

VARIACIONES GEOMAGNETICAS ATRIBUIDAS A LA CORRIENTE ANILLO ECUATORIAL EN PERIODOS DE TORMENTA MAGNETICA, A PARTIR DE REGISTROS EN OBSERVATORIOS SIMETRICOS EN LATITUD GEOMAGNETICA

María Andrea Van Zele

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) - Dto. de Ciencias Geológicas. Ciudad Universitaria.
C1428EHA Buenos Aires, Argentina. avanzele@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

Las variaciones del campo magnético terrestre registradas durante una tormenta geomagnética son la superposición de variaciones regulares y perturbaciones. Las primeras son debidas principalmente a corrientes en la alta atmósfera generadas por la acción dínamo de un sistema de vientos horizontales; las segundas a corrientes magnetosféricas e ionosféricas causadas por la transferencia de masa y energía del viento solar a la magnetosfera. Entre éstas últimas se destaca la corriente anillo ecuatorial, que circula hacia el oeste con simetría respecto del plano del ecuador geomagnético y en su vecindad; la variación geomagnética que produce ha sido tradicionalmente calculada suponiendo que tiene simetría cilíndrica alrededor del eje del dipolo geomagnético, extrapolándose por tanto que la corriente anillo ecuatorial tiene tal simetría cilíndrica. Los valores symH calculados (por minuto) por el Centro Mundial de Kyoto (Japón) pretenden expresar, con mayor definición temporal que los tradicionales índices Dst (horarios), las variaciones debidas a la corriente anillo ecuatorial. Ambos conjuntos forman sucesiones completas.

En este trabajo se presenta un método que se basa en imponer una condición de simetría a la variación geomagnética que se atribuye a la corriente anillo ecuatorial: una misma variación negativa de la componente norte y variaciones opuestas de la componente vertical, a ambos lados del ecuador geomagnético. Para ello se utilizan la componente norte X y la vertical Z registradas durante tormentas geomagnéticas en pares de observatorios con latitud geomagnética conjugada y similar longitud. Los resultados permiten corroborar que la componente norte condicionada por la simetría ecuatorial depende del tiempo local (de la longitud de los observatorios), mostrando que esta variación no es independiente del ángulo acimutal alrededor del eje dipolar geomagnético (no tiene simetría cilíndrica alrededor de él). De la relación entre las componentes geomagnéticas norte y vertical que satisfacen la condición de simetría ecuatorial impuesta, se deduce que la corriente anillo ecuatorial no es la única que satisface tal condición, sino que los aportes de las variaciones debidas a las corrientes de la magnetopausa, de la cola magnética, de la cuña auroral o las ionosféricas no pueden ser consideradas despreciables. El conjunto de los valores de la variación hallada con la condición de simetría respecto del plano ecuatorial no es completo.

Palabras claves: corriente anillo ecuatorial - índices de actividad geomagnética

ABSTRACT

The geomagnetic field variations recorded on the Earth during a geomagnetic storm are the superposition of both quiet and disturbed variations. The first ones are principally due to currents at the upper atmosphere generated by the dynamo action of a system of horizontal wind. The second ones are due to ionospheric and magnetospheric currents caused by the mass and energy transfer of the solar wind to the magnetosphere. Among these last ones, the equatorial ring current drifts westward, with symmetry in relation with the geomagnetic equator, at 4-7 Re. It produces a geomagnetic variation that has been traditionally calculating assuming that it is symmetric around the dipole axis. The symH values calculated

(each minute) by the WDC-C2 of Kyoto supposedly express, with better definition than the hourly Dst index the geomagnetic variations due to this equatorial ring current.

This work presents a method based on the symmetrical condition imposed to the geomagnetic variations impute to the equatorial ring current: the same negative variation of the north X component and opposite variations of the vertical component, at both sides of the geomagnetic equator. The north X and the vertical Z components recorded during a geomagnetic storm, in pairs of observatories with conjugate geomagnetic latitude and similar longitude are used. The results verified that the conditioned X component (which is comparable with the indices) is not independent of the azimuthal angle around the dipole axis (depends on the local time). From the relation between X and Z conditioned components it is deduced that the equatorial ring current is not the only one satisfying the symmetry imposed, but variations due to the currents at the magnetopause, the magnetic tail, the auroral wedge or the ionospheric ones can not be ignored. The set of values of the conditioned variations by the equatorial symmetry is not complete.

Keywords: equatorial ring current - geomagnetic activity index.

INTRODUCCION

El campo geomagnético se origina en el núcleo fluido del planeta y en menor proporción por la presencia de material magnético en las proximidades de la superficie terrestre. Puede ser expresado como el gradiente de un potencial escalar cuyo término dipolar del desarrollo en armónicos esféricos muestra que el momento magnético del campo principal está inclinado unos 11 grados con respecto al eje de rotación. Es posible, por medio de una rotación, definir el sistema de coordenadas del dipolo inclinado de modo que el eje Z no sea el de rotación sino el del dipolo terrestre (Schulz, 1991). Alejándose de la superficie terrestre hacia el espacio, los términos de orden superior del desarrollo decrecen en importancia relativa al de primer orden (término dipolar geomagnético) (Chapman y Bartels, 1940).

En conjunto, la atmósfera de la tierra es eléctricamente neutra; sin embargo, por encima de los 50 km una pequeña fracción de ella está ionizada. La ionización se produce principalmente por radiación ultravioleta y rayos X emitidos por el sol. La región atmosférica donde la ionización es importante es la ionosfera. Debido a la baja densidad, por encima de los 100 km, las especies ionizadas no se combinan rápidamente y existe permanentemente una población de iones y

electrones libres. Los movimientos convectivos, causados por el calentamiento solar de la alta atmósfera ionizada, bajo la influencia del campo magnético de la tierra, producen corrientes eléctricas que originan variaciones geomagnéticas (Kato, 1980; Heargraves, 1992; Matsushita, 1967). Estas son las variaciones geomagnéticas solares tranquilas (Sq).

La combinación de plasma y campo eléctrico en la magnetosfera permite fluir corrientes eléctricas en ella; pueden identificarse muchos sistemas: la corriente en la magnetopausa, en la cola magnética y la corriente anillo ecuatorial. Las partículas de la hoja de plasma interior y la plasmasfera derivan (corriente de iones hacia el oeste, de electrones hacia el este) en un campo dipolar (no uniforme) conformando la corriente anillo ecuatorial (Heargraves, 1992).

Las perturbaciones geomagnéticas resultan del incremento, modificación o creación de las corrientes ionosféricas (como los electrochorros aurales y el ecuatorial) y las magnetosféricas. La cuña de corriente ionosférica auroral hacia el oeste, y las corrientes de Birkeland (alineadas al campo) que la conectan a la hoja de plasma de la cola magnética durante la fase de expansión de las subtormentas también producen variaciones geomagnéticas.

Todas estas corrientes inducen otras internas (Price, 1967) y como es usual, por simplicidad se supone que las variaciones geomagnéticas que ambas producen son proporcionales. Sin embargo, esta premisa no puede generalizarse en la componente Z.

La corriente anillo ecuatorial se idealiza como un anillo de corriente que fluye hacia el oeste en el plano del ecuador geomagnético a 4-7 radios terrestres. Se intensifica durante las tormentas cuando la componente Z del campo magnético interplanetario se orienta hacia el sur ($B_z(IMF) < 0$), incrementando la densidad de partículas en la hoja de plasma de la cola magnética y acelerándolas hacia la tierra (Daglis *et al.*, 1999).

