

<http://knol.google.com/k/geologia-craton-del-rio-de-la-plata>

# GEOLOGIA: Craton del Rio de la Plata

## Cratón

Clifford (1966) afirmaba que kimberlitas con tenores económicamente interesantes de diamantes siempre se encuentran asociados con núcleos tectónicamente estables de cratones donde la corteza posee edad del Arqueozoico (> 2,4 millones de años)=(Clifford's Rule). El Clifford's Rule establece también que las exploraciones de diamantes deberían llevarse a cabo en estas áreas.

Eaton et al. (2009) definen al cratón como la región central de un continente que se ha mantenido estable en más de mil millones de años en la escala del tiempo. Esta referencia es también en relación a grandes dominios Arcaicos (Clifford's Rule), como por ejemplo el cratón Kaapvaal en el Sur de África. Brito-Neves, (1995) siendo más específico al respecto, comenta que en un cratón se presentan como condiciones necesarias: estabilidad relativa, antigüedad y transitoriedad, espesor litosférico privilegiado y bajo flujo termal. Según Morgan (1995) para que las anomalías térmicas litosféricas sean significativas para "ventanas del diamante", ellas tienen que tener un diámetro mínimo de cerca de 400 km.

Ahora bien, llevando en consideración las edades que pueden ser reconocidas y agrupadas en los cratones, Janse (1994) los divide en tres mayores elementos:

1-Archon -rocas del basamento con edad del Arqueozoico, y que tienen como su último evento termal la edad de 2500 Ma.

2-Proton - rocas del basamento con edad del Proterozoico tardío a medio (2500-1000 Ma.), y que tienen como su último evento termal la edad de 1000 Ma.

3-Tecton - rocas del basamento con edad del Proterozoico medio a inferior (<1000 Ma.), y que tienen como su último evento termal la edad del orden de los 800 Ma.

Se presenta en la Figura-1a (ver también la Figura-1b) un modelo de profundidad de cratones según sus edades (espesor litosférico). Este modelo presentado se fundamenta en la observación de Artemieva (2006) que, con base a estudios globales de los cratones, atinó que las unidades tectónicas, según su edad, definen un espesor cratónico que puede ser expresado en la fórmula:  $z=0.04*t+93.6$  (z es el espesor termal de la litosfera en km y t es la edad en Ma.). Esta Figura-1a permite además la observación de potenciales mayores espesores de diamante en profundos y, al mismo tiempo, anchos cratones.

Dentro de la Plataforma Sudamericana se sitúa el cratón Rio de la Plata. Cratón que cuenta con abundantes caracterizaciones geológico-geocronológicas, en territorios del Uruguay, Argentina y el Brasil (ver consideraciones de Schobbenhaus & Brito Neves (2003) y Gaucher et al. (2008); trabajos que muestran dominios de rocas Arqueozoicas a Proterozoicas. El escudo del Rio Tebicuary, en el territorio de Paraguay, al que se le considera como parte del Cratón Rio de la Plata, es caracterizado, ge-cronológicamente, por Cordani et al. (2001), que apunta edades del Proterozoico Inferior al Superior (edad  $-207\text{Pb}/206\text{Pb}$ , más antigua en torno de 2023-2200 Ma.).

El Norte del Paraguay Oriental junto a la Sur del Estado de Mato Grosso do Sul en Brasil se sitúa el escudo Rio Apá. Siendo que, al escudo del Rio Apá se acostumbra, mayormente, a verlo vinculado al Cratón Amazónico (Presser, 2005a y b; Cordani et al., 2005; entre otros).

El escudo Rio Apá en Paraguay, de acuerdo con lo que se puede leer en Hutchinson (1979), uno puede diferenciar dos grandes conjuntos de rocas cristalinas:

1. Complejo de rocas metamórficas (CRM) con tres unidades: 1-gneis máficos y migmatitas, rodeados al oeste, por (2-)granitos gnéissicos. Este conjunto es equivalente al Complejo Rio Apá (Lacerda Filho et al. (2006); Cordani et al. (2008)) en Mato Grosso do Sul-Brasil. Asociación gneissica en la cual fue apuntada una edad modelo >2500 Ma. Ambas unidades gnéissicas, en

Paraguay, están cortados por cuerpos irregulares de (3-)granitos (Hutchinson, 1979); que se cree podrían ser equivalentes a aquellos datados en 1790-1900 (U-Pb), o con edad modelo de 2200 a 2380 Ma., por Lacerda Filho et al. (2006) y ver también Cordani et al. (2008).

2. Complejo de rocas meta-sedimentarias y meta-ígneas, que están bordeando en el oeste a CRM. Meta-vulcano-sedimentos, que fueron reunidas por Hutchinson (1979) bajo la denominación de Unidad Centurión. El citado autor, estimó espesores de varios miles de metros para el conjunto meta-vulcano-sedimentario. Se piensa que estas unidades se correlacionan con la unidad vulcano-sedimentaria de Alto Terere localizado al norte del Complejo Rio Apá (Mato Grosso do Sul) y para el cual fue encontrada una edad modelo de 2260-2280 Ma. y de 1941 Ma. por el método U-Pb (Lacerda Filho et al., (2006) y referencias en este trabajo listadas). Hutchinson (1979) expone, aun, que rocas granitoides, expuestas en masas de algunos kilómetros, aflorando kilómetros más al sur, cortan a las rocas de la Unidad Centurión. Se piensa que a esta unidad granitoide se la podría correlacionar con la Suíte Amoguijá (Lacerda Filho et al. (2006) y referencias en este trabajo listadas) para los cuales fueron estimadas edades modelo 2800 Ma. (por ejemplo, Cordani et al., 2008) y con base al método U-Pb aproximadamente 1800 Ma. (Lacerda Filho et al., 2006).

Presser (2008), con base a la información de tomografía sísmica (Schimmel et al., (2003); Rocha (2003) y Heintz et al. (2005)) en conjunción con otras informaciones geofísicas y geológicas, parece indicar que el escudo Rio Apá constituye un bloque independiente del Cratón Amazónico.

