

# **POSIBLES EFECTOS DE LA SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE NAZCA EN LA VARIACIÓN SECULAR RESIDUAL (VSR) DEL OBSERVATORIO MAGNÉTICO DE PILAR.**

**Julio César Gianibelli**

**(1)Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.  
Univesidad Nacional de La Plata . Paseo del Bosque S/N, 1900, La Plata, Argentina. TE:  
(0221)4236593/4 ext 132. Email: geofisicogianibelli@yahoo.com.ar**

## **RESUMEN**

El proceso de subducción se detecta principalmente por la profundidad de la expresión de liberación elástica en la región del hipocentro de los terremotos. La placa de Nazca es un ejemplo de ello. Varios Observatorios Magnéticos se encuentran en la superficie de América del Sur donde posibles efectos de la transformaciones geodinámicas y geoquímicas del material a profundidades de mas de 500km son efectuadas cambiando las características geofísicas de movimiento de circulación del manto y en particular de su conductividad. Se dispone de la colección de eventos sísmicos para la región comprendida entre los 10° y -30° de Latitud y entre -50 y -80 de Longitud Oeste, seleccionados por profundidad en dos niveles: nivel 1 entre 300 y 499km y nivel 2 de más de 500km. El objetivo de este estudio es analizar los efectos de las secuencias de terremotos profundos sobre los eventos de Variación Secular Residual (VSR) del Observatorio Magnético Permanente de Pilar (PIL: Lat.-31° 40'; Long. 63° 53' O). La VSR es el valor que se obtiene luego de sustraer el efecto de campo principal representado por el Modelo IGRF11 válido para el intervalo 1900.0 hasta 2015.0 a cada una de las series de valores medios anuales (VMA) de PIL de la declinación D e inclinación I magnética y las componentes horizontal H, y vertical Z e intensidad total F. Estas series de tiempo son corregidas por las variaciones en la banda de periodo de 11 años y 22 años correspondientes al ciclo y doble ciclo solar presentes en los análisis de los VMA de origen externo. De esta manera la VSR representa el efecto de la dinámica del manto en regiones de interacción con corteza en subducción, no representada por el análisis en armónicos esféricos (AAE) del IGRF11 cuyo corte es en el orden 10, dejando los ordenes 11 a 14 posiblemente a efectos de origen aún residente en el núcleo externo de la Tierra y los órdenes comprendidos entre 15 y 21 a anomalías temporales de fuentes residentes al manto. Los órdenes superiores a 21 corresponden a las anomalías de la corteza. Estos resultados fueron obtenidos por los análisis de los datos satelitales del Magsat y Oersted calculando la curva de energía multipolar para cada orden del AAE. Los resultados muestran cambios en la VSR para las secuencias de terremotos entre 1931-1954, 1955-1971, 1971-1982, y 1982-2005 con un coeficiente de correlación de 0.53 para Z; pero en oposición de fase para D; cuando la cantidad de sismos disminuye o aumenta la VSR de D es positiva o negativa respectivamente. Se concluye que estos efectos sobre la VSR están ligados a procesos de variaciones de conductividad en la región de subducción de la placa de Nazca que produce cambios en la difusión del campo principal en superficie, generando una aparente fuente secundaria de campo magnético.

Palabras clave: Geomagnetismo, variación secular, Placa de Nazca, terremotos, subducción .