Una tormenta geomagnética se caracteriza por producir un rápido decrecimiento de la componente norte del campo, medido en latitudes ecuatoriales, bajas y medias de la superficie del planeta, a cualquier hora local, de al menos 50nT, durante un intervalo no menor a 4 horas (fase principal de la tormenta) (Taylor *et al.*, 1994); al decrecimiento le sucede una fase de recuperación, alcanzando los valores no perturbados al cabo de varios días. Los índices de actividad geomagnética asociados a la corriente anillo ecuatorial se calculan a partir de las variaciones de tormenta de las componentes X o H; tradicionalmente el índice Dst (Mayaud, 1980), horario, es la medida de la intensidad de la perturbación producida por una corriente anillo ecuatorial, con simetría cilíndrica (Friedrich *et al.*, 1999), energizada durante la tormenta; más recientemente, el índice symH definido por Iyemori *et al.* (2000) y calculado a minuto, mide una intensidad similar; y el índice asyH pone de manifiesto la máxima asimetría longitudinal en cada instante.

La corriente anillo ecuatorial produce, a latitudes menores que las aurales, una misma variación negativa de la componente norte y variaciones opuestas de la componente vertical, en ambos hemisferios.

LOS DATOS

Se consideran 2 pares de observatorios con latitud geomagnética conjugada y similar longitud geográfica, dado que la corriente anillo no tiene simetría cilíndrica, localizados donde el ecuador geográfico está alejado del geomagnético.

		lat. geog.	long. geog.	lat. geom. λ
Trelew	TLW	-43°14.9'	294° 41.1'	-32°
San Juan	SJG	18° 6.8'	293°51.0'	29.4°
aquí denominados observatorios W: TL = TU - 4h				
Charten				
Towers	CTA	-20° 4.8'	146° 15'	-28.2°
Kakioka	KAK	36°25.8'	140° 10.8'	27.2°
aquí denominados observatorios: TL = TU + 10h;				

Con los valores de las componentes H, D y Z registrados cada minuto de los días universales seleccionados (tranquilos y de tormenta) se calculan los promedios cada 5 minutos de las componentes de norte y vertical. Para la selección de tales días se tienen en cuenta los índices de actividad geomagnética Km (Menvielle et Berthelier, 1991), Kp, AE, y Dst (Mayaud, 1980).

Los días más tranquilos (q) de un mes se eligen para este trabajo como aquellos días universales que tienen cada Km $\leq 1+$ (Paris, 2001), cada Kp $\leq 1+$ (Geo-Forschung-Zentrum Potsdam, 2001) y los valores de AE mínimos (<http://swdcdh.kugi.kyoto-u.ac.jp>). Se han estudiado 5 tormentas producidas durante los años 2000 o 2001. Las variaciones de tormenta (componentes X y Z) resultan de restar los valores de las componentes para los días tranquilos (Xq, Zq) a los correspondientes al día de tormenta, suponiendo que durante la perturbación la radiación solar ioniza una alta atmósfera no perturbada donde el movimiento diario regular de iones y electrones subyace aún en los días no tranquilos. Los días tranquilos distan de los de tormenta en menos de 1 mes.

Se presenta como ejemplo la tormenta producida el 31 de marzo de 2001, próximo al

equinoccio, el día tranquilo correspondiente es el 15 de marzo de 2001 (<http://swdcdb.kugi.kyoto-u.ac.jp/aedir/ae1/q/RAE.010315bw.gif>). Los índices AE muestran perturbación auroral en [6:40, 8:30] TU y en [16:00, 17:00] TU. El satélite WIND (http://nssdc.gsfc.nasa.gov/ftp/helper/wind_swe_2m.html; <http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/cdaweb/eval3.cgi>) registra una sucesión de decrecimientos de Bz(IMF) entre las 3:15 y las 8:30TU y de 14:50 a 21:30 TU (entre otros menos notables), no constituyendo una única tormenta aislada; las manifestaciones geomagnéticas serán registradas en la superficie del planeta con una hora de atraso aproximadamente, dependiendo de la velocidad del plasma.

RELACIONES ENTRE LAS VARIACIONES X Y Z DURANTE UNA TORMENTA

Si la corriente anillo ecuatorial tuviera simetría cilíndrica alrededor del eje dipolar geomagnético, los observatorios situados a la misma distancia del ecuador geomagnético pero en distintos hemisferios (con latitud geomagnética conjugada) registrarían en todo el planeta, durante una tormenta geomagnética, el mismo decrecimiento de la componente norte y una variación negativa (positiva) de la componente vertical en el hemisferio sur (norte); se las identificarán como variaciones r en lo que sigue del trabajo.

Entonces, la variación de tormenta en observatorios con latitud geomagnética conjugada puede escribirse como la superposición de 2 contribuciones: la variación r y la que no responde a tal simetría (variación i).

$$\begin{aligned} X_S &= -X_r + X_{iS} \\ X_N &= -X_r + X_{iN} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Z_S &= -Z_r + Z_{iS} \\ Z_N &= Z_r + Z_{iN} \end{aligned} \quad (2)$$

donde

$X_r > 0, Z_r > 0$ hacen referencia a las variaciones r ;

los subíndices S y N hacen referencia a la latitud sur y norte, respectivamente, de los observatorios;

i se refiere a otras variaciones que las r (principalmente debidas a corrientes ionosféricas).

Como la corriente anillo no tiene simetría cilíndrica alrededor del eje dipolar geomagnético (Akasofu and Chapman, 1964; Frank, 1970; Iyemori, 1990; De Michelis *et al.*, 1997), las relaciones (1) y (2) son satisfechas por pares de observatorios con la misma longitud geográfica.

La Figura 1 muestra las variación de tormenta de las componentes norte X y vertical Z (cada 5 minutos) correspondiente al 31 de marzo de 2001 en los observatorios W; la tormenta se produce próxima al equinoccio, de modo que las corrientes i resultan simétricas respecto del ecuador geográfico, pero no simétricas respecto del ecuador geomagnético (dada la distancia entre ecuador geográfico y geomagnético); el decrecimiento de X comienza a las 4:23 TU (0 TL aproximadamente). También puede verse que durante esta primera fase principal $Z_N(W) = Z(SJG) = Z_r + Z_{iN}$ decrece y es negativa, y como $Z_r > 0$, resulta $Z_r < |Z_{iN}|$ y $Z_{iN} < 0$ (ec. 2). A las 6:30TU, Z_N se torna positiva, coincidiendo con la primera recuperación de X.

La Figura 2 muestra las variaciones X y Z en tiempo de tormenta para los observatorios E; el decrecimiento de X comienza a las 4:48 TU (15 TL aproximadamente). También la variación de tormenta $Z_N(E) = Z(KAK)$ permanece negativa desde el inicio de la fase

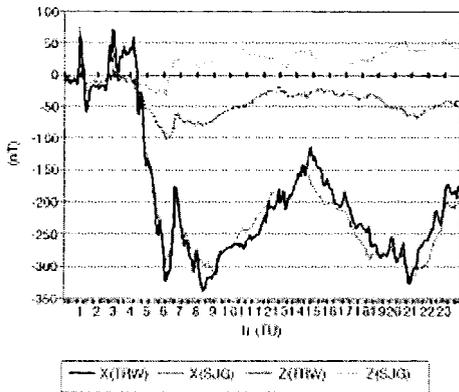


Figura 1. Variaciones en tiempo de tormenta de las componentes norte X y vertical Z (cada 5 minutos) del 31 de marzo de 2001, en los observatorios TRW y SJG.

principal (hasta las 9:00 TU ya iniciada la recuperación de X), mostrando que la variación i es mayor que la r durante un período más extenso que para los observatorios W (en la post-medianoche) durante la fase principal de la tormenta.

