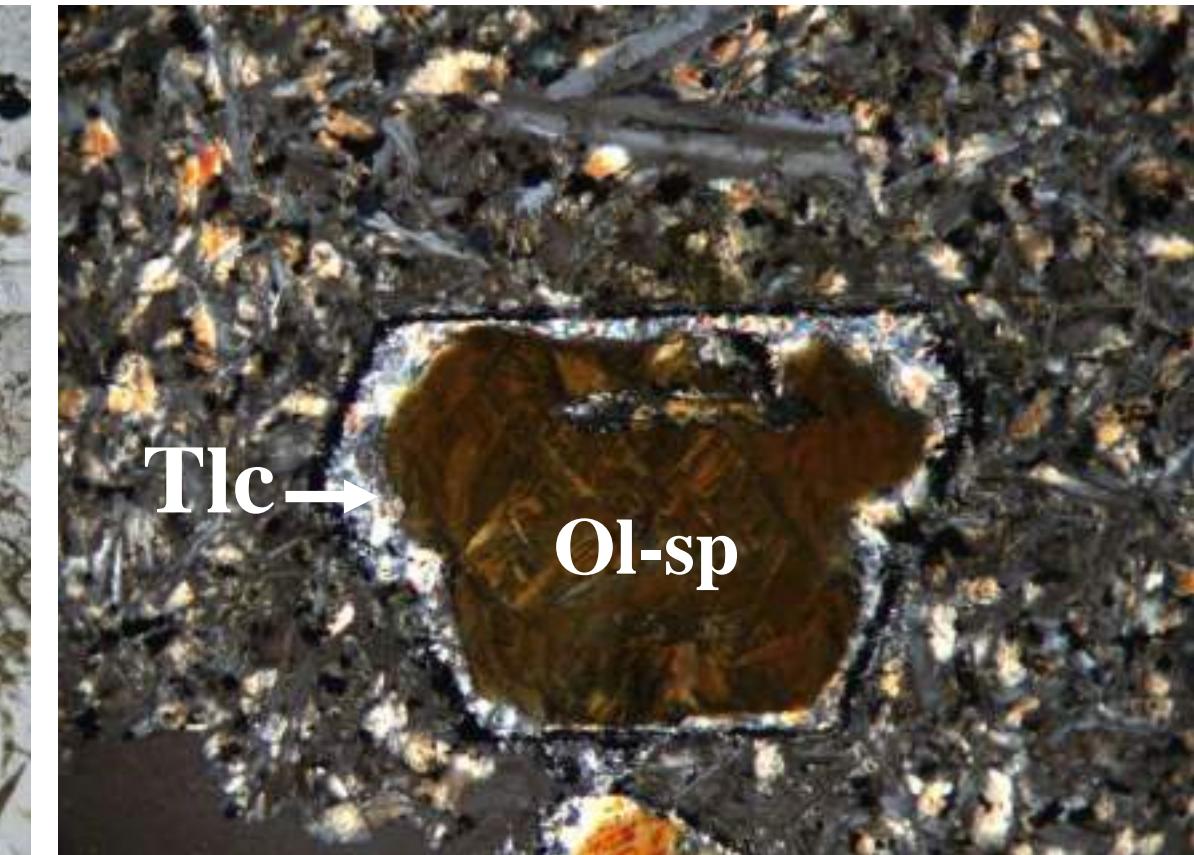
19. Dique de Sabaneta de Chase
Diabasa augítica con olivino



SN. Diabasa olivínica. Inclusiones de olivino serpentinizado en cpx.

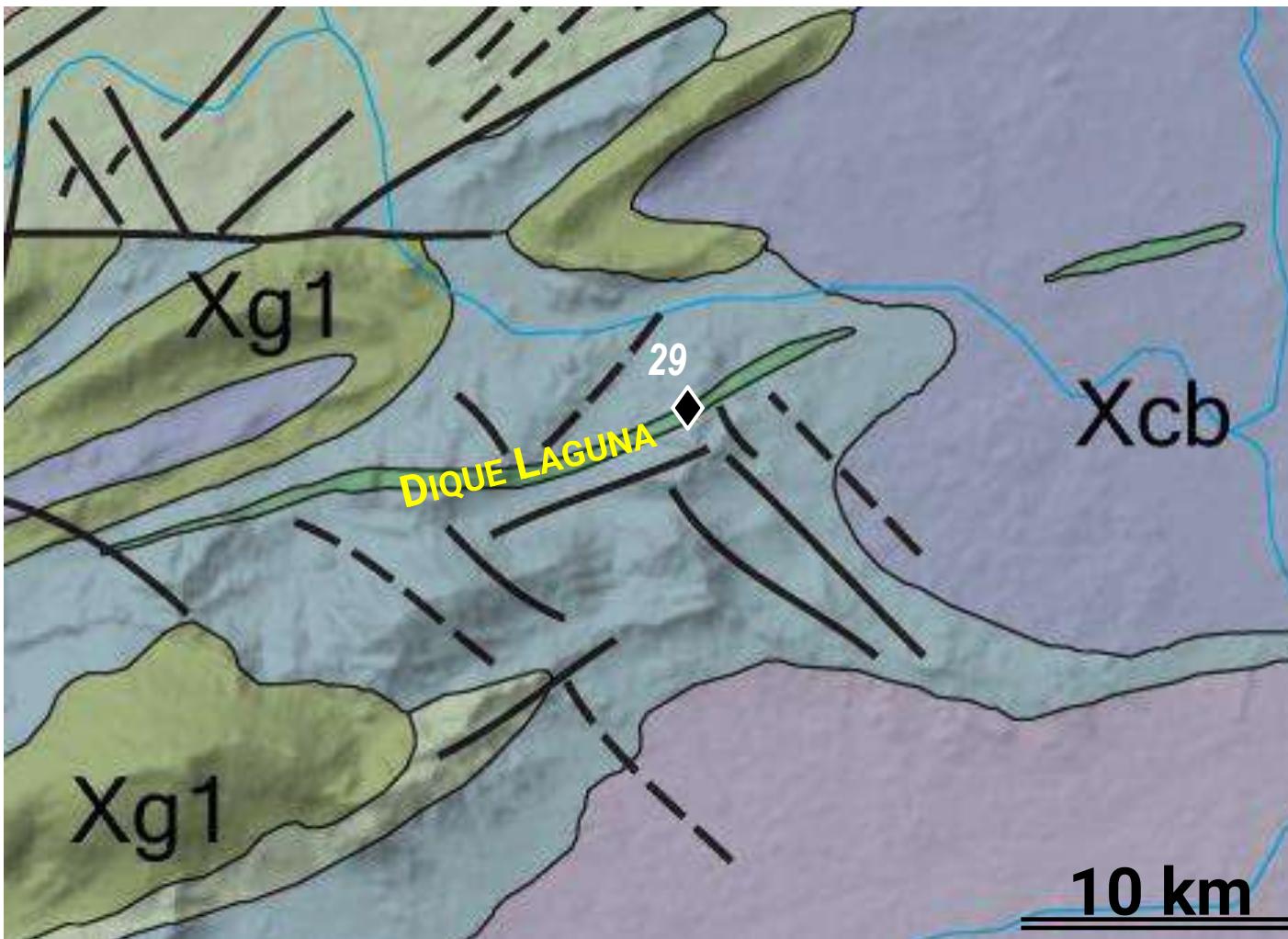
0,5 mm

29. Dique Laguna, El Callao.
Basalto cpx-olivínico hipocristalino



NX. Olivino serpentinizado alterado a talco fibroso en los bordes.