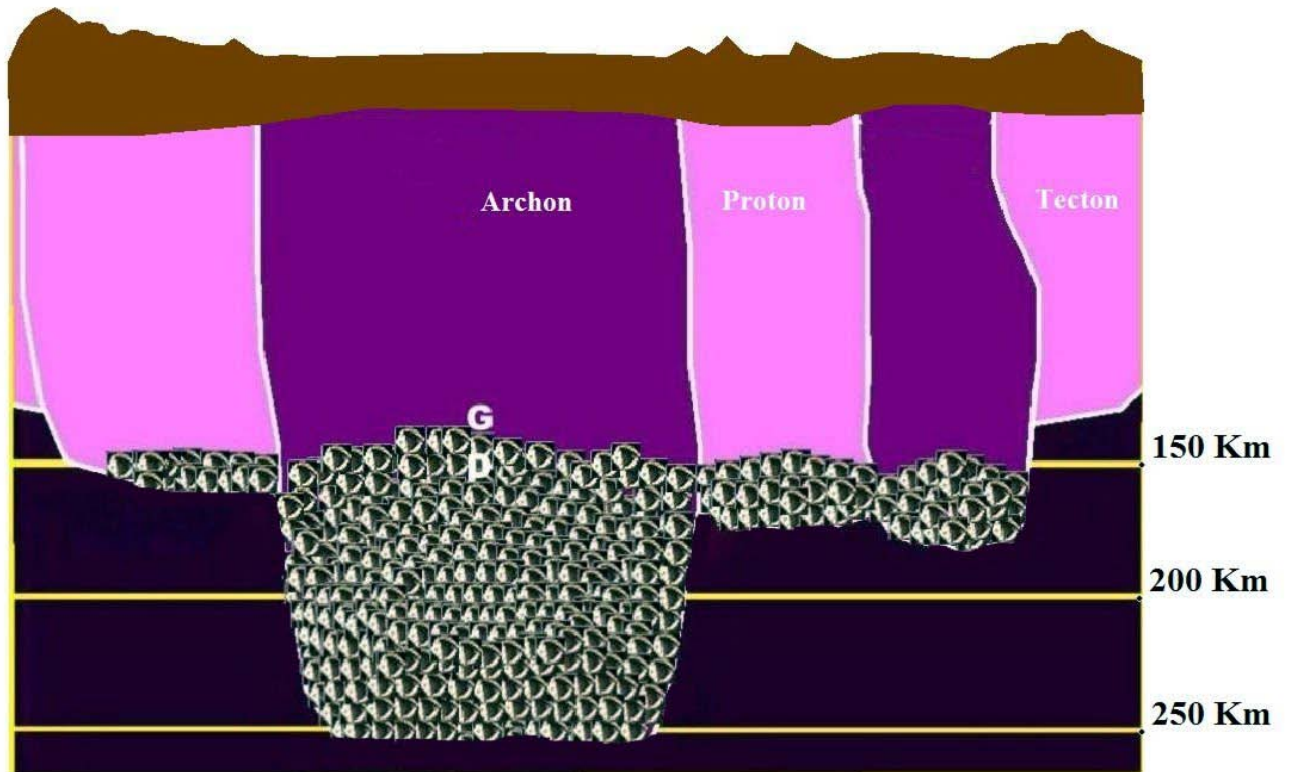
En la Figura-2 se muestra la configuración, del Cratón Rio de la Plata (probables Archons: Rio de la Plata, Para-Mato y Paranapanemá), que fuera obtenida a partir de: -datos sísmicos (s-wave en 1-D de 2° en 2°-continental (<http://ciei.colorado.edu/~nshapiro/MODEL/>) y tomografías sísmica P y S-wave, continental y regional (<http://www.jamstec.go.jp/e/>)), -flujo térmico de calor (<http://www.heatflow.und.edu/>), -gravimetría ([http://topex.ucsd.edu/WWW\\_html/mar\\_grav.html](http://topex.ucsd.edu/WWW_html/mar_grav.html)) y, -magnetometría satelital (<http://www.geomag.us/>). Datos que fueron combinados con la geología de superficie (Presser, 2010).

A la configuración del Cratón Rio de la Plata, en la Figura-2. se le asignaron denominaciones regionales: Rio Apá, Rio Paraná y Rio Uruguay. En estos bloques se indican espesores litosféricos aproximadamente de 195 a 222 km (210-218 Km para el Bloque Rio Apá del Paraguay Oriental) (Presser, 2010). Si a partir de los espesores litosféricos estimados se calcula  $t$ , empleando la fórmula  $z=0.04*t+93.6$  de Artemieva (2006), se podría inferir edades de cratonización Arqueozoica entre 2530 a 3210 Ma. para el Cratón Rio de la Plata (=2900-3110 Ma. próximos al bloque Rio Apá).

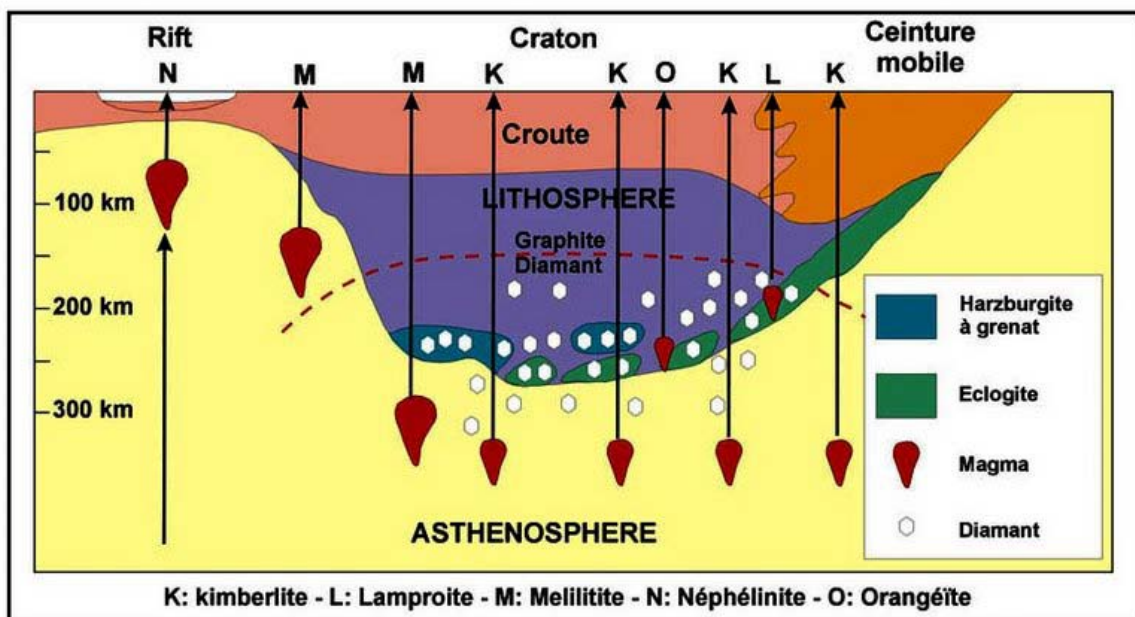
Estas inferencias de edad de cratonización 2900-3110 Ma. obtenidas se ven como equivalentes a las edades halladas según edades modelo (2530-2800 Ma.) y/o por el método U-Pb en zircones (2700-3000 Ma.) (Cordani et al. (2005); Cordani et al. (2008); Lacerda Filho et al. (2006) y Babinski et al. (2008a y b)) en/junto este bloque del Rio Apá. = Bloque cratónico Archon.

La Figura-2 también da información de espesores en zona Proton del Rio Apá (160 Km =1660 Ma., que es edad comparable con la Suíte Amoguijá (de por ejemplo, Lacerda Filho et al. (2006)). Como también la edad Proton del escudo Rio Tebicuary (192 Km=2460 Ma. y, por lo mismo, próximo a las edades obtenidas por Cordani et al. (2001)).

El cratón Archon Rio de la Plata muestra escasas áreas escudos y la mayor parte de su superficie se encuentra cubierta por sedimentos y coladas de basaltos de la cuenca del Paraná y en algunos sectores aun, por sedimentos más recientes a actuales; i.e. cratón de áreas plataforma.