## **ABSTRACT**

The subduction process is detected mainly by the depth of the expression of elastic liberation in the hypocenter region of earthquakes. The Nazca plate is an example of it. Several Magnetic Observatories are in the surface of South America where possible effects of the geodynamic and geochemical transformations of the material to depths of about 300km are carried out changing the geophysical characteristics of movement of mantle circulation and in particular of its conductivity. It is available the collection of seismic events in the region between 10° and -30° of Latitude and between -50 and -80 of West longitude, selected by depth in two levels: level 1 between 300 and 499km and level 2 of more of 500km. The objective of this study is to analyze the effects of the deep earthquake sequences on the events of Residual Secular Variación (VSR) at the Permanent Magnetic Observatory of Pilar (PIL: Lat. - 31° 40 ' ; Long. 63° 53 ' W). The VSR is the value that are obtained after to remove the effect of main field represented by Model IGRF11 valid for time interval 1900.0 up to 2015.0 to each one of the series of annual mean values (VMA) of PIL magnetic declination D and inclination I, horizontal H and vertical Z components, and total intensity F. These series are corrected by the variations in in the period band of 11 and 22 years corresponding to the single and double solar cycle presents in the analyses of the VMA of external origin. In that way the VSR represents the effect of the dynamics of the mantle in regions of interaction with subduction crust, not represented by the spherical harmonical analisys (AAE) of the IGRF11 which cuts in order 10, leaving orders 11 up to 14

possibly corresponding to effects of origin still resident in the external Earth core and orders between 15 and 21 to temporary anomalies of sources resident in the mantle. The orders superiores to 21 correspond to the anomalies of the crust. These results were obtained by the satellital data analyses of Magsat and Oersted satellites calculating the curve of multi-polar energy for each order of the AAE. The results shows changes in the VSR for the earthquake sequences between 1931-1954, 1955-1971, 1971-1982, and 1982-2005 with a correlation coefficient of 0.53 for Z; but in phase oposition for D. when the amount of earthquakes falls or increases the VSR of D is positive or negative respectively. One concludes that these effects on the VSR are bound to processes of variations of conductivity in the region of subduction of the Nazca plate that produces changes in the diffusion of the main field in surface, generating an apparent secondary source of magnetic field.

Keywords: Geomagnetism, Secular variation, Nazca Plate, earthquakes, subduction.

## INTRODUCCION.

Los efectos del fenómeno de subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Americana y los fenómenos geodinámicos asociados se han comenzado a estudiar con el fin de pronosticar la posibilidad de ocurrencia de terremotos de importante magnitud. Un ejemplo de ello es la información que brinda la Geodesia Satelital a la determinación en superficie de la deformación y sus cambios observada en superficie (Ruegg et.al 2009). El mecanismo de liberación de la energía elástica a diferentes profundidades y su registro por medio de diferentes tipos de redes de sismógrafos permite confeccionar una serie temporal de eventos en función de las coordenadas geográficas, profundidad del hipocentro y magnitud. Esta información sep puede acceder por Internet: [http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic\\_rect.php](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic_rect.php). Por medio de este sitio es posible generar las series de tiempo para estudios de recurrencia y de cantidad acumulada de eventos por intervalo temporal. Frohlihch (2006) estudia los mecanismos de generación de estos terremotos profundos. El objetivo de este estudio es analizar la evolución temporal de la cantidad acumulada de terremotos profundos producidos por la subducción de la de la placa de Nazca detectados a profundidades mayores que 500km y su relación con la Variación Secular Residual (VSR) determinada en el Observatorio Magnético Permanente (OMP) de Pilar, Córdoba (Lat.: 31° 40' S; Long.: 63° 53' O). La VSR se obtiene a partir de los Valores Medios Anuales (VMA) de los elementos magnéticos registrados en el OMP de Pilar desde 1905.5 a 1909.5, a los que se les sustrajo el valor del Campo Geomagnético Internacional de Referencia (IGRF) calculado para este OMP y corregido por efectos del ciclo solar de 11 y 22 años. La serie de temporal de terremotos profundos se generó a partir de los eventos catalogados entre las latitudes de 0° a -40° y longitudes comprendidas entre -40° a -80°. En la Figura 1 se muestran los sismos registrados entre 1973 y 2010 para profundidades del hipocentro entre 200km y 300km; 300km y 500km y más de 500km.