0,1 mm



Tomado de Garrity *et al.* (2004)

Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

Caribbean Large Igneous Province (CLIP)

La última pluma mantelar P9 afectó a la placa de Farallón y actualmente se halla en las islas Galápagos, fue responsable de generar la gran LIP del Caribe (CLIP), que engrosó la placa Farallón a 20-21 km, formando una extensa meseta submarina (similar a la originada 2.000 Ma antes en El Callao).

En la CLIP fueron emplazados magmas komatíticos, pícríticos y basálticos, en Venezuela está representada por el pequeño, pero muy significativo cuerpo de El Turpial, que aflora en el estado Miranda, unos 20 km al este de Tejerías, únicas metakomatitas halladas en el norte de Venezuela y una de las pocas conocidas de edad mesozoica.

Este cuerpo (que quizás no sea el único en la zona) contiene un muestreo completo de la CLIP, y consta de litologías características como: metakomatitas y brechas de flujo komatíticas, metadiabasa olivínica, metabasalto y brechas de flujo basálticas, y metachert fosilífero, estando toda la secuencia metamorfizada a la facies de prehnita-pumpellita.



Metabasalto

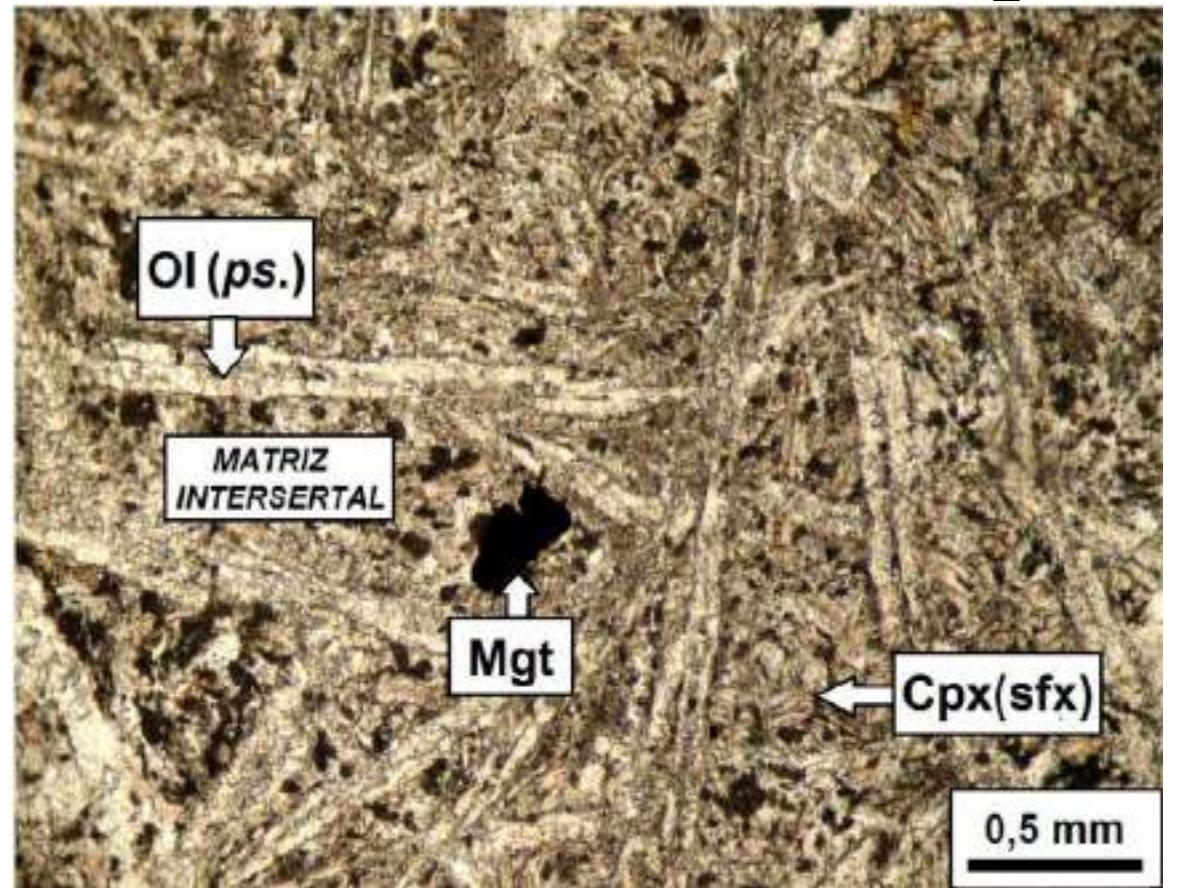


Brecha de flujo komatítica

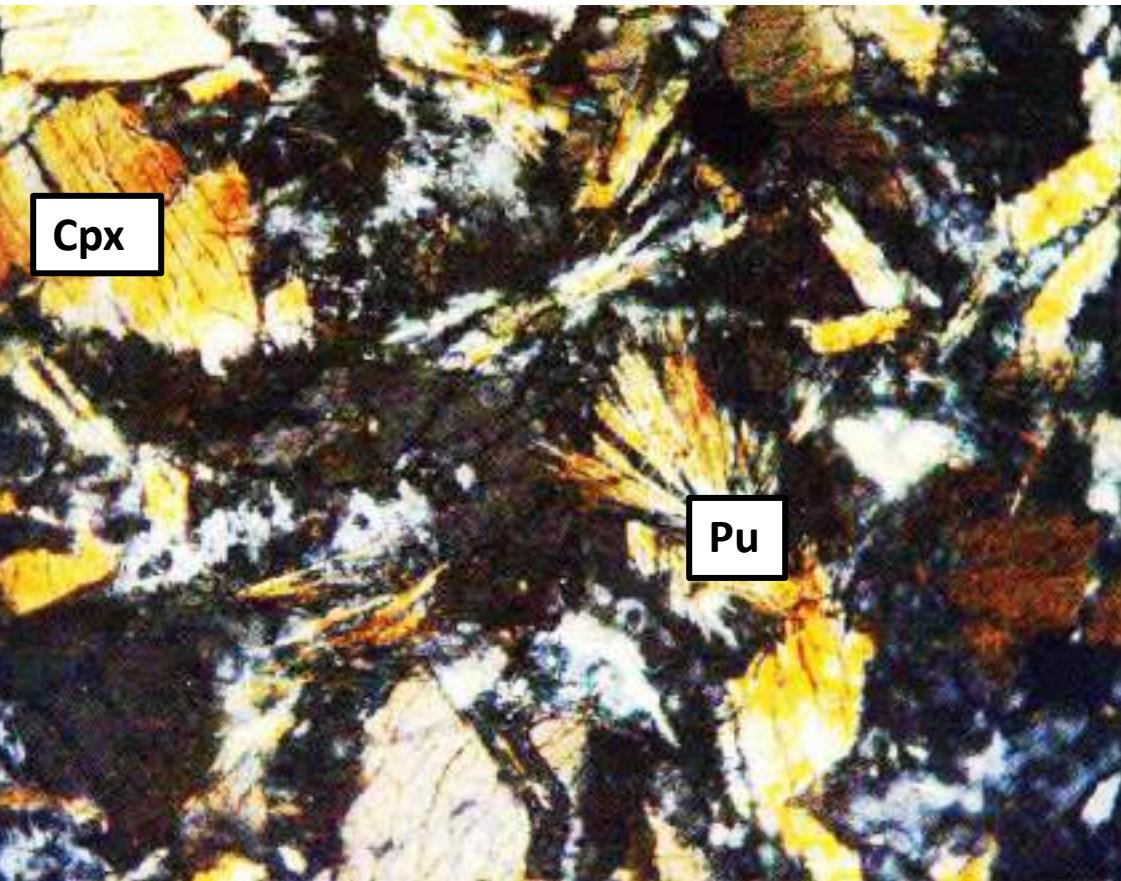
Supercontinentes y plumas mantelares en la geología de Venezuela