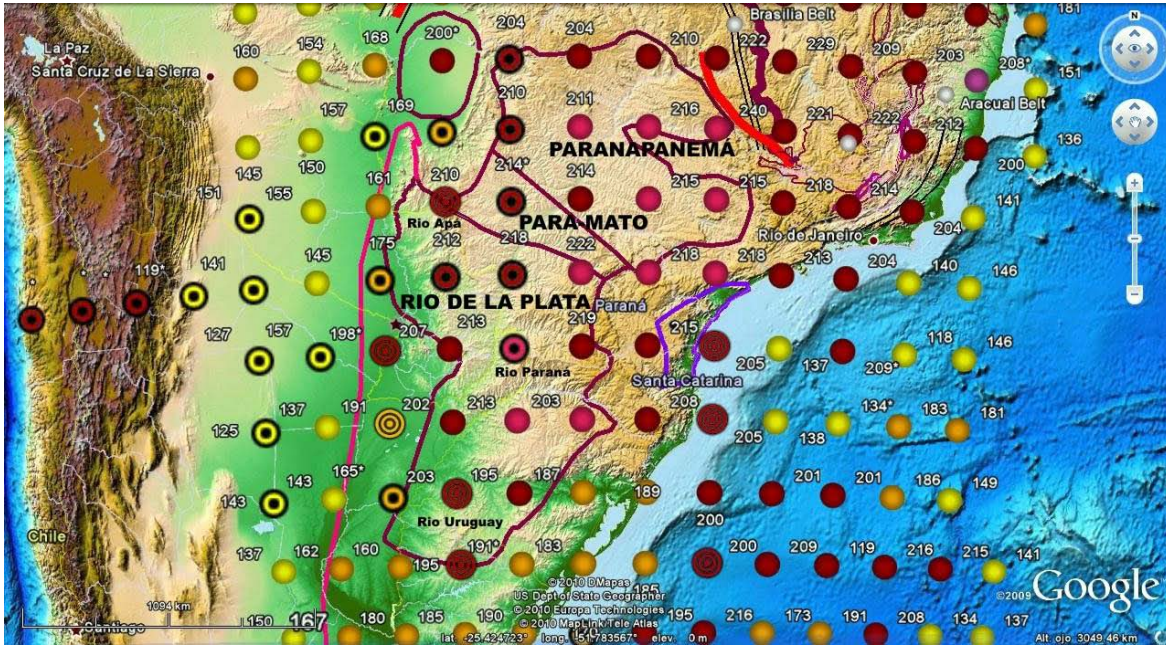


**Figura-1-a.** Modelo de profundidad en cratones de tipo Archon (bloque: con más de 400 km-medio y mucho menor a 400 Km-derecha), Proton y Tecton. También se muestra la corteza trazada, con espesores irregulares espesos para Tecton (50 Km) y Proton (40-50 Km) y, delgados para Archon (30-40 Km), según el diseño grueso oscuro. Notar la diferencia en el espesor potencial mineralizado en diamantes (octaedros en el diseño) para cada unidad tectónica. G-grafito, D-diamante.

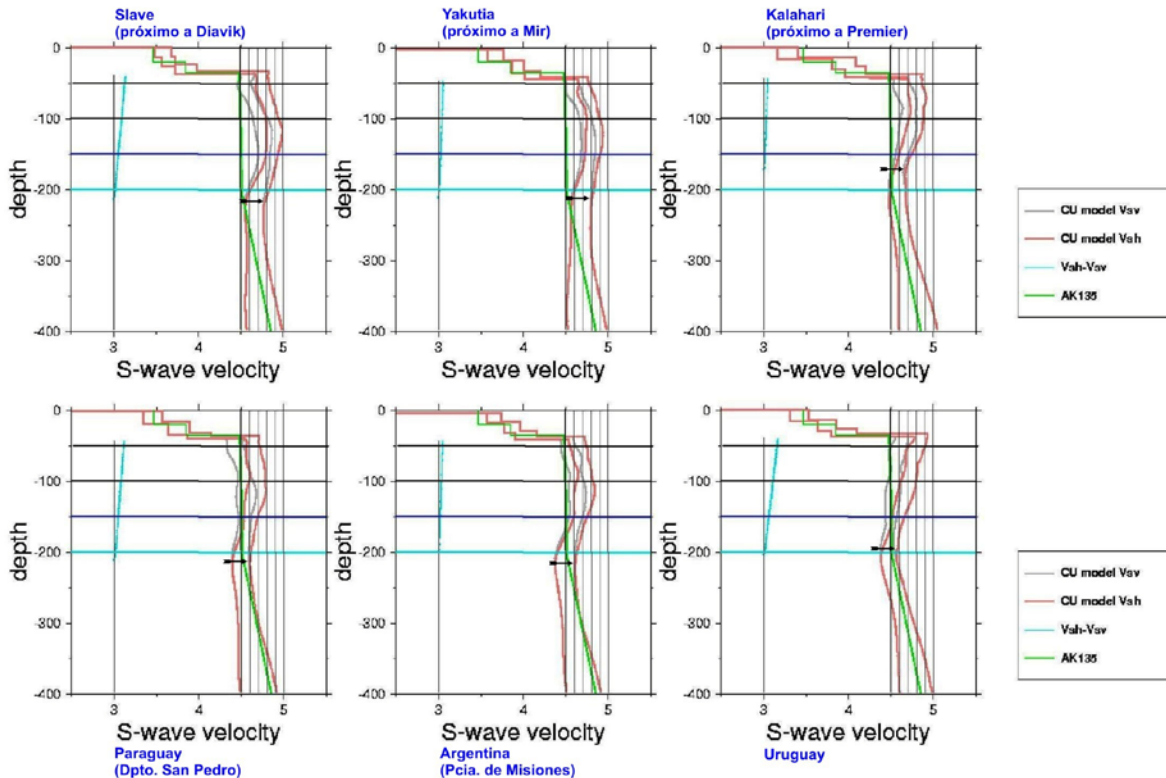


**Figura-1-b.** Modelo teórico del cratón con sus diferntes constituyentes rocosos: harzburgite à grenat= harzburgita con granate; eclogite=eclogita; magma=magma; diamant=DIAMANTE; kimberlite=kimberlita; laproite=lamproita; melillite=melilitita; nephélinite=nefelinita y orangéite=orangeita. Además, rift=rift; craton=cratón; ceinture mobile=cinturón móvil y asthenosphere=atenosfera.