De la comparación de las variaciones de las Figuras 1 y 2 surge que los observatorios ubicados a la medianoche (los W) al inicio de la tormenta registran el decrecimiento de la componente norte X antes que los del lado diurno (los E). La mayor asimetría en el decrecimiento de X para los observatorios W

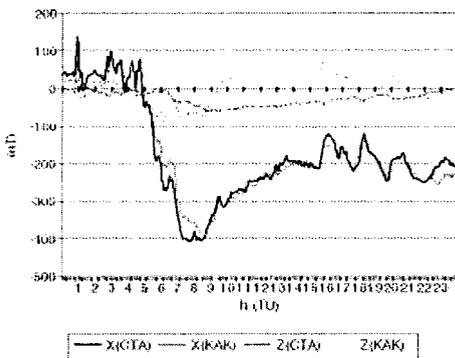


Figura 2. Variaciones en tiempo de tormenta de las componentes norte X y vertical Z (cada 5 minutos) del 31 de marzo de 2001, en los observatorios CTA y KAK.

y E se produce cuando $B_z(\text{IMF}) < 0$: los observatorios ubicados a la mañana durante la fase principal de la tormenta (los W en [7:00, 9:00]TU, los E en [16:00, 22:00]TU) registran un menor decrecimiento de X que los ubicados del lado vespertino. En [5:00,9:00]TU, la componente $Z_N(E)$ recibe ([15:00,19:00]TL) una fuerte contribución de las variaciones i más prolongada que los observatorios W (en la post-medianoche) durante la fase principal de la tormenta.

CONDICIONES DE LIGADURA

- 1.- La corriente anillo varía lentamente debido a los procesos que involucran la deriva y pérdida de partículas en la plasmasfera.
- 2.- Si la geometría de la corriente anillo no varía en un intervalo, es posible escribir

$$X_r = a_r \cdot Z_r \quad (3)$$

donde a_r es una constante positiva dado que X_r y Z_r han sido definidas positivas.

- 3.- Durante los equinoccios, las variaciones i en diferentes hemisferios pueden suponerse proporcionales respecto del ecuador geomagnético, de modo que puede escribirse

$$X_{iN} = c \cdot X_{iS} = c \cdot X_i$$

$$Z_{iN} = k \cdot Z_{iS} = k \cdot Z_i$$

Para dos observatorios con la misma longitud geográfica y latitud geomagnética conjugada, la ecuación (1) puede escribirse

$$\begin{aligned} X_S &= -X_r + X_i && \Rightarrow \\ X_N &= -X_r + c \cdot X_i \\ \Rightarrow X_i &= \frac{X_S - X_N}{1 - c} \\ X_r &= \frac{c \cdot X_S - X_N}{1 - c} = -X_S + \frac{X_S - X_N}{1 - c} \end{aligned} \quad (4)$$

$\forall c \neq 1$

donde

$c = X_{iN} / X_{iS}$ es la relación entre las variaciones i en cada hemisferio;

si $c \rightarrow 1 \Rightarrow X_r \rightarrow \infty$;

si $c \approx 0 : X_r \approx -X_N$;

si $|c| < 1 \Rightarrow |X_{iN}| < |X_{iS}|$;

si $X_S = X_N \Rightarrow X_r = -X_S$ si $c \neq 1$.

Análogamente, la ecuación (2) puede escribirse

$$\begin{aligned} Z_S &= -Z_r + Z_i \\ Z_N &= Z_r + k \cdot Z_i \end{aligned} \Rightarrow$$

$$Z_i = \frac{Z_S + Z_N}{k + 1}$$

$$\Rightarrow Z_r = \frac{Z_N - k \cdot Z_S}{k + 1} = -Z_S + \frac{Z_N + Z_S}{k + 1}$$

$$\forall k \neq -1 \quad (5)$$

de modo que

$Z_i = Z_S$ y $k \cdot Z_i = Z_N$ hacen referencia a otras variaciones verticales que las r (las i) en los hemisferios S y N;

k es la relación entre las variación verticales i en cada hemisferio, principalmente a las debidas a corrientes ionosféricas ;

si $k \rightarrow -1 \Rightarrow Z_r \rightarrow \infty$

si $k \approx 0 \Rightarrow$ el observatorio de hemisferio norte se encuentra bajo el hilo (equivalente) de corriente ionosférica;

si $k < 0 \Rightarrow \text{sg}(Z_{iS}) \neq \text{sg}(Z_{iN})$: las variaciones i son opuestas en distintos hemisferios;

si $|k| > 0 \Rightarrow |Z_{iS}| < |Z_{iN}|$;

si $Z_S = -Z_N$ y $k \neq -1 \Rightarrow Z_r = -Z_S$.

Las variaciones r (X_r , Z_r) determinadas a partir de las variaciones de tormenta calculadas para los observatorios (X_S , X_N , Z_S , Z_N), dependen fuertemente (ec. 4 y 5) del valor a partir del cual estas últimas son medidas (en este trabajo, de X_q y Z_q). Para la tormenta del 31 de marzo, las variaciones de tormenta son prácticamente nulas con anterioridad a las 4:30 TU.

METODOLOGIA

Combinando las ecuaciones (3), (4) y (5) se obtiene

$$X_N = [c] \cdot X_S + [a_r \cdot k \cdot \frac{1-c}{1+k}] Z_S + [\frac{c-1}{k+1} a_r] Z_N \quad (6)$$

Entonces, de las componentes norte y vertical registradas en dos observatorios con latitud geomagnética conjugada y similar longitud geográfica (X_S , X_N , Z_S , Z_N) es posible obtener c , k y a_r ajustando por cuadrados mínimos los coeficientes de la ecuación (6) (entre corchetes); c y k son independientes, $a_r = a_r(c, k)$.

Se calcularon los coeficientes de la ecuación (6) y con ellos se determinaron las ternas c , k , a_r utilizando 3 valores sucesivos (intervalos de 15 minutos) de X_S , X_N , Z_S y Z_N para ajustar cada suma, asignando los valores determinados al intervalo intermedio. Se determinaron valores cada 5 minutos de X_r y Z_r , desechando aquellos que resultan $X_r < 0$, $Z_r < 0$, o $a_r < 0$, dada la simetría de la corriente anillo; y dado que para la determinación de los coeficientes se utilizan valores de intervalos aleatorios. Si un intervalo anterior o posterior a éstos desechados tiene el valor absoluto del segundo término del último miembro de la igualdad (4) mayor que 60nT o de la igualdad (5) mayor que 45nT, tampoco se consideran los valores de X_r y Z_r correspondientes a ese intervalo. Como la corriente anillo ecuatorial es de lenta variación, se desechan valores de X_r y Z_r en los que X_r diste del anterior en más de 40nT; también se desecha un valor que esté precedido y seguido por otros así desechados (similarmente para Z_r con valores que superen los 30nT). Se consideran representativos de las variaciones r los valores no desechados simultáneamente en ambas componentes.

Los valores de $-X_r$ según los criterios anteriormente establecidos son variaciones que satisfacen las condiciones de simetría respecto del ecuador geomagnético y pretenden

representar principalmente a la corriente anillo ecuatorial.

En la Figura 3, para los observatorios W, X_r está definida a lo largo de toda la tormenta, aunque no para cada intervalo de 5 minutos, y como estaba previsto de la ec(4), donde $X_S = X_N \Rightarrow X_r = -X_S$ para todo $c \neq 1$.

Para los observatorios E la fase principal resulta indefinida según se observa en la Figura 4, debido a los valores Z_S y Z_N ; los valores hallados para Z_r no satisfacen la condición de variación lenta. En ese tiempo ([4:00,9:00]TU) para estos observatorios transcurre la tarde.