P9

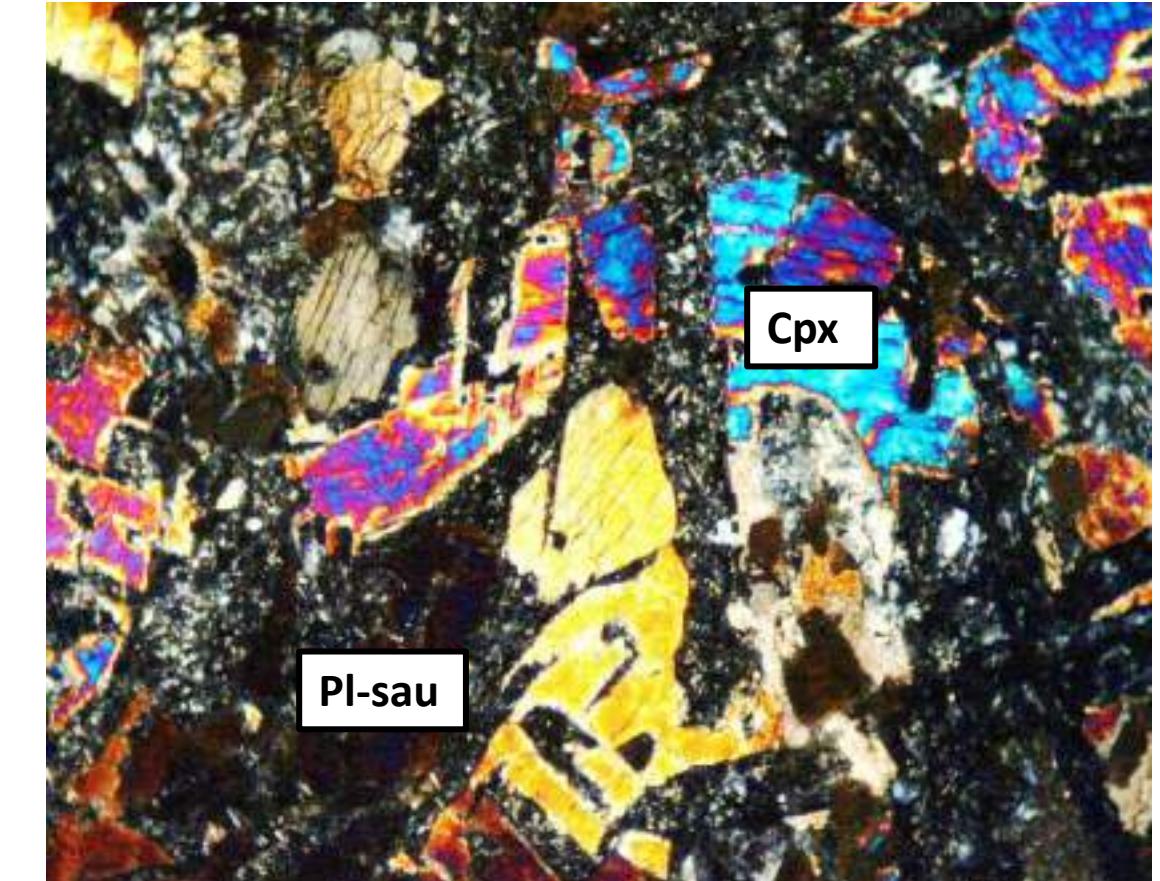
El Turpial, Caribbean Large Igneous Province (CLIP)