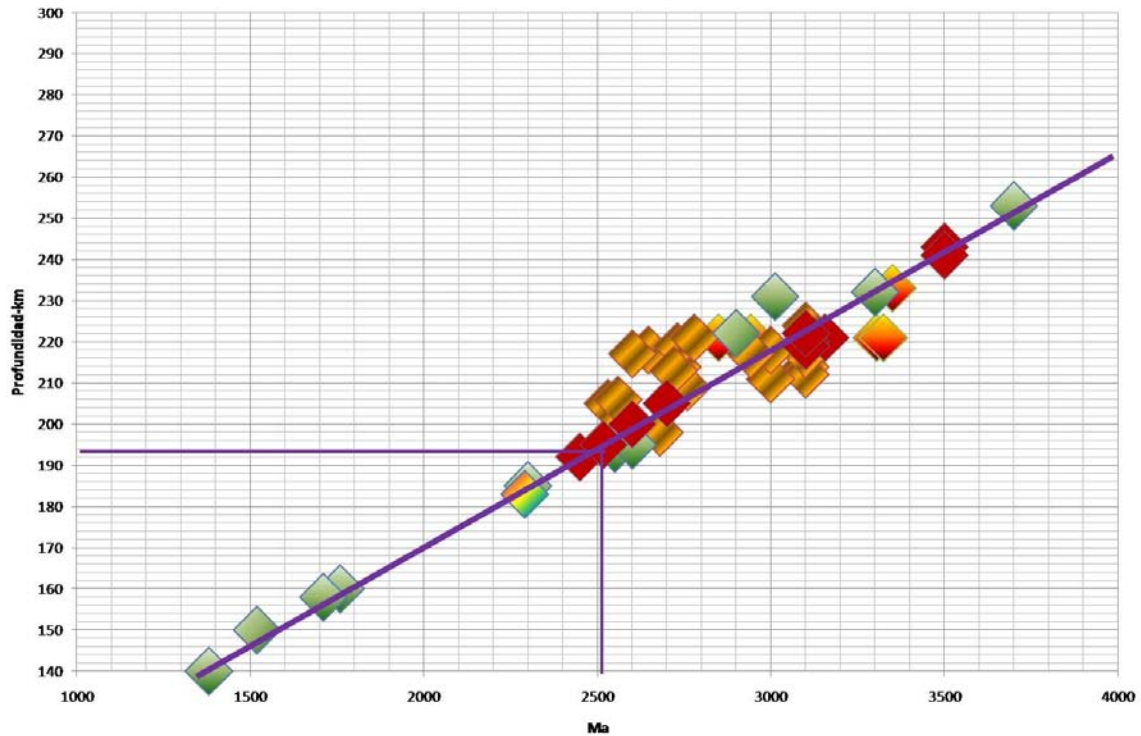




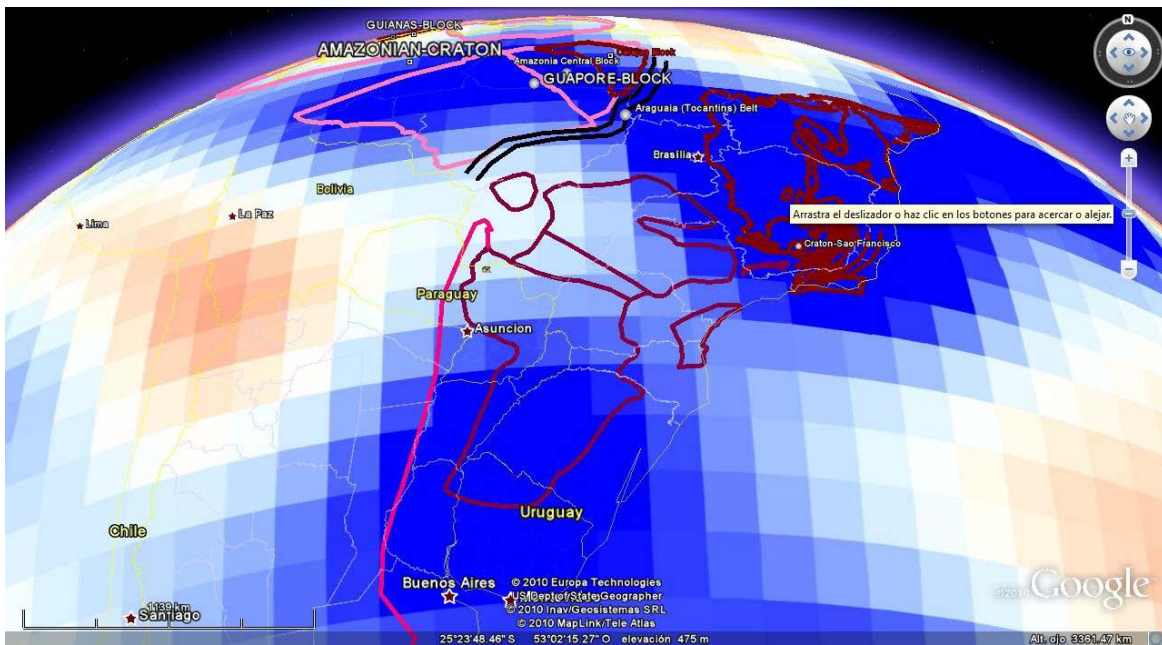
**Figura-2.** Espesor litosférico del Cratón Rio de la Plata. En esta figura, en una base batimétrica (<http://www.noaa.gov/>), se muestra la configuración probable Archon del Cratón Rio de la Plata (línea de trazo grueso continua: Rio de la Plata, Paramato y Paranapanemá). Se lanzaron los espesores litosféricos calculados (números junto a los cuadrados representan la profundidad en Km) con base a información s-wave (1D- Presser, 2010). Al Archon Rio de la Plata se le asignaron denominaciones regionales de bloques: Rio Apá (Paraguay-Brasil), Rio Paraná (Argentina-Paraguay-Brasil), Rio Uruguay (Uruguay-Argentina). Bloques Archon bordeados por porciones Archon/Proton se sitúan en el borde Paraguay-Brasil, el Uruguay; unidades Proton se observan en el Paraguay-Argentina y en el Uruguay-Brasil. Siendo que, terrenos Tecton pueden ser vistos, en el Brasil, al N del bloque Paranapanemá (=Brasilia Belt) y al al N de el escudo Rio Apa (=Paraguai Belt). Aparentemente el bloque Paranapanemá podría tratarse de una porción que se habría soldado (deducido a partir de datos de geofísica) en el ?Arqueozoico al conjunto Rio Apá-Rio Paraná-Rio Uruguay (Presser, 2010).



**Figura-3a.** s-wave en 1-D del interior del Craton Rio de la Plata (Bloque Rio Apá); comparado con el mostrado en otros cratones del mundo y con minas productivas de diamantes (Diavick, Mir, Premier).



**Figura-3b.** Profundidad de cratones (espesor litosférico) obtenidos a partir de s-wave en 1-D VS edades (Ma). Para esta estimación y simetría a lo largo de la recta se contemplaron selectas edades del interior de los Cratones-Archon (Kalahari, Slave, Hearne, Labrador, Yakutia, Karelia, Sao Francisco, Guaporé, Guyanas Kasai-Congo, Man, Wyoming, etc.) sumándose a los datos estimados porciones Proton (Bloque Rio Apa, W-Slave, S-Rio de la Plata, etc.). Así se demuestra la efectividad de la estimación del espesor litosférico a partir de s-wave en 1-D y; del mismo una estimación de la edad de cratonización en zona de plataforma-cratónica (Baez Presser en Preparación). La recta es perfectamente definible por la ecuación, ver texto, de Artemieva (2006) ( $z=0.04 \cdot t+93.6$  ( $z$  es el espesor termal de la litosfera en km y  $t$  es la edad en Ma.)).



**Figura-4.** Tomografía sísmica global (s-wave) de 150-250 Km. Azul-celeste (zona de alta velocidad).



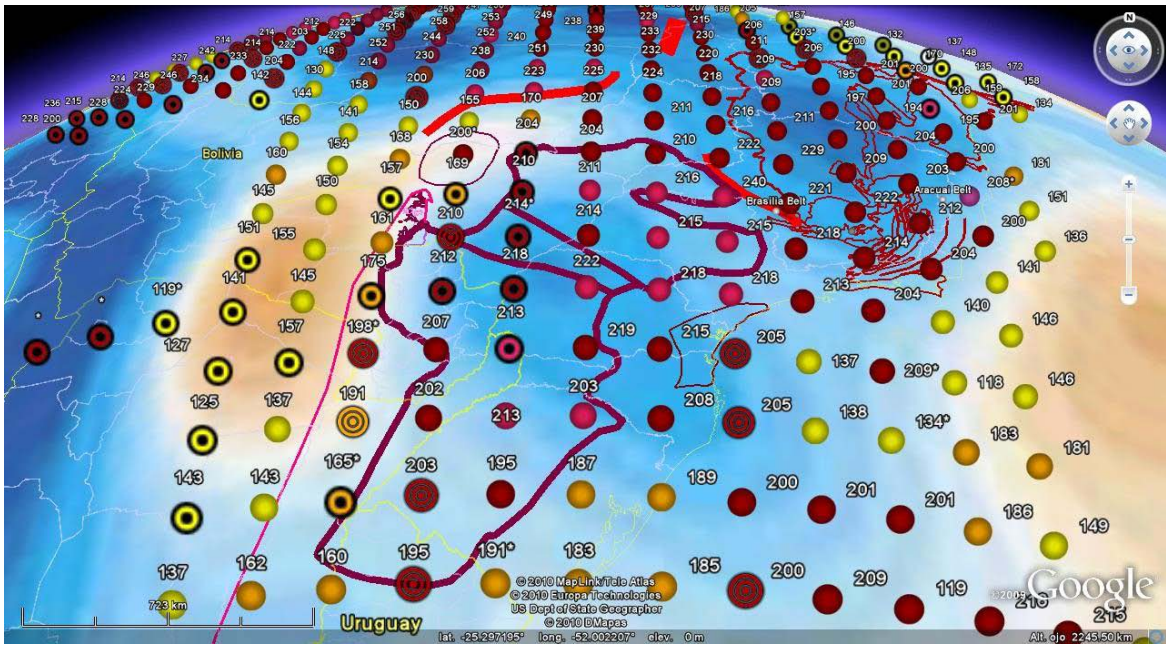


Figura-5. Tomografía sísmica continental (s-wave) de 150-Km. Azul-celeste (zona de alta velocidad).