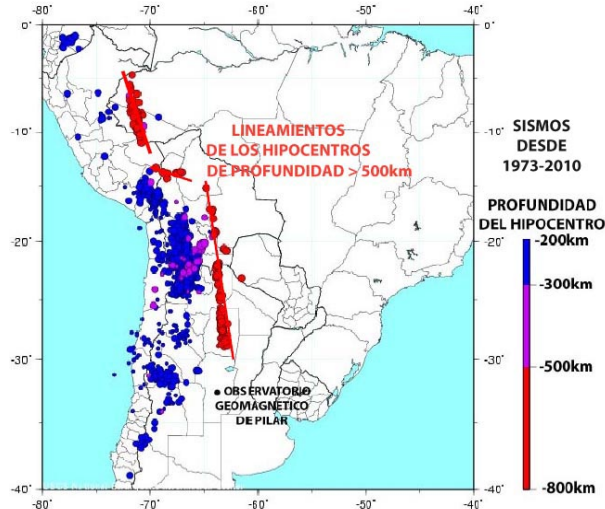


Figura 1: Ubicación de los hipocentros, lineamientos de aquellos con  $H > 500$  km.

Para estos últimos hipocentros se marcaron los lineamientos seguidos en su ubicación lo cual indica cambios en la dirección de la placa Americana en relación de la placa de Nazca subductante, implicando procesos geodinámicos vinculados a la reología a esa profundidad. Esto es observable en las figuras 2 a 7 donde se presenta la profundidad de todos los hipocentros de profundidad mayor que 200 km según la longitud este. Se observa que los nidos hipocentrales se desplazan hacia el Oeste con las mayores profundidades ( $H > 500$  km) observables en la Figuras 3, 4 y 7 respecto de las Figuras 2, 5, y 6. En la Figura 4 se muestra

también la región de cambio de alineación (Fig1) mostrada por la dispersión del nido de hipocentros. En cambio la región de silencio, donde no se presentan hipocentros entre las profundidades de 350 y 500km es variable. Frohlich (2006, chap 7 y sus referencias.) describe diferentes estudios que podrían explicar el mecanismo focal de estos terremotos.