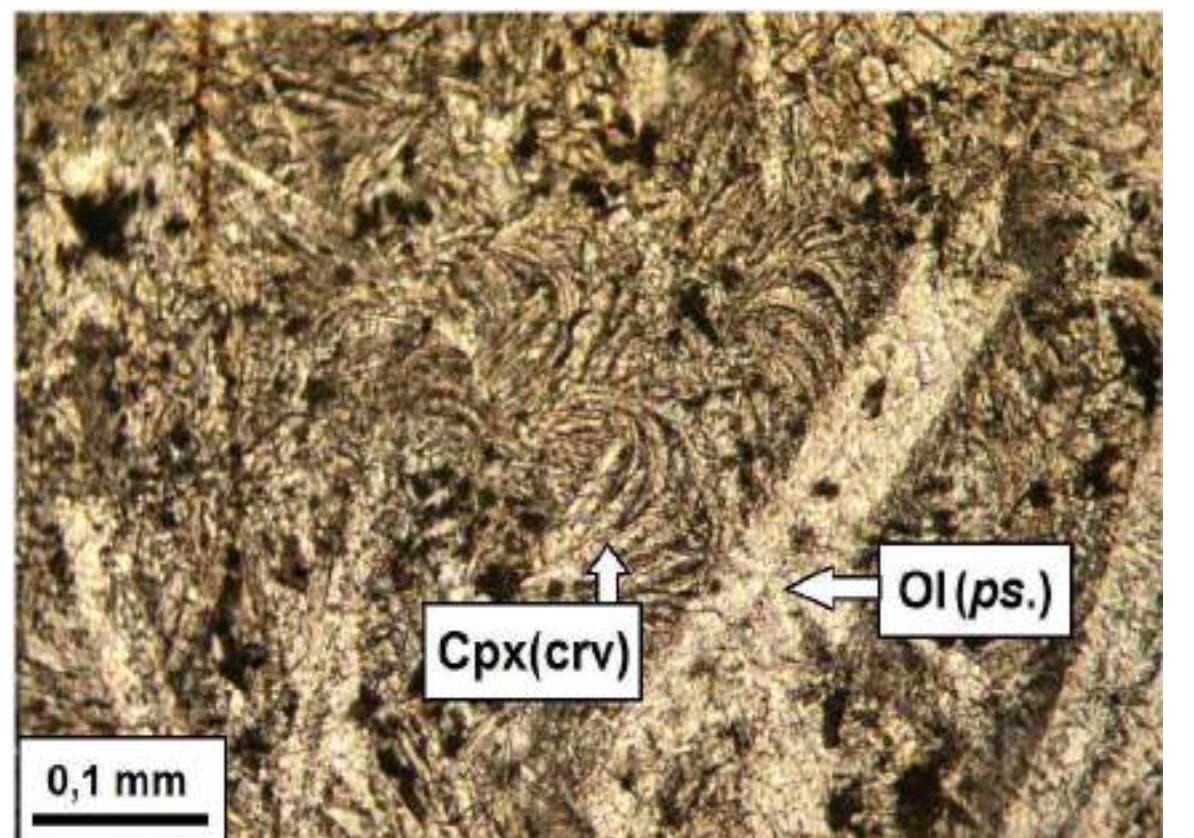
SN. Metakomatita spinifex



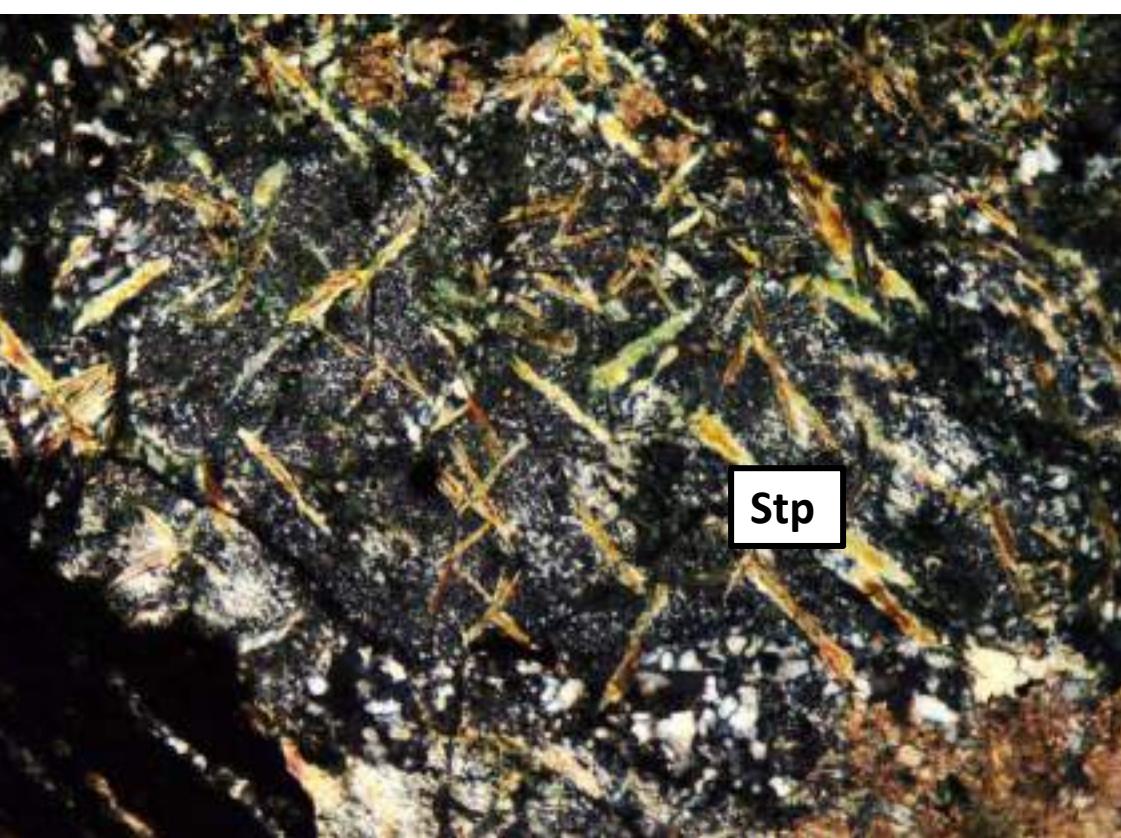
NX. Metabasalto con pumpellita



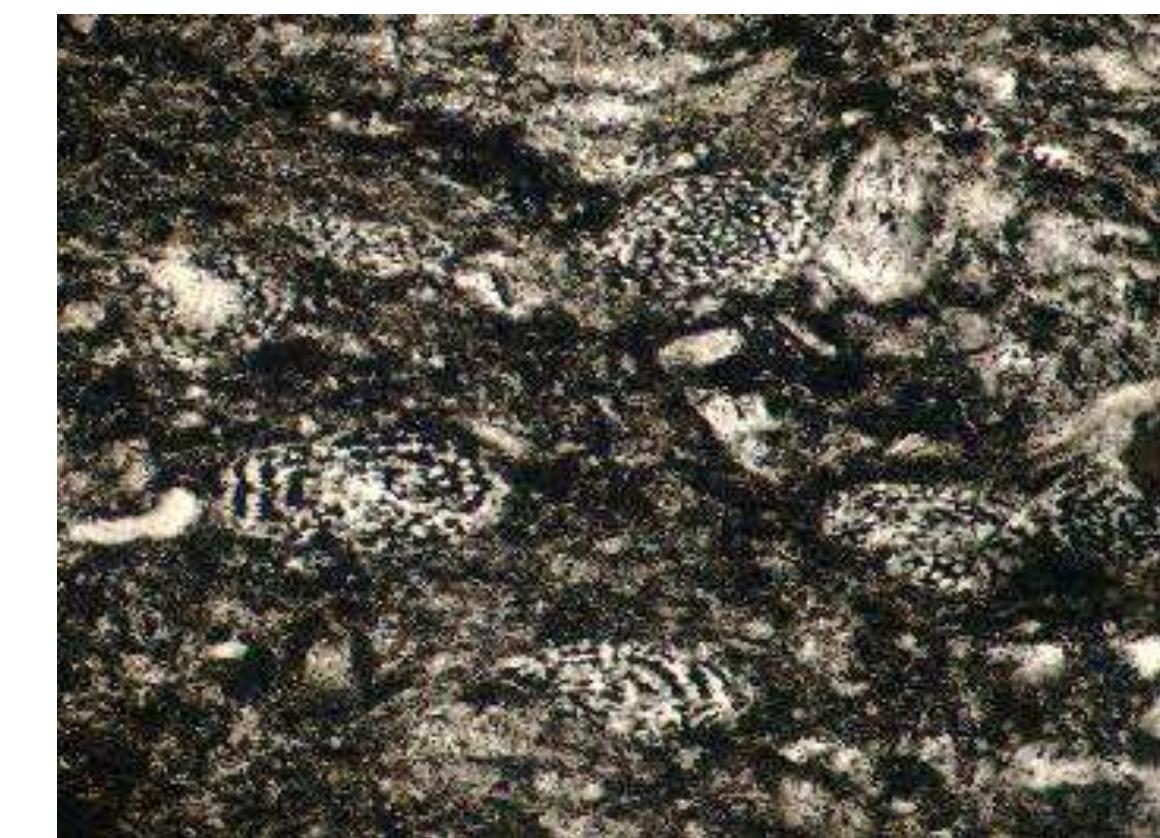
NX. Metadiabasa olivínica



SN. Metakomatita dendrítica

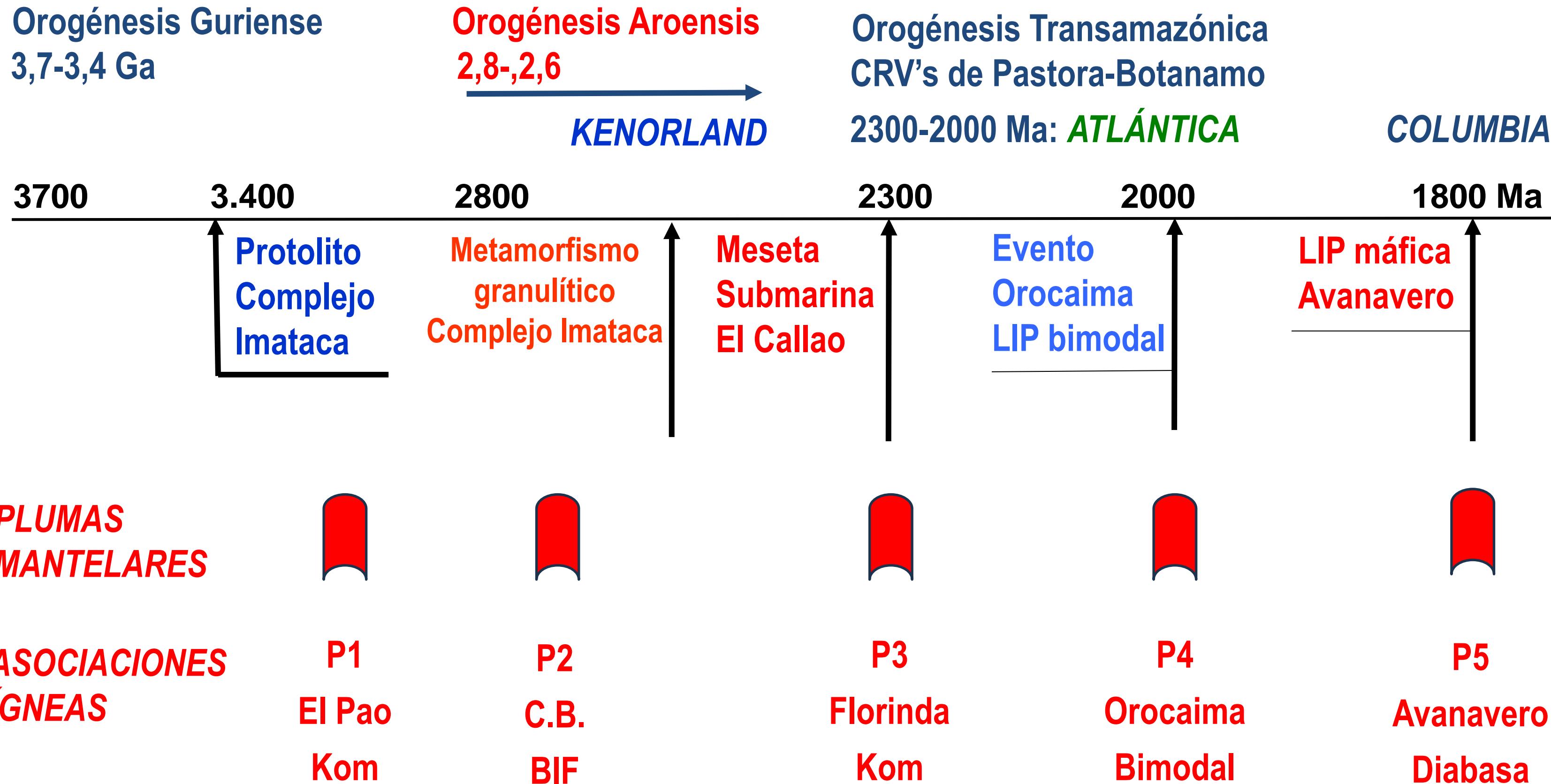


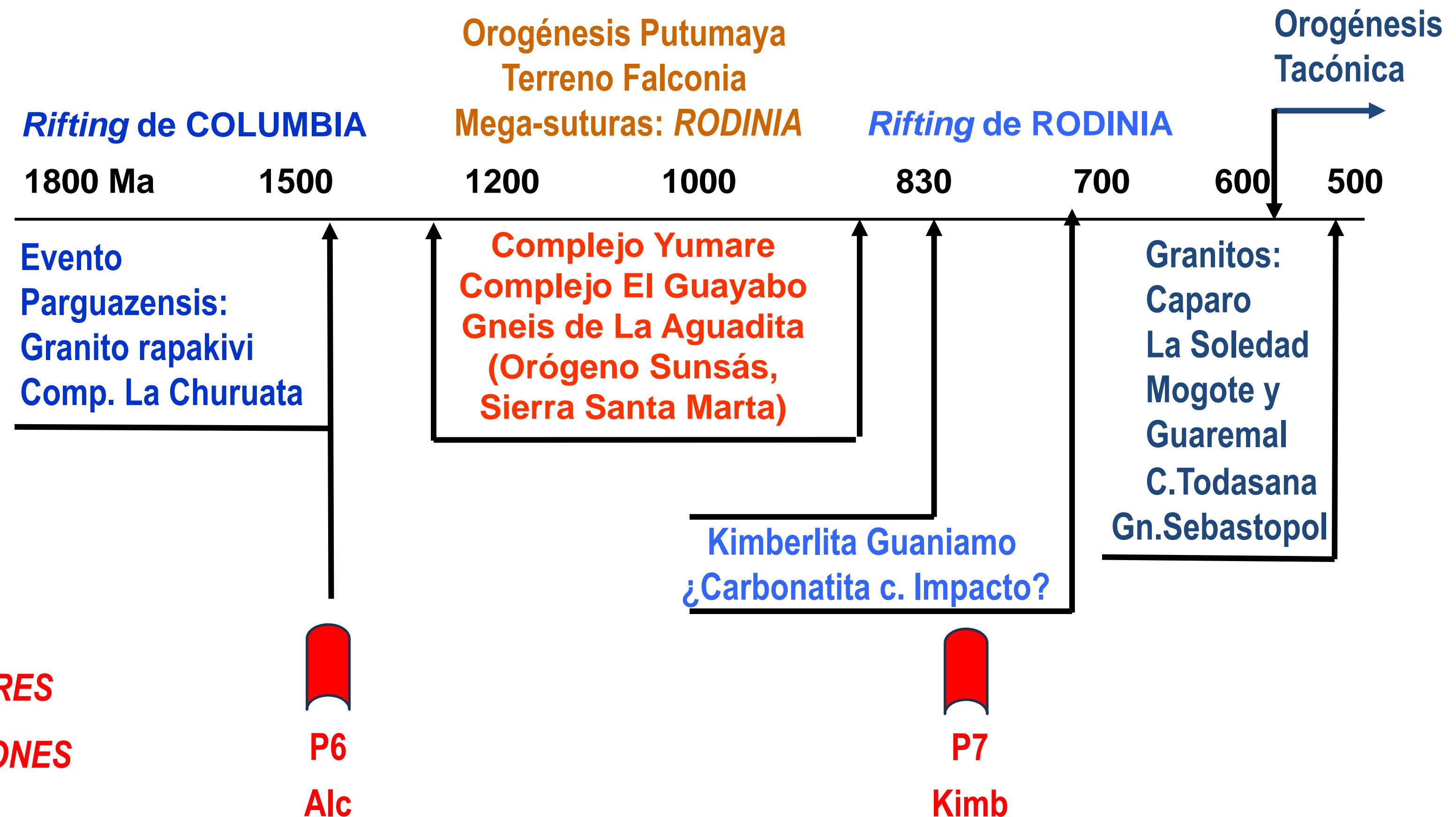
NX. Metachert con estilpnوملana



SN. Metachert con radiolarios

Síntesis geotectónica de la geología de Venezuela





... ¡muchos eventos tuvieron lugar en más de un Ga!

→ **AMALGAMACIÓN DE PANGEA** →

Cierre de océanos Iapetus y Reico

Orog. Tacónica
600-430 Ma

Orog. Allegheniana
360-270 Ma: *PANGEA*

Rifting de PANGEA
Apertura del Atlántico
y del Proto-Caribe

→
Orogénesis
Caribe

500 Ma 400 300 200 100 40 0

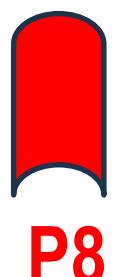
↑
Granito de Caparo
Granito Guaremal
Complejo Todasana
Granito de Mogote
Granito La Soledad
Gneis Sebastopol

↑
Granito El Amparo
Granito Valera-La Puerta
Gr. El Carmen-La Culata
Granito de Piñero

Diques de la CAMP (Guayana)
Basalto de Altamira (Espino)
Fm. La Quinta (tobas, lavas)