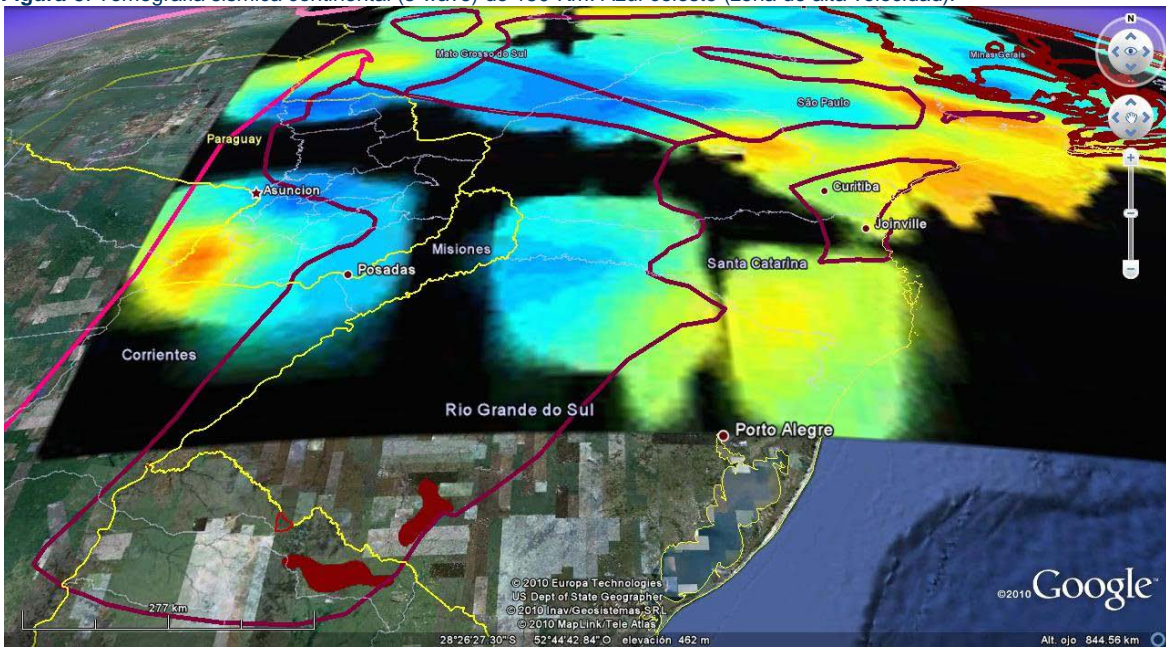


Figura-6. Tomografía sísmica regional (s-wave) de 150-Km. Azul-celeste (zona de alta velocidad).



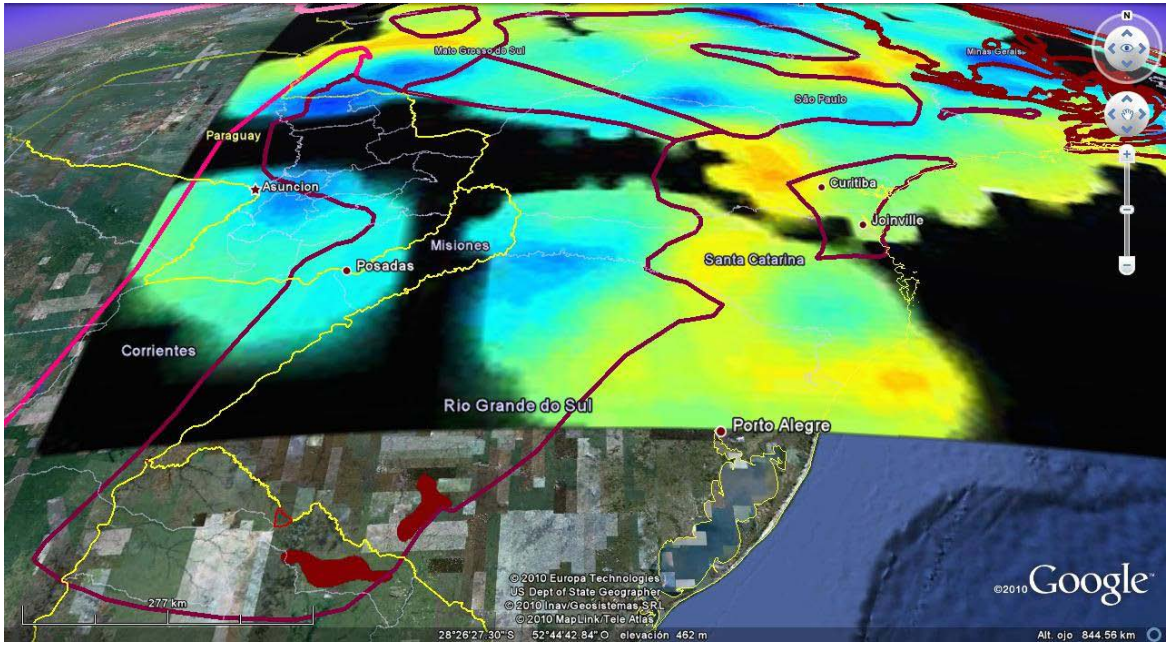


Figura-7. Tomografía sísmica regional (p-wave) de 150-Km. Azul-celeste (zona de alta velocidad).

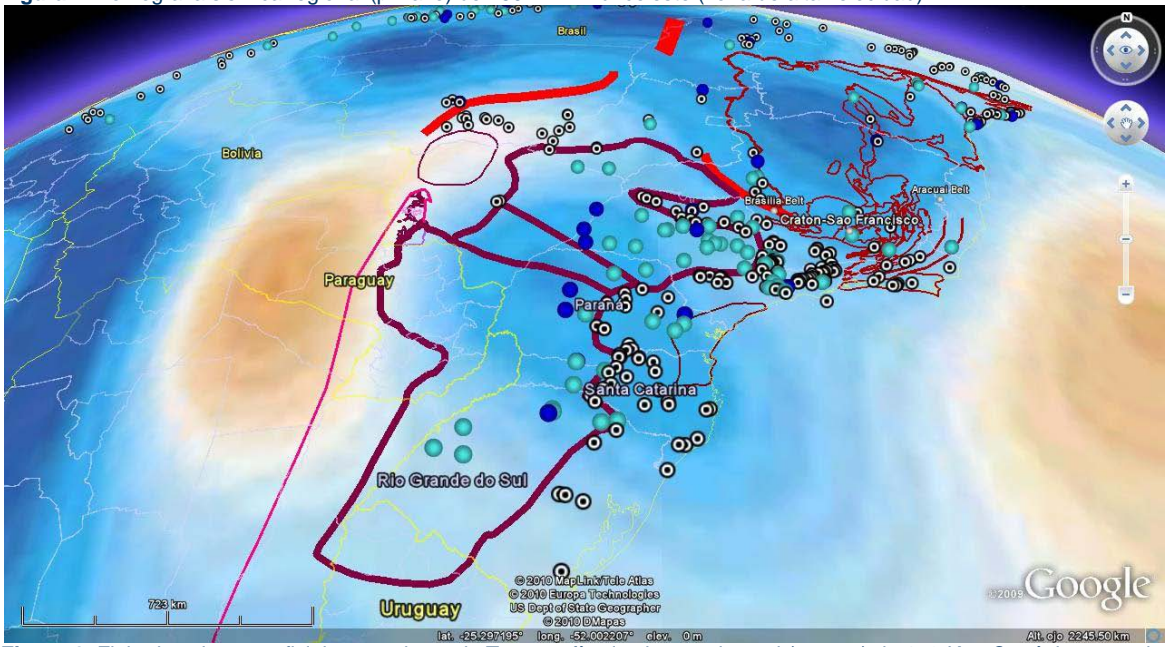


Figura-8. Flujo de calor superficial en una base de Tomografía sísmica continental (s-wave) de 150-Km. Cratónicos = azul a celeste y no cratónicos = blanco con punto negro.