La Figura 5 muestra la razón $Z_r / X_r = 1 / a_r = \text{tg } I_i$, para los observatorios W y E.

La corriente anillo ecuatorial, representada por un hilo de corriente que circula a varios radio terrestres, debe producir variaciones r tales que I_i resulta mayor que la latitud geomagnética de los observatorios (latitud geomagnética $\lambda \approx 30^\circ \Rightarrow \text{tg } I_i > \text{tg } \lambda \approx 0.57$). En la fase principal de la tormenta la componente Z_r de los observatorios W no es uniforme revelando una fuerte inducción entre la medianoche y el amanecer; sin embargo, a partir de las 9 TU los observatorios W (situados del lado diurno hasta las 22TU) y los E (ubicados del lado nocturno hasta las 20TU)

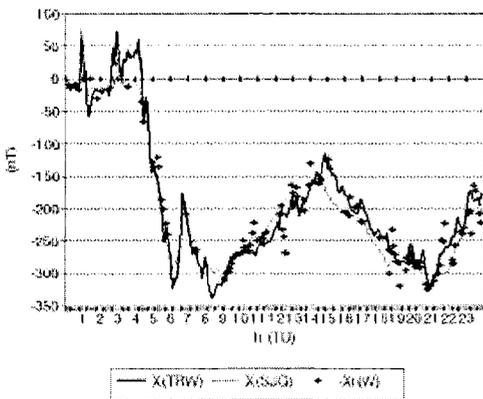


Figura 3. Variaciones en tiempo de tormenta de la componente norte y variaciones r , cada 5 minutos, para los observatorios W, del 31-3-2001.

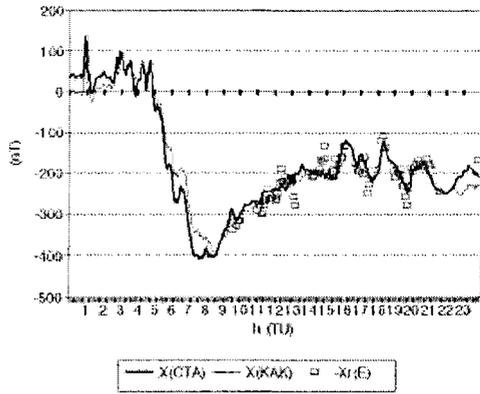


Figura 4. Variaciones en tiempo de tormenta de la componente norte y variaciones r , cada 5 minutos, para los observatorios E, del 31-3-2001.

muestran que tal relación no se cumple pues $\text{tg } I_i \approx 0.2$ (Fig.5); ello puede deberse a que:

- i) circulan, entre los observatorios y el ecuador, corrientes hacia el este que producen variaciones r que se adicionan a las de la corriente anillo: componentes Norte positivas, componente vertical positiva en el hemisferio S (negativa en N);
- ii) circulan, entre los observatorios y la región auroral, corrientes hacia el este que producen variaciones r que se adicionan a las de la corriente anillo: componentes Norte positivas, componente vertical negativas en S (positiva en N);

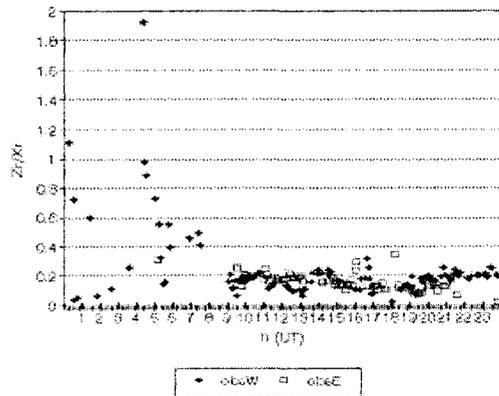


Figura 5. Razón $Z_r / X_r = 1 / a_r = \text{tg } I_i$, para los observatorios W y E el 31-3-2001.

iii) circulan, entre los observatorios y la región auroral, corrientes hacia el oeste que producen variaciones r que se adicionan a las de la corriente anillo: componentes norte negativas, componente vertical positiva en S (negativa en N);

iv) las variaciones X_q y Z_q no son representativas de los efectos de las corrientes ionosféricas convectivas después de la fase principal de la tormenta, cuando aparece el agujero electrónico ionosférico (Hargreaves, 1992);

v) la corriente anillo ecuatorial no circula en realidad únicamente en el plano del ecuador geomagnético, sino que se extiende a lo largo de las líneas de campo magnético plasmasférico que lo atraviesan y elementos de corriente alejados del ecuador colaboran en X_r y Z_r .

La Figura 6 muestra valores de $-X_r$ para los observatorios W y los E, calculados según este método para la tormenta del 31 de marzo de 2001, convertidos al ecuador según la convención tradicional (Mayaud, 1980):

$-X_r / \cos \lambda$. También muestra los índices de actividad geomagnética symH y $\text{symH} \pm \text{asyH}$

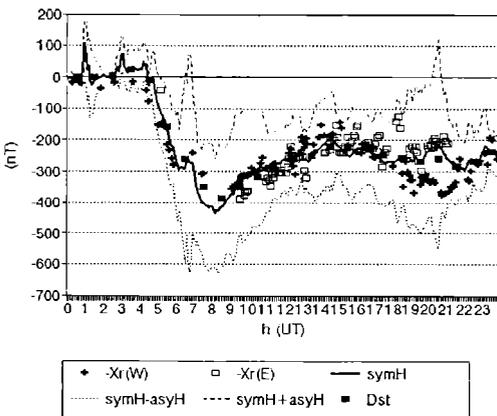


Figura 6. Valores de la variación r convertidos al ecuador según la convención tradicional: $-X_r / \cos 30^\circ$, índices de actividad geomagnética symH y $\text{symH} \pm \text{asyH}$ (cada 5 minutos) y Dst (horarios) para la tormenta del 31 de marzo de 2001.

calculados por el Universidad de Kyoto y los Dst para ese día.

RESULTADOS

a) X_r tiene el mismo valor calculado a partir de c (ec.4) o a partir de k y a_r (ec. 3 y 5), tanto para los observatorios W como para los E;

b) las sucesivas respuestas a los decrecimientos de $B_z(\text{IMF}) < 0$ se asocian a la energización de la corriente anillo durante la fase principal de la tormenta; $-X_r(W)$ detecta las intensificaciones de las variaciones r a las 4:23, 5:18 y 6:58TU (post medianoche) (Fig. 3) que corresponden a 3 de los inicios de $B_z(\text{IMF}) < 0$, aunque a las 6:58TU está en evolución una fase de expansión de subtormenta; el decrecimiento que se observa a partir de las 15TU no se identifica claramente con el comportamiento de $B_z(\text{IMF})$ o con la actividad auroral;

c) no se pudieron determinar las variaciones r en el horario en que $Z_N < 0$ en los observatorios E (Fig. 4); las variaciones r calculadas para los observatorios E durante la noche, a partir del último decrecimiento notable de $B_z(\text{IMF})$ que se produce a las 15:00TU no permiten hacer una asignación de su origen;

d) las variaciones r , expresadas como proporcionales a $-X_r$, no muestran simetría cilíndrica (Fig. 6) dado que en [9:00, 15:00]TU, $-X_r(E) < -X_r(W)$; y que en [15:00, 21:00]TU, $-X_r(W) < -X_r(E)$: las variaciones r entre el mediodía y la medianoche son más intensas que entre la medianoche y el mediodía.