↑
El Turpial

Napas Cord.
del Caribe
Villa de Cura



P8



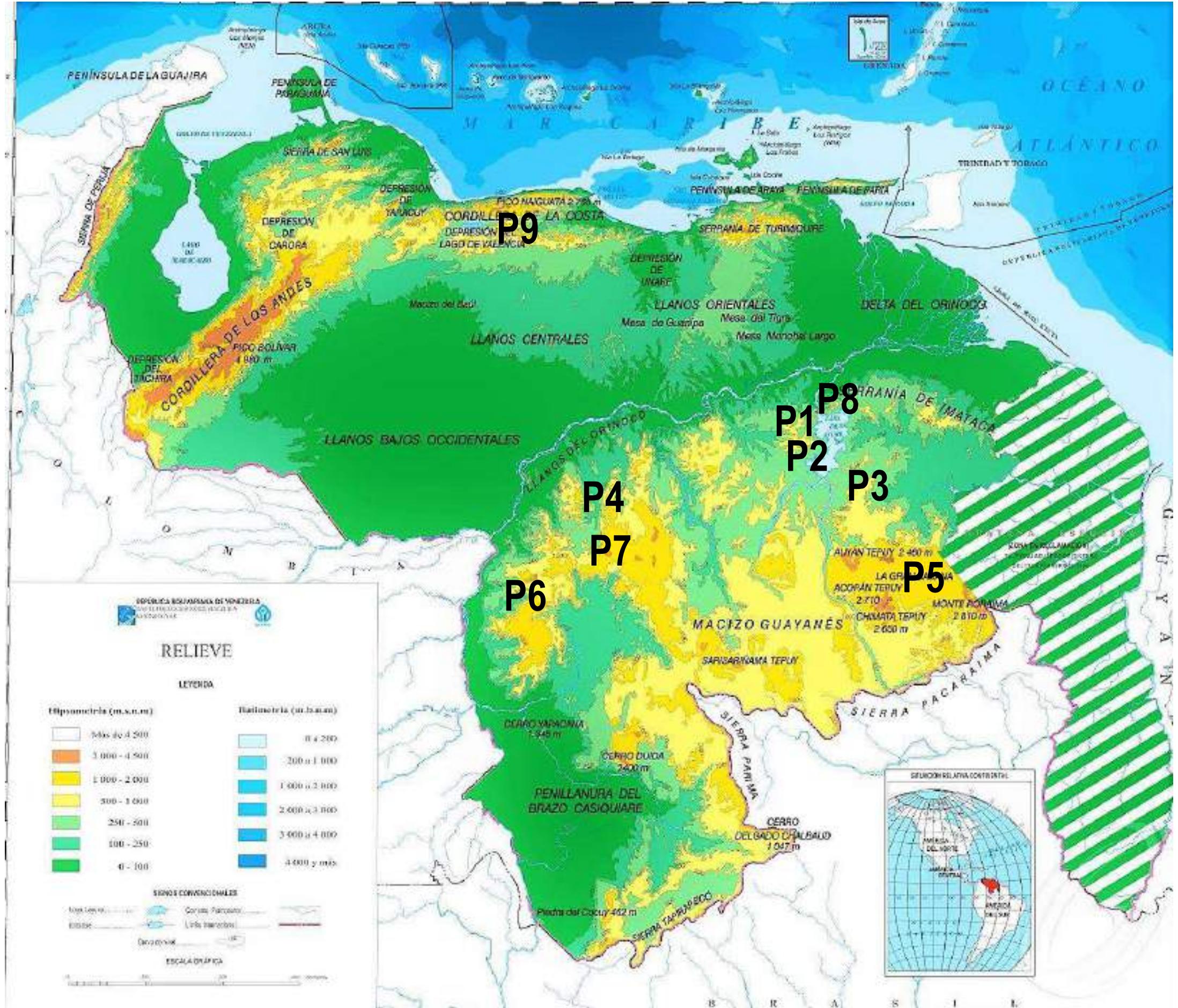
P9

**PLUMAS
MANTELARES**

CAMP
Th

CLIP Kom
ASOCIACIONES
ÍGNÉAS

... ¡y muchos otros tuvieron lugar en los
remanentes 0,5 Ga!



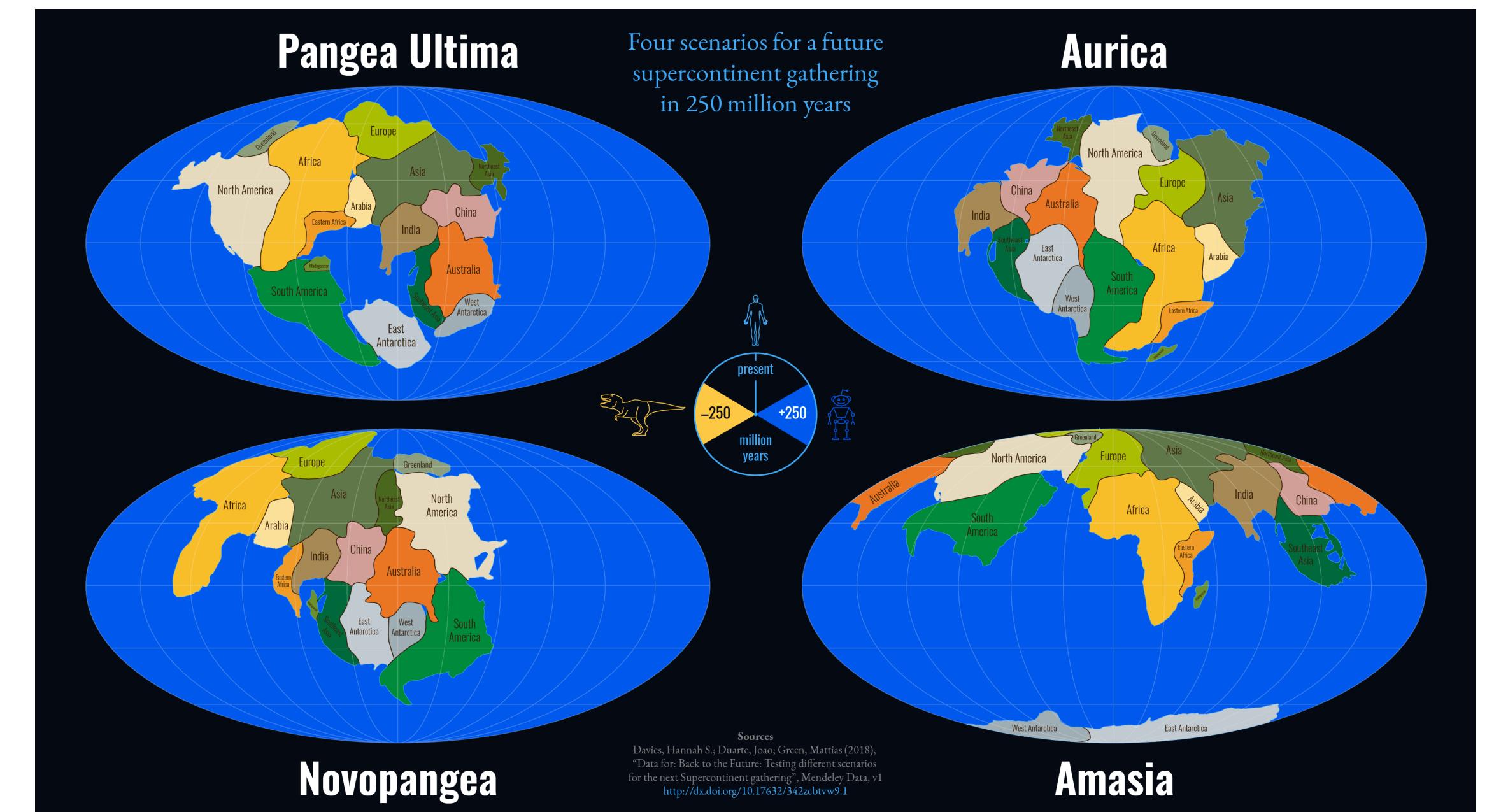
Mapa físico de Venezuela mostrando las localidades características de las litologías que caracterizan a las plumas mantelares que afectaron su geología desde el Arqueano al Cretácico.

¿Qué dice todo esto acerca del futuro tectónico del país y del planeta?

¿Se formará eventualmente un nuevo supercontinente?