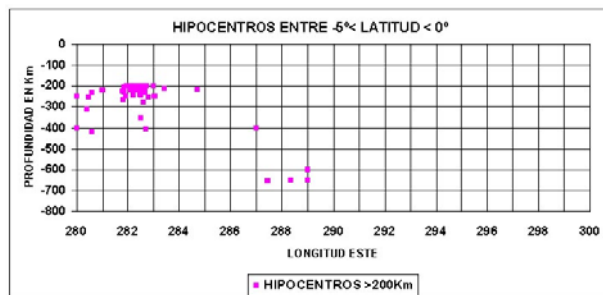


Figura 2. Profundidad de Hipocentros entre Latitudes de 0° y -5°

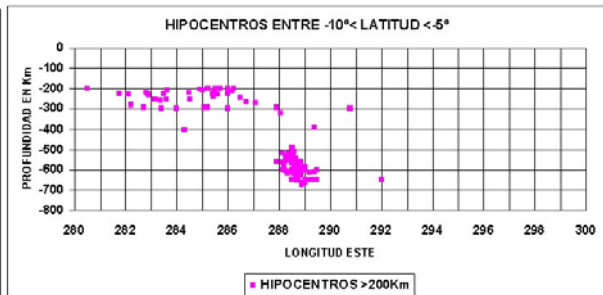


Figura 3. Profundidad de Hipocentros entre Latitudes de -5° y -10°

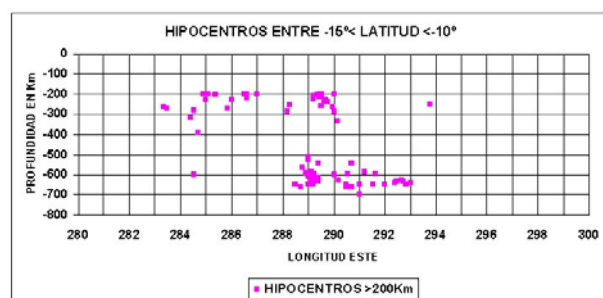


Figura 4. Profundidad de Hipocentros entre Latitudes de -10° y -15°

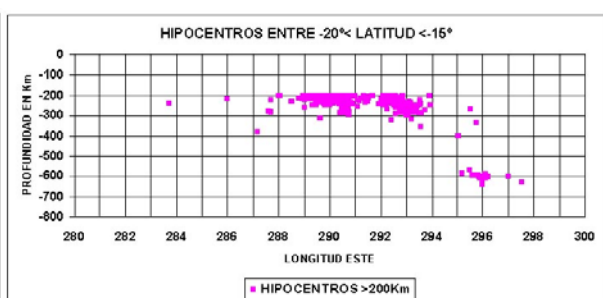


Figura 5. Profundidad de Hipocentros entre Latitudes de -15° y -20°

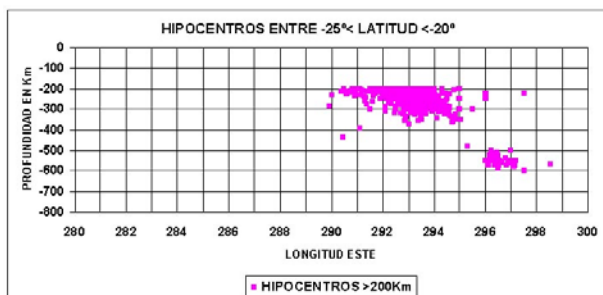


Figura 6. Profundidad de Hipocentros entre Latitudes de 20° y -25°

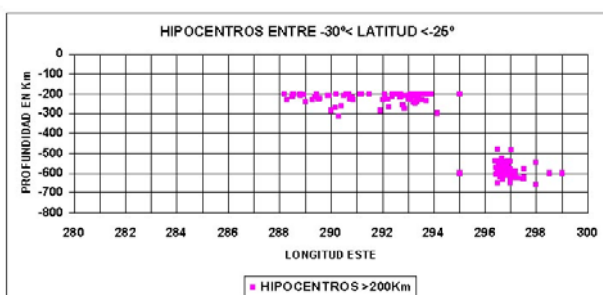


Figura 7. Profundidad de Hipocentros entre Latitudes de -25° y -30°

## ANALISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS.

Se generaron las bases de VMA del OMP de Pilar desde 1905.5 hasta 1909.5 obrantes en la bases de datos mundiales ([http://www.geomag.bgs.ac.uk/gifs/annual\\_means.shtml](http://www.geomag.bgs.ac.uk/gifs/annual_means.shtml)) de los elementos magnéticos D, I, Z, H, y F. Para el mismo intervalo se determinó el IGRF para los mismos elementos (<http://ngdc.noaa.gov/geomagmodels/IGRFWMM.jsp>). Se sustrajo el valor del IGRF y se corrigió la diferencia por las ondas de 11 y 22 años detectadas por análisis espectral. Se calculó la Variación Secular Residual (VSR) y se seleccionaron las componentes Z, D y H para presentar los resultados. La Serie Temporal de Terremotos Profundos (STTP con  $H > 500\text{km}$ ) fue generada a partir de la cantidad de los terremotos acumulada por año. La STTP presenta una tendencia lineal la cual se sustrajo para relacionar los datos con D y H. Las figuras 8 y 9 muestran estos resultados. A la Componente Z y a la STTP le fueron aplicados un filtro pasa bajo para su correlación. Los resultados se muestran en las figuras 10.