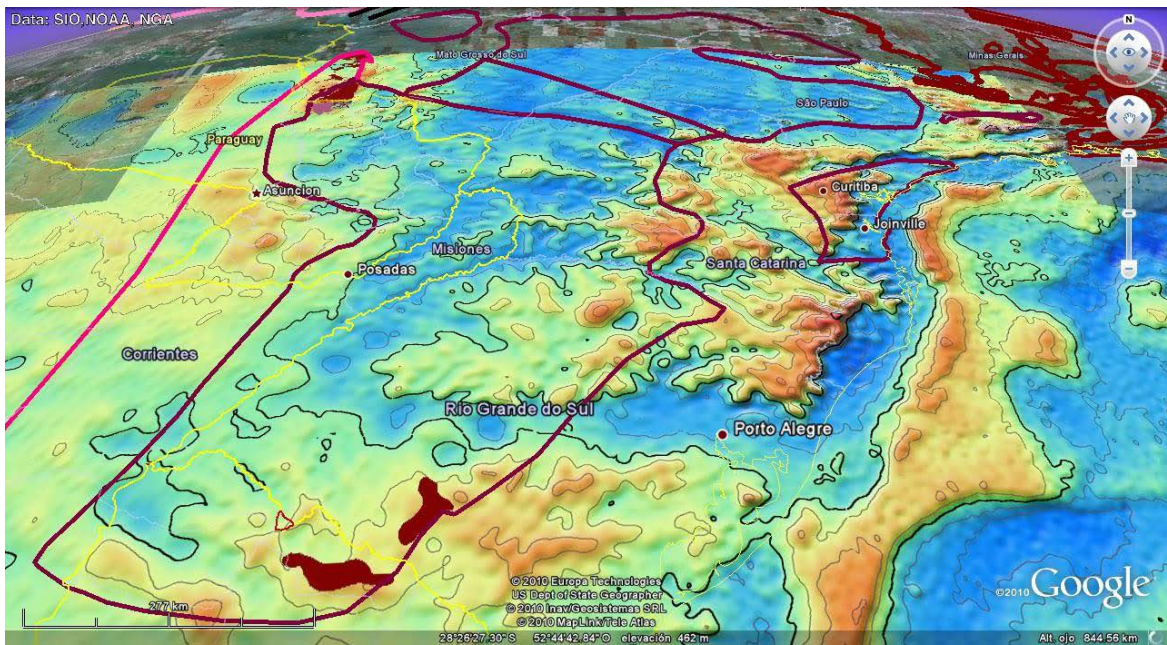


Figura-9. Gravimetría satelital, parte media-sur del craton. Bajos en verde-amarillento a azul y altos en amarillo a rojo.

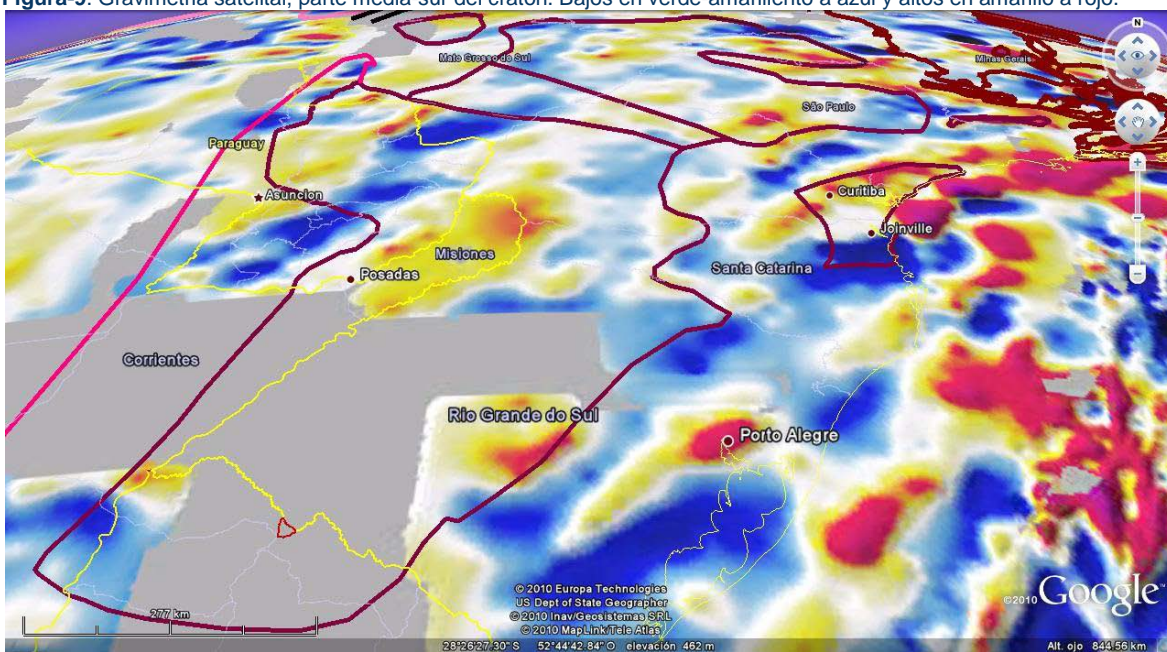
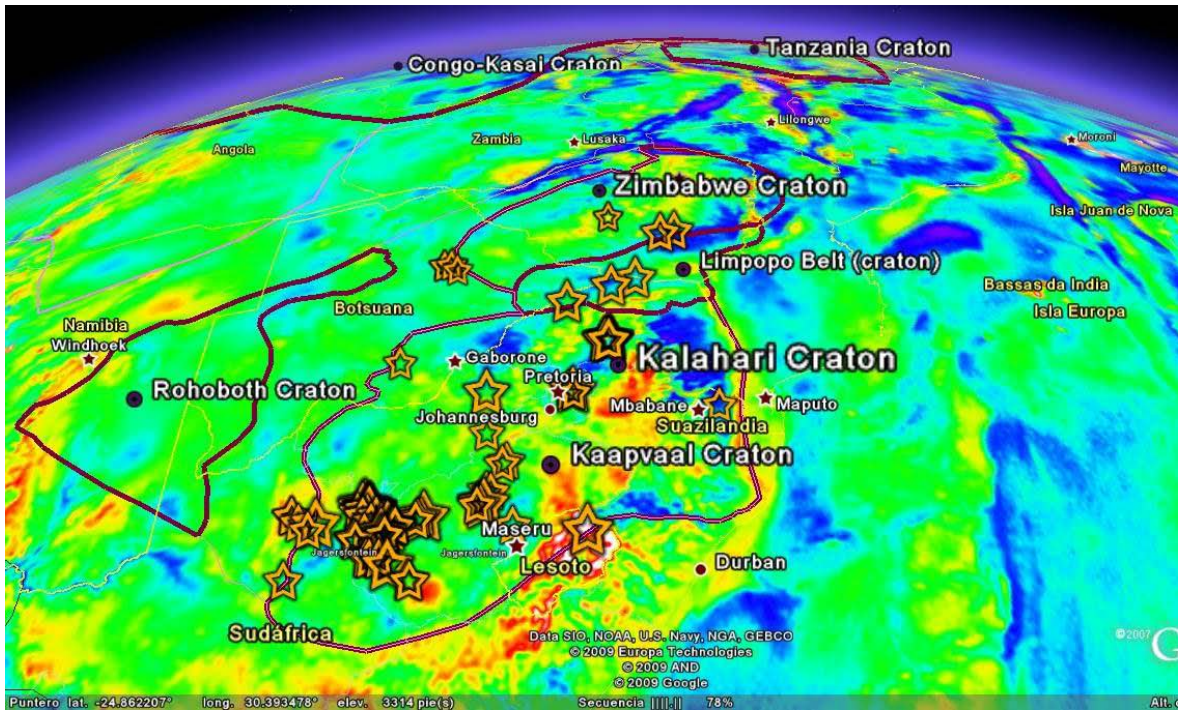


