

BÚSQUEDA DE RASTROS DE LA CORRIENTE ANILLO EN EL POLO SUR

María Andrea Van Zele y Otto Schneider

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas
y Técnicas

Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

El objetivo del trabajo es establecer si existe relación entre perturbaciones del campo magnético registradas en el Polo Sur y la corriente anillo ecuatorial. La presencia de variaciones positivas y negativas en la componente vertical señala los efectos de corrientes hacia el este o el oeste, respectivamente, a latitudes menores que las del observatorio. Las primeras, más numerosas, muestran la influencia de corrientes ionosféricas aurorales. Las segundas podrían corresponder al fenómeno buscado.

ABSTRACT

The purpose of this analysis is the search for a possible relationship between the equatorial ring current and the disturbances of the geomagnetic field at the South Pole. Positive and negative deviations of the Z-component are on record, indicating currents towards the East and West, respectively, at subpolar latitudes. The former, which are more frequent, can be interpreted as the effect of ionospheric auroral currents, while the latter could be caused by the ring current effect here searched for.

INTRODUCCIÓN

Se utilizan para este estudio registros de valores medios horarios del elemento Z del observatorio Polo Sur ($-78,5^{\circ}$ lat. geom.; 0° long. geom.), comprendidos entre el 1-1-1960 y el 31-12-1971.

El efecto sensible de la corriente anillo ecuatorial en observatorios de baja latitud es la depresión del nivel medio de la componente horizontal H en días de post-perturbación, superada por una recuperación que se percibe nítidamente observando las variaciones de los valores nocturnos de dicha componente en los días sucesivos posteriores a una tormenta. En el Polo Sur, en cambio, debido a la imposibilidad de definir un nivel nocturno se eligen para este trabajo los valores de la componente vertical en las horas más próximas al mediodía geomagnético; en ellas la dispersión calculada al agrupar para una hora dada los valores correspondientes a días tranquilos resulta ser inferior a las demás, y no supera los 20 nanoteslas (Schneider, O., a publicar).

Una corriente de circulación este-oeste (como la corriente anillo magnetosférica) produce en el polo magnético y en la región circumpolar, incluyendo el polo geográfico, un campo magnético cuya componente vertical tiene el mismo sentido que la componente Z del campo principal, por lo que la recuperación en días sucesivos posteriores a una tormenta magnética se percibe como una disminución de su valor absoluto.

CRITERIO DE SELECCION

Como valor representativo de cada día se adopta el promedio z de Z en el intervalo $[14, 17]$ T.U..

Se toma como día perturbado (con criterio de latitud baja o media) a aquéllos que verifican $\sum K_p > 20$, $K_5 + K_6 > 6$ (notando como K_i al i-ésimo valor de K_p del día en cuestión); esta última condición se impone dada la forma de definir el valor de z representativo en el Polo Sur.

Sobre la base de estas definiciones se eligen conjuntos de tres días sucesivos que satisfacen:

a) el primer día es perturbado,

b) los días sucesivos son no perturbados, y el signo de la diferencia de z de cada uno de ellos con el anterior es el mismo en cada conjunto.

Surgen así 126 conjuntos distribuidos en los años en estudio según se muestra en el primer renglón de la tabla 1. De entre ellos, en 22 se manifiesta una disminución de z respecto del valor no perturbado, o sea una desviación semejante al efecto buscado; se distribuyen en los años en consideración como se ve en el segundo renglón de la tabla 1, distribución que indicaría que ese comportamiento es más frecuente con alta actividad solar.

La existencia de 104 conjuntos que satisfacen a) y b), y donde la perturbación produce una disminución del valor absoluto de z en el Polo Sur en días sucesivos posteriores a una tormenta debe ser atribuída a una corriente con sentido de circulación oeste-este; tales conjuntos no serán analizados aquí.

Se consideran en adelante sólo aquellos conjuntos que además de verificar a) y b) satisfacen

$$z(1) < z(2) < z(3) \quad ; \quad |z(1) - z(2)| > |z(2) - z(3)| \quad (1)$$

pues se admite que la recuperación de una componente del campo debida al decaimiento de la corriente anillo puede ajustarse por una función exponencial.

Los conjuntos se distribuyen en los años contemplados como se indica en el último renglón de la tabla 1.

	1960	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	tot
n	14	6	13	11	7	9	12	8	10	6	19	11	126
n_0	3	1	1	-	-	1	-	-	3	2	9	2	22
n_1	3	-	1	-	-	1	-	-	2	2	5	2	16

Tabla 1: distribución, por año, de conjuntos de días de post-perturbación; n : número de conjuntos elegidos; n_0 : número de conjuntos en los que las variaciones resultan de una corriente este-oeste; n_1 : número de subconjuntos de n_0 que satisfacen (1).