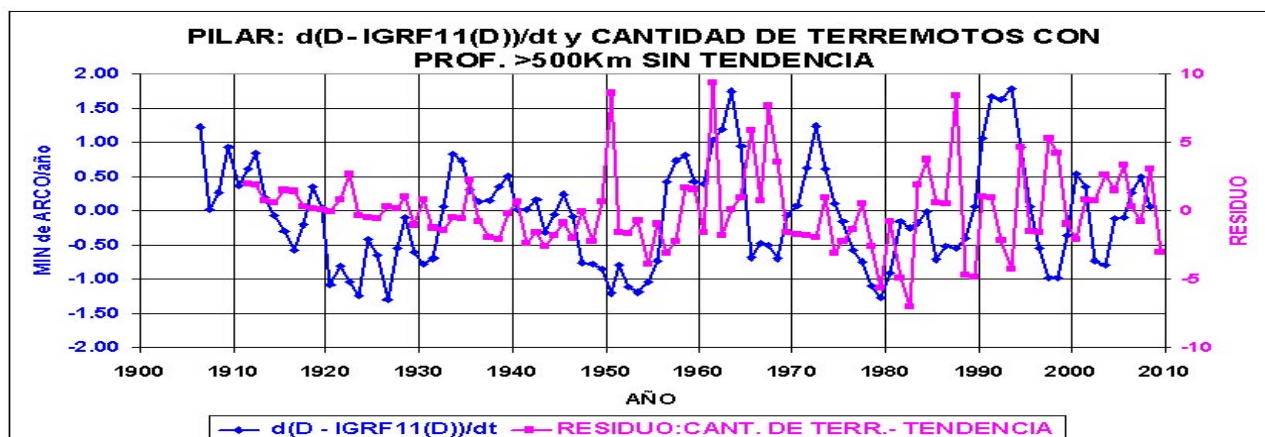


Figura 8. VSR de D y cantidad de terremotos sin tendencia.

Como se puede apreciar en la figura 8, es posible determinar tres eventos: El primero desde 1911.5 a 1948.5 donde la VSR disminuye y es acompañado por el STTP. El segundo desde 1948.5 donde la VSR acompaña a la STTP con los cambio en forma parabólica hasta 1979.5, y a partir de allí el tercero en forma creciente. Se observan dentro de estos eventos procesos de cambios de la VSSR opuesto a los cambios de STTP.

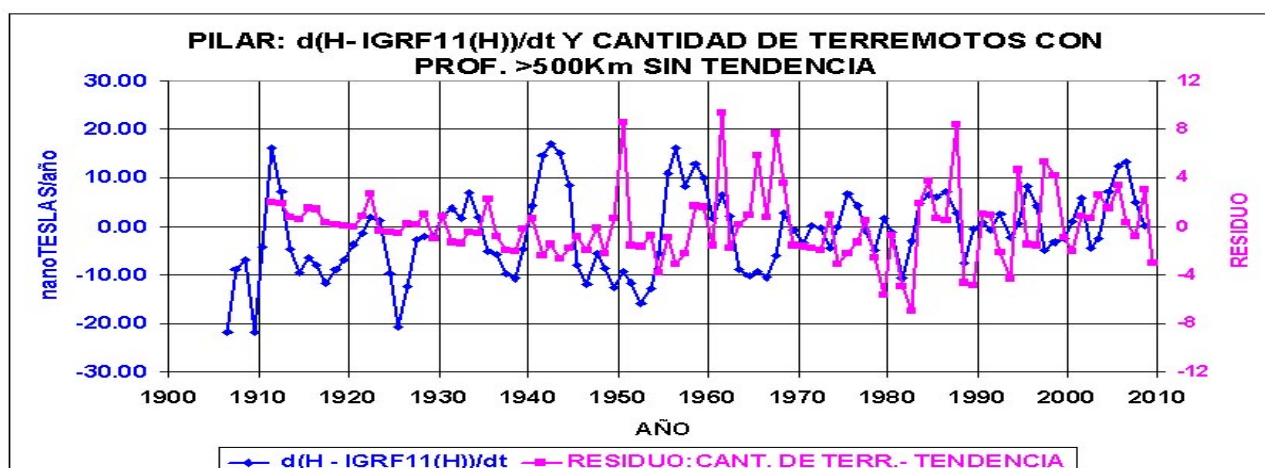


Figura 9. VSR de H y cantidad de terremotos sin tendencia.

En la figura 9 solamente se observan procesos de cambios de oposición de fase acompañados con pocos cambios en fase.