De la comparación con los índices de actividad asociados a la corriente anillo ecuatorial (Fig. 6) queda manifiesto que

i) el índice Dst (horario) no diferencia las 2 primeras intensificaciones de la corriente anillo ecuatorial, como lo hacen los índices symH , o los valores de $-X_r(W)$;

ii) los valores que el método determina para las variaciones r tanto en observatorios W como E, están acotados por $\text{sym}H \pm \text{asy}H$;

DISCUSION

De todas las corrientes que pueden contribuir a estas variaciones la más importante es la corriente anillo ecuatorial, aunque también contribuyen las corrientes de la magnetopausa, de la hoja de plasma, o ionosféricas.

Se supone que

- i) la corriente anillo ecuatorial es de variación lenta;
- ii) las corrientes inducidas producen siempre variaciones proporcionales a las externas (hipótesis no siempre fácil de sostener para la componente Z de tormenta);
- iii) las variaciones de tormenta pueden escribirse como suma de 2 términos: uno satisfaciendo condiciones de simetría respecto del ecuador geomagnético (variaciones r), y otro (variaciones i) (ec.(1) y (2));
- iv) las componentes norte y vertical de las variaciones r son proporcionales (parámetro a_r), variando en términos de minutos (ec.3);
- v) las variaciones i de ambos hemisferios son proporcionales entre sí, tanto en la componente norte (parámetro c) como en la vertical (parámetro k).

El método resulta satisfactorio principalmente cuando las variaciones r son mayores que las i ; la importancia de las segundas se observa en los valores $Z_N < 0$ durante la fase principal de la tormenta cuando muchos valores deben ser desechados.

El método es aplicable cuando el par de observatorios no tiene componentes X_i iguales ($c \neq 1$), ni componentes Z_i opuestas ($k \neq -1$), lo que podría suceder con frecuencia durante los equinoccios si se consideraran observatorios ubicados donde la latitud geomagnética y geográfica coincidieran.

Los valores iniciales a partir de los cuales se mide la variación de tormenta en cada ob-

servatorio, influyen en la determinación de las X_r y Z_r (ec.4 y 5); de las tormentas estudiadas, la del 31-3-2001 es la que tiene los valores previos al inicio más próximos a cero y no faltan registros.

Este método no permite obtener una sucesión completa de valores para las variaciones r , pues la consideración de la componente Z pone en evidencia que los efectos de las corrientes ionosféricas durante la fase principal, en observatorios diurnos, son los más importantes. Los criterios para desechar valores (las cotas para considerar que la variación es o no lenta) son subjetivos.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta un método para determinar variaciones geomagnéticas (aquí denominadas r), que deben satisfacer condiciones de simetría características de la corriente anillo ecuatorial. Las variaciones en tiempo de tormenta de la componente norte u horizontal de SJG y KAK participan (aunque no son deducidas en idéntica forma) en la definición del índice Dst que tradicionalmente representa a las variaciones debidas de la corriente anillo ecuatorial. De la comparación de $-X_r$ con $X(\text{SJG}) = X_N(W)$ o con $X(\text{KAK}) = X_N(E)$ (Fig. 3 y 4) se observa que otras variaciones (aquí llamadas X_{Ni}) son consideradas para la obtención de los índices (ec.1 y 2).

Las variaciones $-X_r / \cos \delta$ son comparables a los índices (Fig. 6), y ponen de manifiesto la falta de simetría de las variaciones r , lo que, por su forma de cálculo, es ignorado por los índices pues suponen una variación con simetría cilíndrica alrededor del eje del dipolo geomagnético.

Los índices de actividad geomagnética $\text{sym}H$ y Dst son una sucesión completa (a minuto los primeros, cada hora los últimos); los valores de $-X_r$ no lo son (Fig. 6), pues por su definición están afectados por los fenómenos de inducción en la componente Z.

La consideración de la componente vertical Z en tiempo de tormenta en este método pone de manifiesto (Fig. 5) que la corriente anillo ecuatorial no es la única que contribuye a $-X_r$, sino que los aportes de las variaciones debidas a las corrientes de la magnetopausa, de la cola magnética, de la cuña auroral o las ionosféricas no pueden ser consideradas despreciables. Sin embargo este método no permite diferenciar las distintas contribuciones a las variaciones r .

Agradecimientos: La autora agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) por hacer posible el trabajo; a la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP) por los datos de Trelew; al GIN de Edimburgo (Scotland-British Geological Survey) por los datos de Charten Towers y Kakioka; a Golden, Colorado (US Geological Survey) por los datos de San Juan de Puerto Rico; al Centro Mundial de Datos WDC-C2 de Kyoto (Japon) y al Service International des Indices Geomagnetiques (Francia) por los índices de actividad aquí utilizados; y a la NASA (EEUU) por los datos del satélite WIND.

REFERENCIAS

- Akasofu, S.I. and S. Chapman, 1964. On the asymmetric development of magnetic storm fields in low and middle latitudes. *Planet. Space Sci.* 12:607.
- Araki, T., T.Kamei and M. Iyemori Takeda, 2000. Mid-latitude geomagnetic indices 'ASY' and 'SYM' for 1999 (provisional); <http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/eaasy/asy.pdf>.
- Chapman S. and J. Bartels, 1940. *Geomagnetism II*. Oxford at the Clarendon Press.
- Daglis J., R.M. Thorne, W. Baumjohann and S. Orsini, 1999. The terrestrial ring current: origin, formation, and decay. *Rev Geophys*, 37:407-438.
- De Michelis, P., I.A. Daglis and G. Consolini, 1997. Average terrestrial ring current derived from AMPTE/CCE-CHEM measurements. *Journ. Geophys. Res.*, 102:14103-14111.
- Frank, L.A., 1970. Direct detection of asymmetric increases of extraterrestrial 'ring current' proton intensities in the outer radiation zone. *Journ. Geophys. Res.*, 75:1263.
- Friedrich E., G. Rostoker and M.G. Connors, 1999. Influence of the substorm current wedge on the Dst index. *Journ. Geophys. Res.*, 104(A3):4567-4575.
- Geo-ForschungsZentrum Potsdam, 2001. Geomagnetic Planetary Indices, March 2001 - IAGA International Service of Geomagnetic Indices.
- Hargeaves J.K., 1992. *The solar-terrestrial environment*; Cambridge Atmospheric and Space Science Series; Cambridge University Press.
- Iyemori T., 1990. Storm-time magnetospheric current inferred from mid latitude geomagnetic field variations, *J. Geomagn. Geoelect.*, 42:1249.
- Kato S., 1980. *Dynamics of the upper atmosphere*; Center for Academic Publications Japan/Tokyo; D.Reidel Publishing Company.
- Mayaud P.N., 1980. Deviation, meaning, and use of geomagnetic indices. *Geophysical Monograph American Geophysical Union*. 22:115-129.
- Matsushita S., 1967. Solar quiet and lunar daily variation fields; in *Physics of geomagnetic phenomena*, ed. by S.Matsushita and W.H. Campbell; vol.I, Academic Press.
- Menvielle M. and A. Berthelier, 1991. The K-derived planetary indices: description and availability. *Rev. Geophys.*, 29(3):415-432.
- Paris J., 2001. Bulletin mensuel 01-03-mars 2001. Bureau des Publications du Service International des Indices Geomagnetiques. France.
- Price A.T., 1967. Electromagnetic induction within the earth, in *Physics of geomagnetic phenomena*, ed. by S.Matsushita and W.H.Campbell; vol.I, Academic Press.
- Schulz M., 1991. The magnetosphere, in *Geomagnetism*, ed by J.A.Jacobs, vol.IV, Academic Press.
- Taylor J.R., M. Lester and T.K. Yeoman, 1994. A superimposed epoch analysis of geomagnetic storms. *Ann. Geophys.*, 12:612-624.
- WDC-C2 for Geomagnetism, 2001. Kyoto University, Hourly equatorial Dst values (provisional). March 2001. Bulletin mensuel 01-03-mars 2001. Bureau des Publications du Service International des Indices Geomagnetiques.