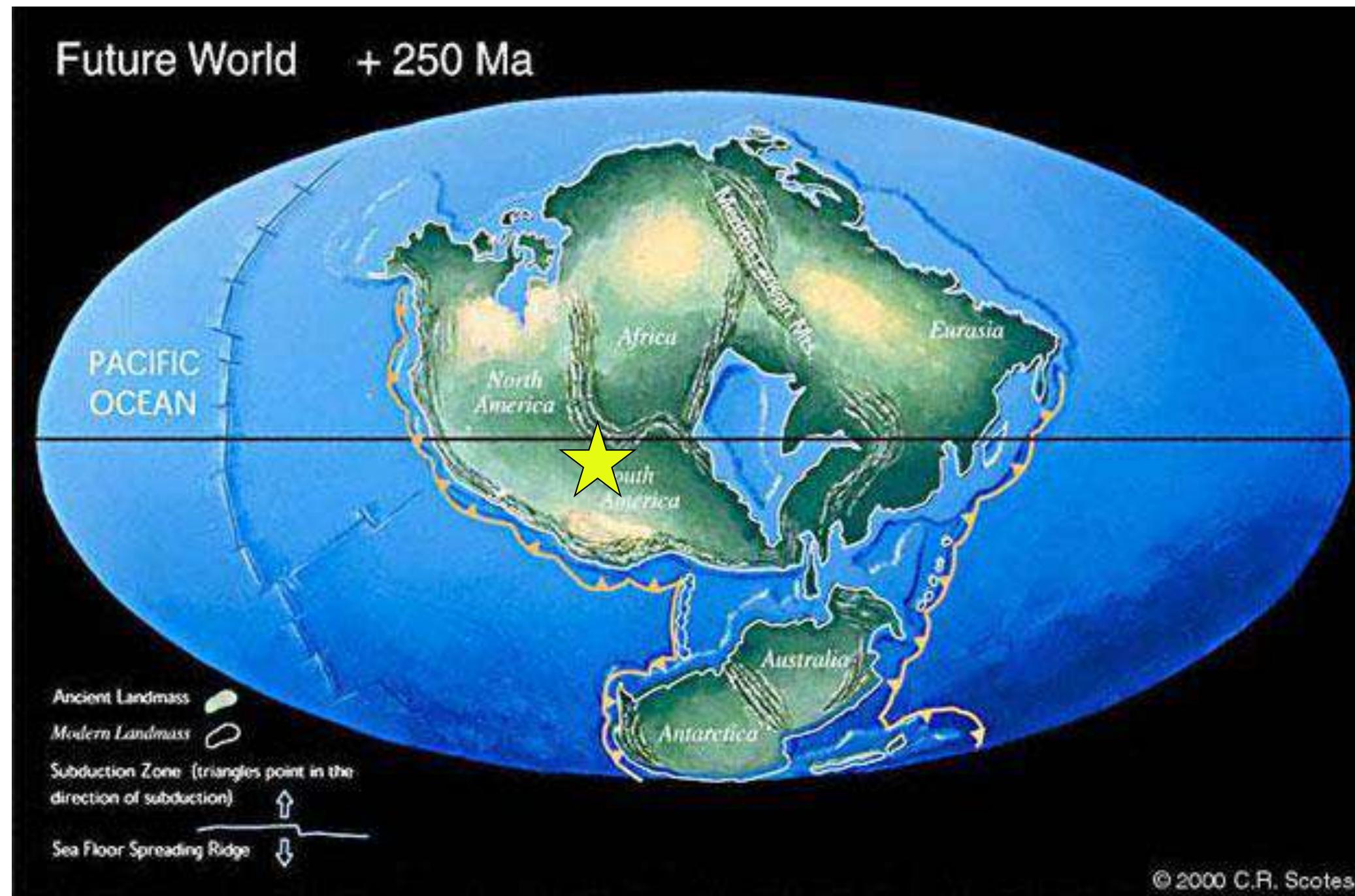
Obviamente los movimientos de las placas tectónicas, la convección mantelar y el calor radiogénico que mueven todo esto finalizarán algún día (tal como ocurrió en la Luna, Marte y Mercurio), pero se estima que a la Tierra le quedan al menos otros 1,5 Ga de actividad tectónica.

Por ello algunos autores han propuesto varios modelos de cómo podría resultar el próximo supercontinente, dentro de 250 Ma, extrapolando los movimientos actuales hacia un muy lejano futuro (los cuales podrían cambiar)...

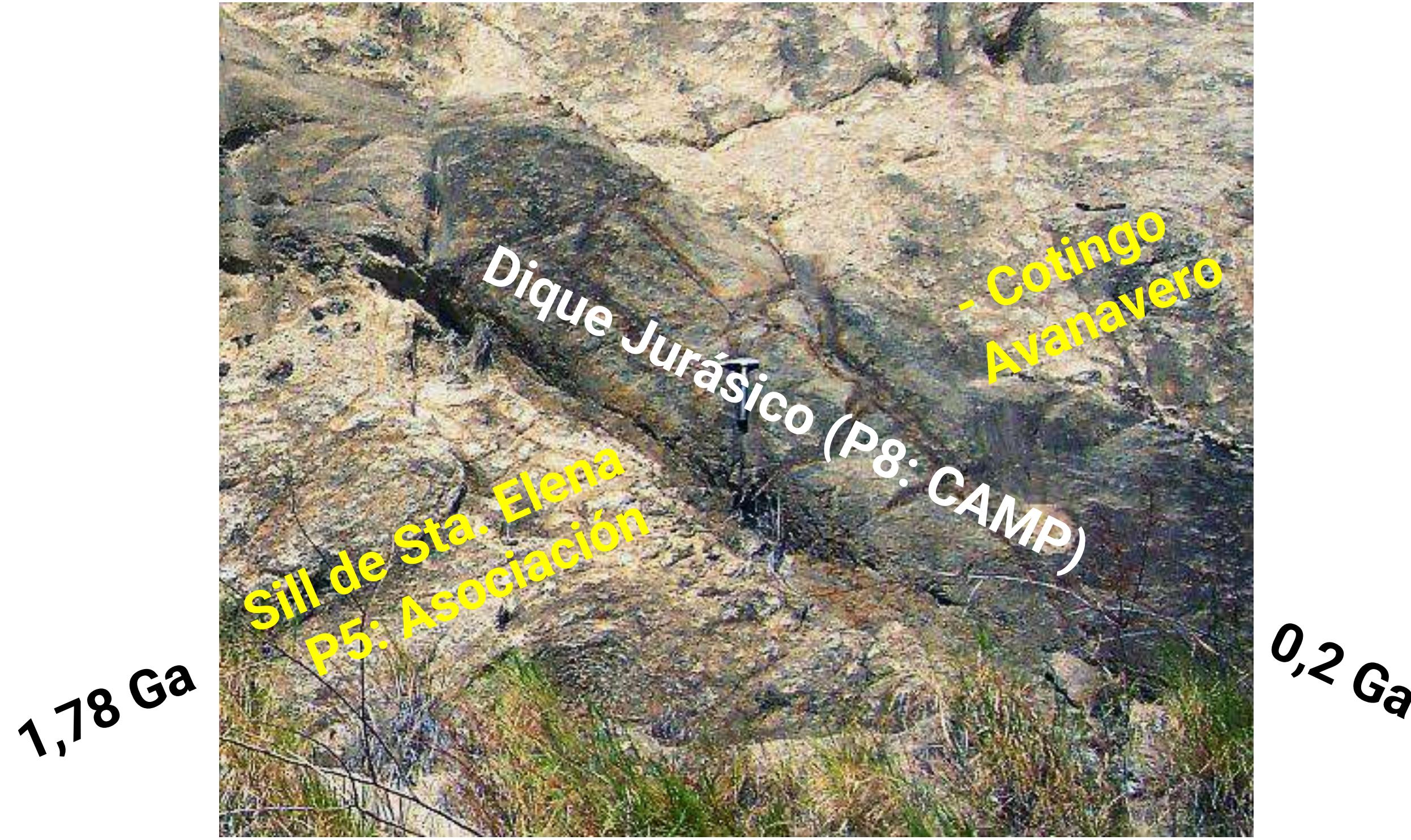


Uno de los modelos más aceptados es el Scotese (2000):

Pangea ultima



¡Dentro de 250 Ma Venezuela estará en un altiplano, como el Tíbet-Himalaya!
¡Adios playita!, pero se podrá ir a casi todo el mundo por tierra...