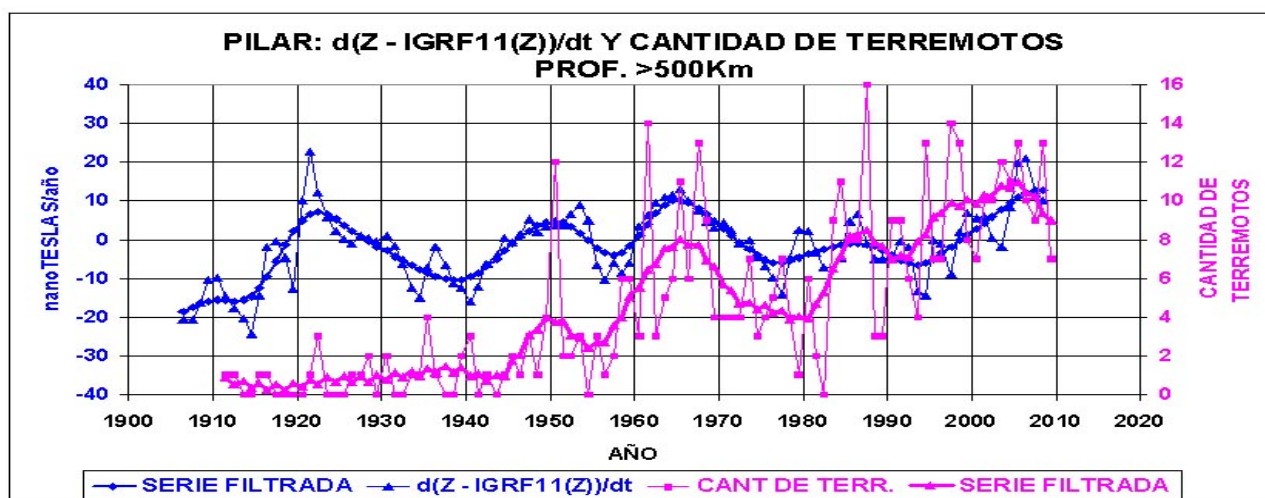


Figura 10. Serie de la VSR y STTP, original y filtradas por un filtro pasa bajos.

De los datos mostrados en la figura 10, se obtuvo una correlación aceptable de .54.

## CONCLUSIONES.

Los cambios producidos en el material del manto a profundidades hipocentrales de  $H > 500\text{km}$ , producto de la subducción de la Placa de Nazca, podrían generar procesos de fundición de dicho material con cambios en su conductividad. La STTP representaría un indicador de estos procesos en la región de  $H > 500\text{km}$ . De esta forma la difusión de las componentes del campo magnético generado en el núcleo externo de la Tierra, registradas en el OMP de Pilar, tendrían cambios en su variación secular por un congelamiento local (Jeanloz 1990 pag. 379). Este fenómeno se presume que ocurre también en la región de acoplamiento entre el manto y el núcleo externo de la Tierra, donde surge la hipótesis de intercambio de material entre estas regiones y que se traduce en cambios de conductividad y cambios en el proceso de difusión (Jeanloz, 1990, fig. 9 pag. 379). Este proceso conduciría a producir los pulsos observables en las componentes del Campo Magnético Terrestre y su relación con los cambios de la velocidad de rotación terrestre, (Jacobs, 1987). Este trabajo se completará con estudios más detallados y comparativos con otros OMP de la región tal como Huancayo (Lat  $12^{\circ} 3' \text{ S}$ ; Long.:  $75^{\circ} 19' 49'' \text{ O}$ ) y Vassouras (Lat.:  $22^{\circ} 24'$ ; Long.:  $43^{\circ} 39' \text{ O}$ ) que contienen series de VMA comparables con las de Pilar.

## REFERENCIAS.

- Frolich, C. Deep.2006. Deep Earthquakes. Cambridge University Press. Cambridge. Pp: 191-294.
- Jacobs, J.A. 1987. The Earth's Core. Academic Press. Pp:267-282.
- Jeanloz, R. 1990. The Nature of the Earth's Core. Ann. Rev. Of Earth and Planet. Sci. Vol 18. Pp: 357-386
- Ruegg, J. C., A. Rudloff, C. Vigny, R. Madariaga, J.B. de Chaballier, J. Campos, E. Kausel, S. Barrientos, and D. Dimitrov. 2009. Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepción in Chile. PEPI, Vol 175, pp. 78-85.