NORMAS E INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

GEOACTA está editada por la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. Está constituida por secciones independientes, en cada una de las cuales se publican trabajos originales e inéditos y que no se encuentren en evaluación simultánea en otras revistas, en forma de artículos o notas a los distintos dominios de la Geofísica, Geodesia, Geología, Vulcanismo, Oceanografía, Geografía, Meteorología, Geoquímica y temas con aplicación al medio ambiente. El Consejo Editorial con la colaboración de otros especialistas en los distintos campos de la ciencia, considera el valor de cada uno de los originales entregados por los autores y decide sobre la conveniencia o no de su publicación (de los que, en cada caso informa al autor o autores), la sección en que se incluirá el artículo aceptado y el orden de publicación del mismo dentro de cada volumen.

GEOACTA se publica una vez por año. Los trabajos deben ser originales y presentarán datos, interpretaciones o síntesis no publicadas con anterioridad. En caso de ser aceptados, los trabajos pasarán a ser propiedad intelectual de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas.

Los idiomas oficiales de GEOACTA son el Español e Inglés. Los trabajos en Español llevarán un RESUMEN en este idioma y con el objeto de asegurar la máxima difusión de los trabajos, un ABSTRACT en inglés. Los trabajos en Inglés llevarán un ABSTRACT en Inglés y un RESUMEN en Español.

Los autores pueden presentar trabajos en cualquiera de las siguientes opciones.

Trabajos de Investigación: corresponden a contribuciones originales dentro de la temática general de GEOACTA.

Notas Breves: contribuciones cortas cuyo objetivo es dar a conocer hallazgos importantes que merezcan su pronta publicación o para presentar nuevas técnicas o datos realmente significativos. No deberán superar las cuatro hojas escritas a doble espacio, incluyendo figuras y bibliografía.

Discusiones y Réplicas: los comentarios y discusiones sobre trabajos publicados en GEOACTA serán considerados muy favorablemente y son demostrativos de un marcado interés por el progreso de la ciencia pero donde primen el respeto y la tolerancia por la diversidad de opiniones. Los mismos deben identificar claramente la cita completa del trabajo. Una copia de la Discusión será enviada al primer autor del artículo en cuestión para su respuesta. Tanto la Discusión como la Réplica serán publicadas en forma conjunta en el próximo número de GEOACTA.

Comentarios de Libros: son análisis técnicos de libros de edición reciente y temática acorde a los objetivos de GEOACTA

PRESENTACION DE TRABAJOS

Los manuscritos pueden ser elevados en formato electrónico (preferentemente) o impresos de acuerdo con las siguientes instrucciones. No obstante, en breve se implementará el Sistema Electrónico Editorial (SEE) único para la presentación de trabajos

Formato Electrónico

Los trabajos podrán ser enviados por correo electrónico (preferentemente) o por envío postal en CD, Zip o Diskettes al Editor o co-Editor. La versión electrónica del manuscrito debe, en términos generales, seguir el mismo formato de la versión impresa, pero los archivos deben ser estructurados y nombrados de la siguiente forma:

Un archivo conteniendo el texto del trabajo, incluyendo los resúmenes, referencias, las tablas y leyendas bilingües de figuras y tablas escritos en procesador de texto WordPerfect o Word. El nombre del archivo incluirá el apellido del autor y la palabra "Texto". En caso de más de un autor se incluirá "et al": Pérez et al Texto.doc (o .wpd)

Un archivo por cada figura, preferentemente en formato Corel Draw, Adobe Illustrator, jpg o tif. El nombre seguirá el

INSTRUCTIONS TO THE AUTHORS

GEOACTA is published by the Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. It is formed by independent sections. Each one contains original articles or technical notes that are not simultaneous presented for evaluation to other journals. The subject of the articles are from the following Sciences: Geophysics, Geodesy, Geology, Vulcanism, oceanography, Geography, Geochemistry and related themes form the environment. The Editorial Committee, with the collaboration of specialist from the different sciences, evaluate the originality of the work and decide the section where the accepted contribution will be published and its order.

GEOACTA is published once a year. Papers must be original and will present data, interpretations and/or synthesis unpublished or submitted elsewhere. If accepted, papers become copyright of the Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas.

Official languages of GEOACTA are Spanish and English. Papers in Spanish will have a RESUMEN in this language and, with the object to insure its maximum diffusion, they will also include an ABSTRACT in English. Papers in English will have an ABSTRACT in this language and a RESUMEN in Spanish.

Authors may submit papers in any of the following options.

Research Papers: they are original contributions within the general subject of GEOACTA.

Short Notes: short contributions directed to inform of important discoveries that require immediate publication or to present new techniques or significant data. Short notes will have less than 4 pages typed in double space, including figures and references.

Discussions and Replies: comments and discussions about papers published in GEOACTA will be encouraged and they are a demonstration of remarkable concern for the progress of science, but with respect and tolerance of the diversity of opinions. Discussions must clearly identify the complete citation of the paper. A copy of the Discussion will be sent to the first author of the paper being discussed for his/her reply. Both the Discussion and Reply will be published together in the next available issue of GEOACTA.

Book Reviews: they technical analysis of recent published books which subject is related to the objectives of GEOACTA

MANUSCRIPTS

Manuscripts can be submitted either in electronic format (preferable) or in print according to the following instructions. Nevertheless, in short, the Sistema Editorial Electrónico (SEE) will be implemented and it will be the only means for paper submission.

Electronic Format

Papers can be submitted either by e-mail (preferable) or by regular mail in CD, Zip or Diskettes to the Editor or co-Editor. The electronic version of the manuscript must follow, in general terms, the same format of the printed one, but the files should be structured and named according to:

One file with the text, including abstracts, references, tables and table and figure captions prepared in a text editor such as WordPerfect o Word. File name will include the name of the first author and the word "Text" (if more than one author use "et al"): Pérez et al Text.doc (or .wpd).

One file for each figure, preferably in format Corel Draw, Adobe Illustrator, jpg or tif. The name of the file will follow the same format indicated for the text file, but include "Fig" and the number of the figure: Pérez et al Fig 1.cdr (or .jpg or .tif)

One file where the text, figures and tables (with their respective captions) integrated in the place where the authors suggested location in format Acrobat Reader. The name of the file will follow the same format indicated for the text file, but include "Ms": Pérez et al Ms.pdf. If the paper is sent by regular mail, it must include a printed copy of the file: Pérez

mismo formato que para el caso de texto, pero llevará la palabra "Fig" y el número de figura: Pérez et al Fig 1.cdr (o .jpg o .tif)

Un archivo donde se haya integrado en el texto, las figuras y las tablas, ambas con sus leyendas respectivas en el sitio donde los autores sugieren que deberían ubicarse, en formato Acrobat Reader cuyo nombre se escribirá de la siguiente forma: Pérez et al Ms.pdf. En el envío postal se debe incluir una copia impresa del ms incluido en el archivo Pérez et al Ms.pdf. En caso de no contar con el software para generar un archivo pdf, se debe enviar el archivo integrado en formato WordPerfect o Word.

Formato Impreso

Dado que el sistema electrónico de presentación de trabajos está en pleno funcionamiento, sólo en casos excepcionales se aceptarán trabajos en formato impreso. En caso de no poder acceder al sistema electrónico, se aceptará la recepción de un CD con los archivos siguiendo las normas antes indicadas.

En la situación fuertemente justificada en que no se pueda cumplir con el envío electrónico o un CD, se enviarán por correo tres copias de buena calidad. En caso de que el trabajo incluya fotografías, el autor debe enviar para el arbitraje dos juegos de fotos originales o fotocopias láser. No se aceptarán fotocopias comunes de fotografías.