Tomado de Reis *et al.*, 2023. (GPS N 0795796/ W 0502503)

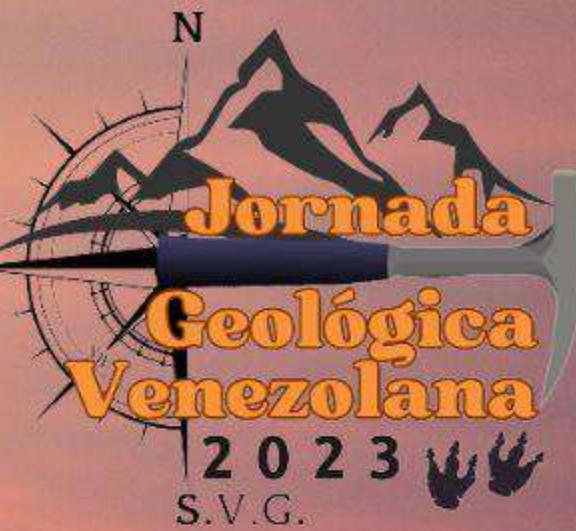
Dos plumas interactuando...

Referencias

- Channer, D.M.D., Egorov A., & Kaminsky, F. (2001). Geology and structure of the Guaniamo diamondiferous kimberlite sheets, South West Venezuela. *Revista Brasileira de Geociencias* 31(4): 615-630
- Garry, C.P., Hackley, P.C. & Urbani, F. 2004. Digital Shaded-Relief Map of Venezuela. *USGS Open-File Report*, 1322 (v 1.0)
- Grande S., Mariño, N. 2011. Petrografía de las rocas granitoides y asociadas de la región de caño Ore-El Burro, estado Bolívar, Venezuela. *III-Simposio de Geología de Rocas Ígneas y Metamórficas*, Geos 41:
- Hughes, C.J. 1982. *Igneous Petrology*, 1st Ed., Series Developments in Petrology 7. Elsevier, Amsterdam: 539 p
- Ibañez-Mejía M., J. Ruiz, V.A. Valencia, A. Cardona, G. Gehrels & A. Mora. 2011. The Putumayo Orogen of Amazonia and its implications for Rodinia reconstructions: New U-Pb geochronological insights into the Proterozoic tectonic evolution of northwestern South America. *Precambrian Research*, 171: 58-77.
- Kanouo, N.S., Lentz, D.R., Zaw, K., Makoundi, C., Basua, E.A.A., Fouateu, R & Njonfang, E. 2021. New Insights into Pre-to-Post Ediacaran Zircon Fingerprinting of the Mamfe PanAfrican Basement, SW Cameroon: A Possible Link with Rocks in SE Nigeria and the Borborema Province of NE Brazil. *Minerals* 11(9), 943;
- Martins, P., Toledo, C.L.B., Silva, A.m., Chemale, F. Jr., Archer, C., de Assis, L.M. 2022. Chemostratigraphy of the Carajás banded iron formation, Brazil: A record of Neoarchean Ocean chemistry. *Gondwana Research*, 105: 217-242
- Marzoli, A., Callegaro, S., Dal Corso, J, Davies, J.H.F.L., Chiaradia, M., Youbi, N, Bertrand, H., Reisberg, L., Merle R., & Jourdan, F.. 2018. The Central Atlantic Magmatic Province (CAMP): A Review, in *The Late Triassic World*. Springer International Publishing AG, L.H. Tanner (ed.), *The Late Triassic World, Topics in Geobiology*: 46-01,
- Martín-Bellizzia, C. (1972). Paleotectónica del Escudo de Guayana. IX Conf. Geol. Inter-Guayanás, Cd. Guayana, 1972; Mem.: 251-305.
- Mendoza, V., Márquez, H., Petit, P. & Brojanigo, A.. 2019. Historia Geológica del Escudo de Guayana, Venezuela, y sus Recursos Minerales: Evolución de Supercontinentes, Tectónica de Placas y Plumas del Manto. Bol. ANIH 43, Junio 2019: 97-227
- Moon, I., Lee, I & Yang, X. 2019. Petrogenetic link between amphibolites and the banded iron formation of the Yishui region in the North China Craton: implications for Neoarchean plume tectonics. *Int. Geol. Rev.* 61(18): 2328-2343
- Reis, N.J., Texeira, W., Hamilton, M.A., Santos, F.B., Esteves, M. & Souza, M. 2023. Avanavero mafic magmatism, a late Paleoproterozoic LIP in the Guiana Shield,Amazonian Craton: U-Pb ID-TIMS baddeleyite, geochemical and paleomagnetic evidence. *Lithos* 174: 175-195
- Rogers, J. W. 1993. *A History of the Earth*. 1st Ed. Cambridge Univ. Press: 328 p
- Santos, J.O., Potter, P.E., Hartmann, L.A., Fletcher, I.R. & McNaughton, N.J. 2023. Age, source, and regional stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like outliers in northern South America based on U-Pb geochronology. *GSA Bulletin*, 115 (3): 331–348; 15 figures; 3 tables; Data Repository item 2003034.
- Sitabi, A. B. 2018. Geochemical signatures of plume-induced subduction Numerical modeling and implications for the Caribbean Large Igneous Province (CLIP). MSc Thesis, ETH Zurich: 76 p
- Wu, G., Yang, S., Liu, W, Damian Nance, R., Chen, X, Wang, Z. &, Yang, X. 2021. Switching from advancing to retreating subduction in the Neoproterozoic Tarim Craton, NW China: Implications for Rodinia breakup. *Geoscience Frontiers*, 12(1): 161-171
- Zhao, G., Sun, M., Wilde, S.A., Li, S., 2004. A Paleo-Mesoproterozoic supercontinent: Assembly, 872 growth and breakup, *Earth-Science Reviews*, 67, 91-123.

Páginas web

- https://www.researchgate.net/publication/333917853_Fifty_years_of_the_Wilson_Cycle_Concept_in_Plate_Tectonics_An_Overview/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic
- <https://www.britannica.com/science/supercontinent-cycle>
- https://www.reddit.com/r/MapPorn/comments/ej13h9/four_scenarios_for_a_future_supercontinent/
- <https://redhistoria.com/supercontinentes-de-la-tierra/>
- <http://www.largeigneousprovinces.org/10jul>
- <https://geofrik.com/2013/05/11/supercontinente-atlantica/>
- https://www.researchgate.net/publication/284542384_The_Grenville_Orogen_-_A_post-Lithoprobe_perspective/figures?lo=1
- <https://elchesemueve.com/historia-del-supercontinente-pangea>
- <https://redhistoria.com/historia-de-la-tierra-supercontinente-kenorland/>
- https://www.researchgate.net/publication/332354280_Geochemical_Signatures_of_Plume-Induced_Subduction_Initiation_Numerical_Modeling_and_Implications_for_the_Caribbean_Large_Igneous_Province_CLIP/figures?lo=1
- <https://prezi.com/6muagu0fl2h/la-era-paleozoica/?frame=b56c7da591734e17cf03940e9b01350c8bab7ac4>
- <https://geologiavenezolana.blogspot.com/2018/04/pannotia-el-supercontinente.html>
- <https://brainly.lat/tarea/5391909>



*Gracias por su
atención*