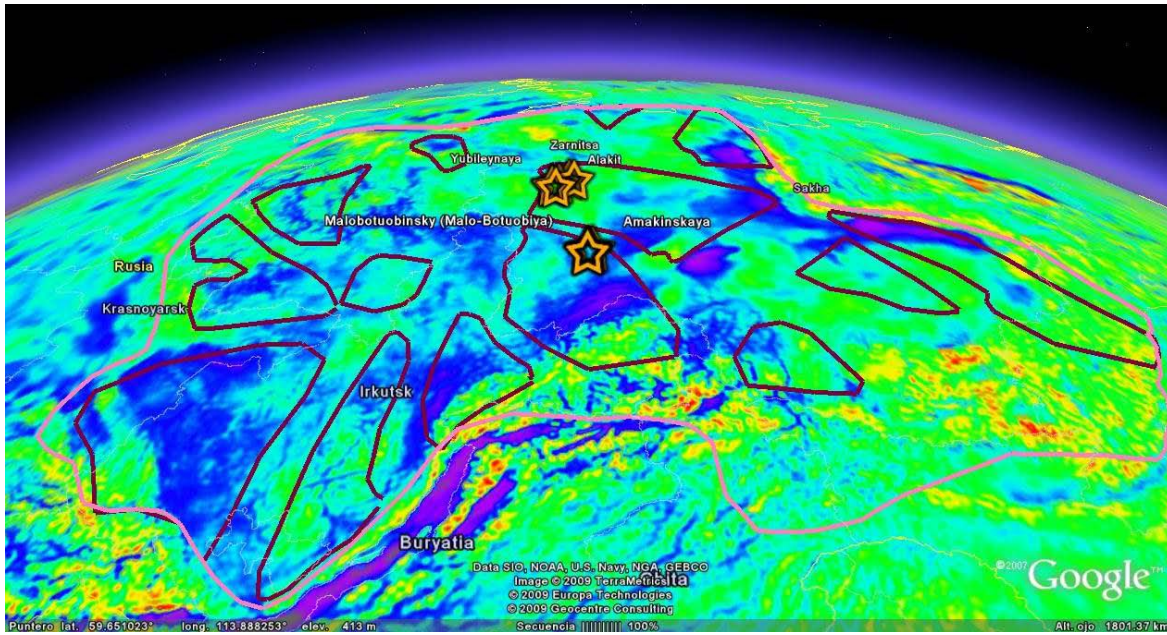
Figura-10. Magnetometría (campo total) satelital.



## COMPARACIONES CON OTROS CRATONES

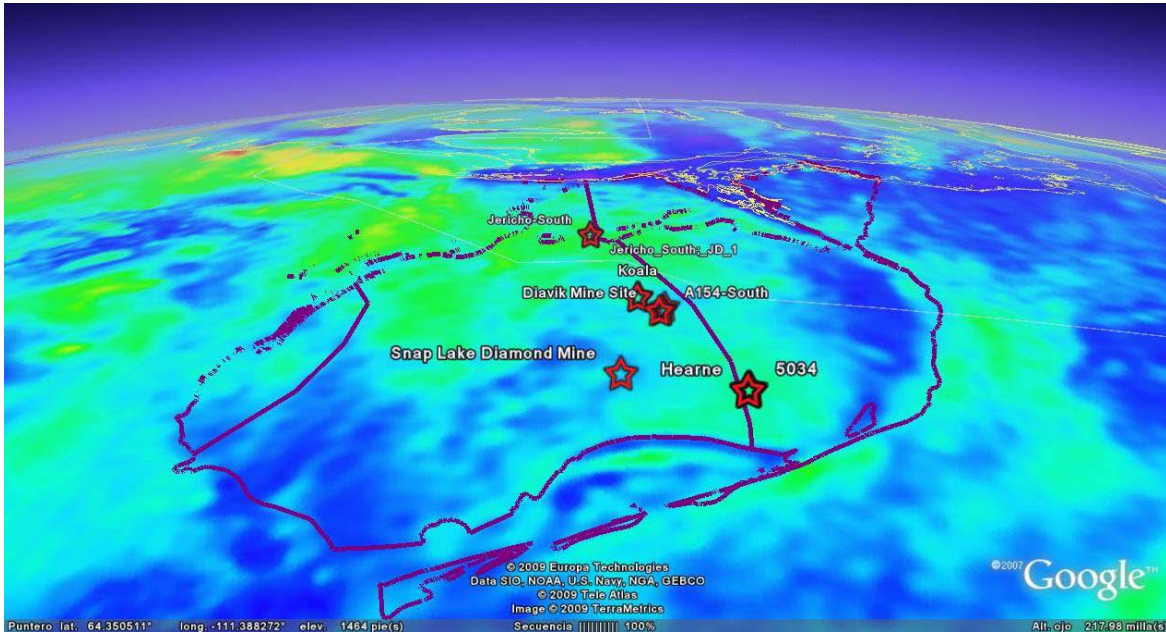


Kalahari (Craton), Sur del Africa. Estrellas corresponden a minas de diamante. Línea púrpura >2500 Ma y línea rosa <2500-1600 Ma. Gravimetría satelital.

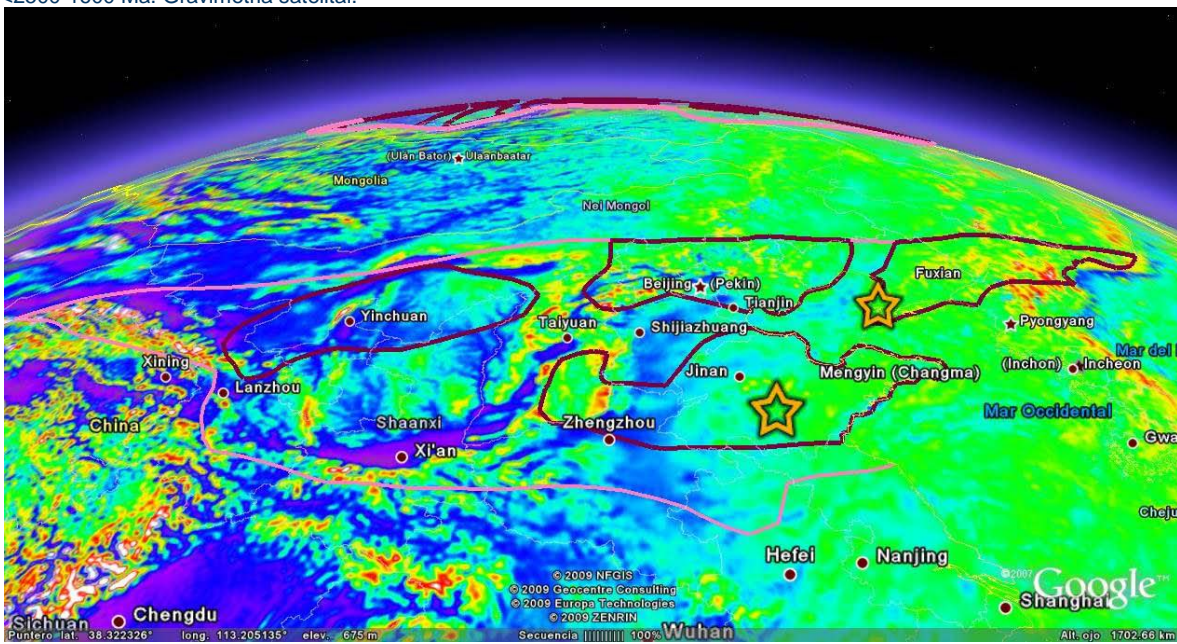


Yakutia (Craton), Conf. Rusa. Estrellas corresponden a minas de diamante. Línea púrpura >2500 Ma y línea rosa <2500-1600 Ma. Gravimetría satelital.