Los manuscritos deben ser escritos a doble espacio, no deben exceder las treinta (30) páginas tamaño IRAM A4 (210 x 297 mm) o similar, incluyendo tablas, figuras y referencias bibliográficas, y dejando 2,5 cm en todos los bordes. En casos especiales el Editor podrá aceptar trabajos más extensos.

CRITERIOS EDITORIALES

Los trabajos serán sometidos a dos arbitrajes como mínimo por los miembros del Comité Editorial Asesor y/o revisores externos de reconocido prestigio. En función de la opinión de los revisores, el Editor tomará la decisión definitiva sobre el mismo.

Una vez aceptado el trabajo, el autor deberá enviar el manuscrito final en versión electrónica según las instrucciones indicadas anteriormente. El autor recibirá en formato electrónico las pruebas de galera a los efectos de indicar posibles errores o modificaciones menores del texto. Cambios significativos al trabajo en esta etapa solo serán aceptados a discreción del Editor y los posibles costos de esos cambios deberán ser abonados por el autor.

Los autores de los trabajos deberán abonar una suma fija definida por GEOACTA, la que será eximida si uno o más de los autores es miembro de la misma.

TEXTO

Numerar todas las páginas en forma consecutiva de acuerdo al siguiente ordenamiento:

Primera Pagina:

Títulos y autores con sus direcciones y correo electrónico

Segunda Página y Consecutivas:

Resumen y Abstract (trabajos en castellano)

Abstract y Resumen (trabajos en inglés)

Palabras claves y keywords

Texto

Agradecimientos

Referencias bibliográficas

Leyendas bilingües de las tablas

Tablas

Leyendas bilingües de las figuras

Figuras

La página del título y autores deberá contener el título del trabajo, el nombre del o los autores, sus domicilios institucionales y e-mails. Se deberá indicar a qué autor se enviarán las pruebas de galera y cualquier otra comunicación, como asimismo a qué autor se podrán requerir las separatas del trabajo. Se aconseja enviar los números de teléfono y fax del autor a cargo de las comunicaciones con la editorial.

Los resúmenes y abstracts no deberán exceder las quinientas (500) palabras.

et al Ms.pdf. In the case that the author has no access to software that allows generating a pdf file, the integrated files should sent in either Wordperfect or Word format.

Printed Format

Since the electronic system for submitting paper is active, only in exceptional cases we will accept printed versions. The previous options is to submit a CD including all files following the electronic format.

If either the electronic submission nor the CD cannot be accomplished in a fully justified manner, then three copies printed in high quality paper must be sent by regular mail. In the case the paper includes photographs; the author must also submit two sets of prints or good quality laser photocopies. Common photocopies of the photos will not be accepted.

Manuscripts must be typed double spaced, up to thirty (30) pages in length including tables, figures and references. Paper size should be A4 (210 x 297 mm) or similar, leaving 2.5 cm in all margins. Longer papers could be accepted under special circumstances by the Editor.

EDITORIAL CRITERIA

All submitted papers will be reviewed by at least two members of the Editorial Board and/or external referees of recognized prestige. Based on the reviewers opinions, the Editor will take the final decision about it.

When the paper is accepted, the author must submit its final version in electronic format following the instructions provided previously. The author will receive the electronic format of the galley proofs to check for possible mistakes or minor modifications to the text. Major changes to the paper at this stage will only be accepted at the sole discretion of the Editor and the possible extra expenses that may result must be covered by the author.

There is a fix charge per paper defined by GEOACTA. Although, this charge is waived if one or more of the authors is a member of the Asociación.

TEXT

Number all pages consecutively according to the following order:

First Page:

Title and authors including addresses and e-mails

Second and following pages:

Resumen and Abstract (papers in Spanish)

Abstract and Resumen (papers in English)

Palabras claves and keywords

Text

Acknowledgements

References

Bilingual captions of the tables

Tables

Bilingual captions of the figures

Figures

Title page must include the paper title, authors and their institutional addresses with their e-mails. Indication of the corresponding authors if other of the first author. It is advisable to have the telephone and fax numbers of the corresponding author. Resúmenes and abstracts will be less than five hundred (500) words.

Up to five (5) palabras claves and keywords. In short a list of suggested keywords will be included in the web page of the Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. Keywords should be arranged in order of importance, with the geographical area always last.

Text can be divided in primary, secondary and tertiary parts. PRIMARY TITLES are full capital letters, in bold and centred in the page. Secondary titles are in upper and lowercase, in bold and left justified. Tertiary titles are in upper and lowercase, in bold and incorporated in text. Titles will not include numbers or letters.

The purpose of the paper must be clearly stated in the introduction. Acknowledgements will go immediately after the text with a Tertiary title.

Hasta 5 palabras claves y keywords. En breve se incluirá en la página web de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas un listado de palabras claves sugeridas. Las mismas deberán estar ordenadas por su importancia, con el lugar geográfico al final.

El texto puede ser dividido en partes principales, secundarias y terciarias. Los TÍTULOS PRINCIPALES se colocarán en letra mayúscula, resaltados y centrados en la página. Los títulos secundarios serán colocados en mayúscula y minúscula, resaltados, contra el margen izquierdo. Los títulos terciarios irán en mayúscula y minúscula, resaltados e incorporados al párrafo. Los títulos no deberán ser precedidos por números o letras.

El propósito del trabajo debe estar claramente expuesto en la introducción. Los agradecimientos se colocarán inmediatamente después del texto, con un título de jerarquía terciaria. Notas al pie de página no serán aceptadas.

Todos los términos no estándar o siglas deben ser definidos durante su primer empleo.

Se utilizará el Sistema Internacional de Medidas para informar datos. Otras unidades pueden ser presentadas entre paréntesis o como unidades primarias cuando no sea posible mostrar su conversión.

Referencias

Al final del texto se colocará una lista alfabética de todos los trabajos citados, que será encabezada por el título principal REFERENCIAS, para los trabajos en Español o por REFERENCES, para los trabajos en Inglés.

En las citas bibliográficas en el texto sólo se usa el apellido sin nombres ni iniciales. Cuando se trata de dos autores, se los nombra separados por "y"; cuando estén involucrados más de dos autores se utilizará "et al.". En las REFERENCIAS se colocarán todos los autores. No debe utilizarse "(op. cit.)" en ningún caso. Algunos ejemplos:

"...(Orfeo, 1992a,b; Barrio y Colfield, 1992; Mazzoni *et al.*, 1991)."

"...de acuerdo con lo manifestado por Flint y Elliot (1992)..."

"...(Cf. Bercowski *et al.*, 1991)..."

"...(ver Fig. 3 de Zuffa y Ori, 1992)..."

Los trabajos en las REFERENCIAS serán colocados en orden alfabético, sin dejar renglones entre citas, respetando los apellidos en el idioma original, sin abreviaturas, sin reemplazarlos por rayas. El primer autor se cita con Apellido e inicial y los sucesivos con inicial del nombre y apellido. El último autor va precedido de "y" o "and" según el trabajo sea en español o inglés, respectivamente.

Ejemplos de formatos:

Lowell Wine, R., 1966. Statistics for Scientist and Engineers. Prentice-Hall, U.K. pp 671.

Dobrin, M., 1961. Introducción a la Prospección Geofísica. Edit. Omega. Argentina. pp 483.

Turcotte, D. and G. Schubert, 1982. Geodynamics. Applications of continuum physics to geological problems. John Wiley & Sons Inc. pp 450.

Hart, B.S., 1995. Delta fornt estuaries. En: Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Perillo G.M.E. (Ed). Elsevier, Amsterdam. 207-226.

Introcaso, A., M.C. Pacino, and H. Fraga. 1992. Gravity, isostasy and andean crustal shortening between latitudes 30° and 35°S. Tectonophysics, 205:31-48.

Miranda, S. y J. A. Robles, 2002. Posibilidades de atenuación cortical en la cuenca Cuyana a partir del análisis de datos de gravedad. Rev. Asoc. Geol. Arg. 57(3): 271-279.

Tablas

Las tablas deberán ser reducidas a un mínimo con información que tenga una relevancia concreta con el trabajo. Simple listados de datos, al menos que sean ampliamente justificados, no serán aceptados.

Las tablas deberán ser numeradas en forma consecutiva con números arábigos y cada una en una hoja diferente dentro del archivo de texto. En caso de ser necesario extender la tabla en varias páginas, deberá indicarse que continúa en cada página.

Footnotes are not allowed. All non-standard terms or acronyms must be defined at first use.

The International System of units is required for reporting measurements. Other units may be reported in parentheses or as primary units when conversion is not possible.

References

At the end of the text an alphabetic list of the referents cited in it will be included with the title REFERENCIAS for Spanish papers and REFERENCES for papers in English.

The references will be cited in the text with the last name and date only. When the reference is with two authors it will be used "y" and with more than two authors "et al." In the References the cites should be complete. "(op. cit.)" will not be used in the text. Some examples:

"...(Orfeo, 1992a,b; Barrio y Colfield, 1992; Mazzoni *et al.*, 1991)."

"...de acuerdo con lo manifestado por Flint y Elliot (1992)..."

"...(Cf. Bercowski *et al.*, 1991)..."

"...(ver Fig. 3 de Zuffa y Ori, 1992)..."

The first autor will be cited with the last name and then the inicial of the names, the following ones will be cited with name initials and then last name. If the reference is in English language it should be used the word "and" and not "y". Some examples:

Lowell Wine, R., 1966. Statistics for Scientist and Engineers. Prentice-Hall, U.K. pp 671.

Dobrin, M., 1961. Introducción a la Prospección Geofísica. Edit. Omega. Argentina. pp.483.

Turcotte, D. and G. Schubert, 1982. Geodynamics. Applications of continuum physics to geological problems. John Wiley & Sons Inc. 450 pp.

Hart, B.S., 1995. Delta fornt estuaries. En: Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Perillo G.M.E. (Ed). Elsevier, Amsterdam. 207-226.

Introcaso, A., M.C. Pacino, and H. Fraga. 1992. Gravity, isostasy and andean crustal shortening between latitudes 30° and 35°S. Tectonophysics, 205:31-48.

Miranda, S. y J. A. Robles, 2002. Posibilidades de atenuación cortical en la cuenca Cuyana a partir del análisis de datos de gravedad. Rev. Asoc. Geol. Arg. 57(3): 271-279.

Tables

Tables should be reduced to a minimum including only information with a concrete relevance to the objectives if the paper. Simple listing of data, unless highly justified, will not be acceptable.

Tables must be numbered consecutively with arabic numbers and provided in a separate page. In case that the table expands more than one page, this must be indicated in each page.

Tables are cited in the text as: "... en Table 1", or "... (Table 1)"

Once the paper is accepted, the author must provide an electronic version of the tables according with the editorial criteria of GEOACTA. Printed tables will not be accepted.

Table captions must be bilingual, typed in double space and in a list at the end of the text.

Figures and Equations

All figures must be designed having the page and column sizes of GEOACTA in mind. Maximum printed size of the figures is 172 x 220 mm for full page or 84 x 220 mm for column width. The figure captions must be included in these dimensions.

Figures must be compact, avoiding large free spaces o lacking information. Maps and geological profiles must have both graphic scales and geographic coordinates.

Computer drawings must be of the highest quality preferably made with Corel Draw, Adobe Illustrator or equivalent. When submitted in print, they must be printed by either laser or inkjet printer.

Las tablas se citan en el texto de la siguiente forma: "... en Tabla 1", o "... (Tabla 1)"

Figuras y ecuaciones

Las figuras deben diseñarse teniendo en cuenta los tamaños de página y/o columna de GEOACTA. El tamaño máximo de impresión para las figuras es 172 x 220 mm para ancho de página o 84 x 220 mm para ancho de columna. El espacio para las leyendas bilingües debe ser incluido en estas dimensiones.

Las figuras deberán ser compactas, evitándose grandes espacios libres o desprovistos de información. Los mapas y los perfiles deberán llevar escala gráfica y coordenadas geográficas.

Las ilustraciones de computadora deberán ser de la más alta calidad de impresión posible, preferentemente realizadas en Corel Draw, Adobe Illustrator o equivalente. Si se envían impresas, las mismas deben realizarse con impresoras láser o de chorro de tinta.

Las letras y números no deben ser menores de 1 mm luego de su reproducción. Las partes de una sola figura pueden ser llamadas (a), (b), (c), etc.

Las figuras compuestas por varias partes deberán ser montadas de modo tal que conformen en lo posible, una sola imagen. Las fotos montadas deben ordenarse de tal manera que no queden espacios en blanco entre las mismas.

Las copias fotográficas deberán ser de buena calidad, en blanco y negro, nítidas, y realizarse en papel brillante de buen contraste, en el tamaño final de reproducción. Las fotos no deben sobrepasar los 84 mm de ancho, ya sean apaisadas o verticales. La escala deberá indicarse con algún elemento cuyas dimensiones se adjuntarán en la leyenda o con una barra de escala.

Láminas de fotos en colores pueden ser publicadas con un costo mínimo extra, a cargo del autor. Se pueden requerir mayores detalles al Editor, previo al envío del manuscrito.

Todas las figuras impresas o papel original deben tener en el reverso el nombre del autor/es y el número de figura.

Los manuscritos impresos enviados por correo normal serán acompañados por fotocopias de buena calidad de las figuras originales, señalándose en forma clara el número correspondiente. Los originales no serán devueltos a los autores después de la publicación, salvo pedido expreso del autor.

Todas las ilustraciones, incluyendo las fotografías, serán denominadas FIGURAS, y en el texto se hará referencia a las mismas como, por ej: "...en la Figura 1 se observan..." o "...ciclos granodecrecientes (Fig. 1), comunes en otras facies". Numerar las figuras en forma consecutiva con números arábigos.

Las ecuaciones deben ser preferiblemente escritas con el editor de ecuaciones del editor de texto elegido. Todas ellas deben estar numeradas correlativamente entre paréntesis y justificadas a la derecha. Las mismas se citarán en el texto como: "ec. (1)"

When reproduced, letters and numbers in figures should be larger than 1 mm. Parts of one figure can be named as (a), (b), (c), etc.

Composed figures must be integrated in such a way as they form one unique figure. In the case of photos, no blank space in between must be allowed.

Photographic prints must be of high quality, black and white, in glossy paper with good contrast and y the final reproduction size. Photos cannot be wider than 84 mm either portrait or landscape. Photos must have some kind of scaling that can be referenced in the caption.

Color plates can be published to a minimum cost to the author. Further details could be requested to the Editor before submitting the manuscript.

All printed figures must have on the reverse the name of the author and the figure number.

Printed manuscript must include high quality copies of the original figures clearly marked with the author name and number. Originals will not be returned unless requested by the author.

All illustrations are Figures and should be referred in the text as, e.g.: "...en la figura 1 se observan..." or "...ciclos granodecrecientes (Fig. 1), comunes en otras facies". Figures must be numbered consecutively with arabic numbers.

Equations should be prepared preferable with the equation editor of the selected text editor. All of them must be numbered consecutively between parentheses and right justified. They will be cited in the text as: "ec. (1)"