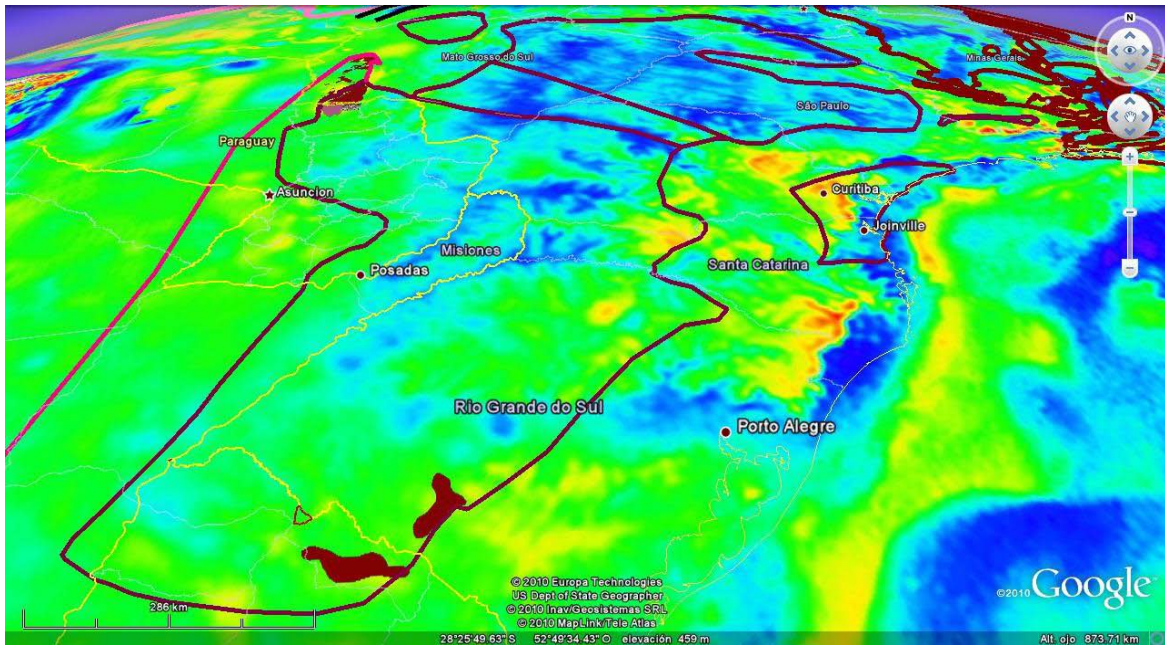


Slave (Craton), Norte de Canada. Estrellas corresponden a minas de diamante. Línea púrpura >2500 Ma y línea rosa <2500-1600 Ma. Gravimetría satelital.



Sinokorean (Craton), China. Estrellas corresponden a minas de diamante. Línea púrpura >2500 Ma y línea rosa <2500-1600 Ma. Gravimetría satelital.





Rio de la Plata (Craton), Sur America. Aun, por el momento, sin minas de diamante. Línea púrpura >2500 Ma y lila rosa <2500-1600 Ma. Gravimetría satelital.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Artemieva, I., 2006. Global 1<sup>o</sup> — 1<sup>o</sup> Thermal model TC1 for the continental lithosphere: Implications for lithosphere secular evolution. *Tectonophysics* 416: 245 – 277.
- Babinski, M.; Fanning, C. M.; Trindade, R.I.F. & Boggiani, P. C., 2008. U-PB SHRIMP Ages from the Neoproterozoic Southern Paraguay Belt: constraining the depositional age and sediment provenance of glaciogenic deposits . 19-21 4TH SHRIMP Workshop, Abstract Volume June 29–July 4-2008, Saint Petersburg, Russia.
- Babinski, M.; Boggiani, P. C.; Trindade, R.I.F. & Fanning, C. M., 2008. U-Pb SHRIMP ages on detrital zircons from glaciogenic diamictites of the Puga Formation, Southern Paraguay Belt, Brazil.
- Clifford, T.N., 1966. Tecto-metallogenetic units and metallogenetic provinces of Africa. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1, 421-434.
- Cordani, U. G.; Cubas, N.; Sato, K.; Nutman, A. P.; Gonzales, M. E. & Presser, J. L. B., 2001. Geochronological constraints for the evolution of the metamorphic complex near the Tebicuary River, Southern Precambrian Region of Paraguay. In: III SSAGI, 2001, Pucon - Chile. III Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, 2001.
- Cordani, U.G.; Tassinari, C.C.G. & Reis Rolim, D., 2005. The Basement of the Rio Apa Craton in Mato Grosso do Sul (Brazil) and Northern Paraguay: a geochronological correlation with the tectonic provinces of the south-western Amazonian Craton. *Proceedings of the 12th Gondwana Conference, Abstracts*, Mendoza, p. 113.
- Cordani, U. G. ; Tassinari Colombo, C.G., Teixeira, W. & Coutinho J. M. V., 2008. Sm-Nd , The Basement of the Rio Apa Craton in Mato Grosso do Sul (Brazil) and Northern Paraguay: Tectonic Implications and Correlations. In: 33rd IGC

- Eaton, D. W.; Darbyshire F.; Evans, R. L.; Grütter, H.; Jones, A. G. & Yuan, X., 2009. The elusive lithosphere–asthenosphere boundary (LAB) beneath cratons. *Lithos*, 109: 1-22
- Gauchera, C.; Finneyb, S.C.; Poiréc, D.G.; Valenciad V.A.; Grovee, M.; Blancoa, G. Pamoukaghliánc K. & Peral, L. G., 2008. Detrital zircon ages of Neoproterozoic sedimentary successions in Uruguay and Argentina: Insights into the geological evolution of the Río de la Plata Craton. *Precambrian Research Volume 167, Issues 1-2, 10: Pages 150-170.*
- Heintz, M.; Debayle, E. & Vauchez, A., 2005. Upper mantle structure of the South American continent and neighboring oceans from surface wave tomography. *Tectonophysics* 406: 115-139.
- Hutchinson, M. 1979. *Geology of the Apá High. The Anschutz Co. Informe Interno. Paraguay.*
- Janse, A.J.A., 1994. Is Clifford's rule still valid? Affirmative examples from around the world. In: Meyer, H.O.A., Leonardos, O. (Eds.), *Diamonds: Characterization, Genesis and Exploration. Dept. Nacional da Prod. Mineral., Brazilia, pp. 215–235.*
- Janse, A.J.A., 1995. A history of diamond sources in Africa: Part I: Gems and Gemology, 228-255.
- Lacerda Filho, J. V. & et.al., 2006. *Geologia e Recursos Minerais do Eestado de Mato Grosso do Sul, Texto Explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul Escala 1: 1.000.000 Campo Grande, 2006. Esc. 1:1.000.000. Goiânia: CPRM, 2006.(Convênio CPRM/SICME).: 144 pag. + mapas.*
- Morgan, P., 1995. Diamond exploration from the bottom up: regional geophysical signatures of lithosphere conditions favorable for Diamonds explorations. *J. of Geochemical Exploration*, 53: 145-165.
- Neves, B.B. de B., 1995. Cratons e Faixas Moveis. *Bol. IG.-USP. Serie. Didact. n-7: 1-187.*
- Presser, J.L.B., 2005a. Diamantes junto al Complejo del Rio Apá (Bloque cratonico Rio Apá), Dpto. de Concepción (Paraguay) frontera con el estado de Mato Grosso do Sul (Brasil). *IV Simposio Brasileiro de Geologia do Diamante, II South American Symposium on Diamond Geology.*
- Presser, J.L.B., 2005b. Perspectivas en relación al diamante en el Paraguay Oriental. *IV Simposio Brasileiro de Geologia do Diamante, II South American Symposium on Diamond Geology.*
- Presser, J.L.B., 2008. Looking for diamond-bearing kimberlites to make world class diamond mines from South America: the Rio Apá Cratonic Block. *IV Simposio de Vulcanismo e Ambientes Associados.*
- Presser, J.L.B., 2010. Blancos para fuentes primarias de diamantes con potencial económico entre Paraguay, Brasil, Argentina y Uruguay (región de la Cuenca del Paraná). En: <http://www.5sbgd.com.br/>.
- Rocha, M.P., 2003. Extension of upper mantle seismic tomography in SE and central Brazil using P waves, *Diss. de Mestrado, IAG-USP, Sao Paulo-Brasil.*
- Schimmel, M.; Assumpcao, M. & VanDecar, J., 2003. Upper mantle seismic velocity structure beneath SE Brazil from P- and, S,-wave travel time inversions, *J. geophys. Res.*, 108(B4), 2191.



Schobbenhaus, C. & Bley de Brito Neves B., 2003. A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana Geology of Brazil in the Context of the South American Platform. p. 5-54 en .Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília, 2003.