PARÁMETROS DE LA RECUPERACIÓN

Polares

La recuperación de z en días de post-perturbación debida al decaimiento de la corriente que produce la perturbación puede expresarse como

$$z(t) = A_z + B_z \exp(-k_z t) \quad (2)$$

donde $z(t=i)$ es el valor del i -ésimo día del conjunto,

A_z es el valor de z a alcanzarse si no existieran perturbaciones posteriores ni variación secular del campo,

B_z una medida de la intensidad de la perturbación,

k_z una medida de la velocidad de recuperación.

Los promedios semestrales de k_z y B_z se indican en la tabla 2, donde SN (solsticio del norte) indica aquellos conjuntos cuyo primer día pertenece al intervalo comprendido entre el 22 de marzo y el 21 de setiembre, y SS (solsticio del sur) los restantes.

semestre	n	\bar{k}_z	σ_k/\sqrt{n}	\bar{B}_z	σ_B/\sqrt{n}
SN	12	1,45	0,2	-249,6	50
SS	4	0,80	0,3	-69,7	20

Tabla 2: parámetros medios semestrales de la perturbación negativa de z en el Polo Sur, y su dispersión.
 $[\bar{B}_z] = [\sigma_B] = nT$; $[\bar{k}_z] = [\sigma_k] = 1/\text{día}$.

De los resultados se infiere que:

-) tal recuperación se observa con mayor frecuencia en invierno que en verano (austral),
-) la intensidad media de las perturbaciones es mayor en invierno que en verano,
-) la velocidad de recuperación es mayor en invierno que en verano.

Ecuatoriales

Las variaciones de la componente horizontal H registradas en el observatorio de Kakioka ($26,4^\circ$ lat.geom.N), donde el intervalo

horario [14,17] T.U. es nocturno (140°11,4' long.geog.E), se ajustan por una función análoga a (2) en los conjuntos que lo admiten entre aquellos 16 que lo hacen en z. La variable h se define como el promedio de los valores H del intervalo mencionado.

Los parámetros \bar{k}_h y \bar{B}_h de los mismos semestres se muestran en la tabla 3.

semestre	n	\bar{k}_h	σ_k/\sqrt{n}	\bar{B}_h	σ_B/\sqrt{n}
SN	8	1,00	0,2	-131,7	37
SS	4	1,33	0,3	-217,7	62

Tabla 3: parámetros medios semestrales de la perturbación de h en Kakioka, y su dispersión.

$$[\bar{B}_h] = [\sigma_B] = nT; [\bar{k}_h] = [\sigma_k] = 1/\text{día}.$$

La magnitud tanto de la depresión característica \bar{B}_h como de la velocidad de recuperación es del orden esperado; a pesar de que el número de datos es insuficiente para dar una interpretación concluyente, puede decirse que \bar{B}_h manifiesta una relación estacional análoga a la de \bar{B}_z (mayor en el invierno que en el verano de su hemisferio).

Se define para cada día el valor d, promedio de los índices Dst del intervalo horario [14,17] T.U.; para cada conjunto de entre los 16 mencionados se calculan análogamente (si es posible) los valores de los parámetros A_d , B_d y k_d que resultan de proponer para d un ajuste análogo a (2). Como sólo responden a él 6 conjuntos: 7 pertenecientes al SN y 1 al SS, no es posible hacer un estudio estadístico semestral.

Respuesta media anual

La respuesta media anual de todos los parámetros de los conjuntos estudiados se muestra en la tabla 4.

Como medida de las variaciones geomagnéticas debidas a corrientes ionosféricas aurorales (electrochorros) se consideran los índices AE (Report UAG-22, 1972), en términos de la variable a, promedio de los índices AE/2 del intervalo [14,17] T.U.

de cada día de un conjunto, ajustada por una función similar a (2) en aquellos conjuntos que lo admiten entre los 16 mencionados. Para un estudio más realista de una hipotética influencia del electrochorro hacia el oeste se necesitaría disponer de índices AL (Mayaud, 1980) calculados sobre la base de datos registrados en observatorios aurorales del hemisferio sur.

variable	n	\bar{k}	σ_k/\sqrt{n}	\bar{B}	σ_B/\sqrt{n}
z	16	1,29	0,2	-204,6	43
h	12	1,11	0,1	-160,4	33
d	8	1,55	0,5	-331,6	173
a	6	1,68	0,7	6816,2	8060

Tabla 4: parámetros medios anuales y su dispersión; z: promedio de los valores horarios [14,17] T.U. de Z en el Polo Sur; h: ídem para H en Kakioka; d: ídem para los Dst; a: ídem para los AE/2. $[\bar{B}] = [\sigma_B] = nT$; $[\bar{k}] = [\sigma_k] = 1/\text{día}$.

La tabla 4 muestra una perturbación media anual para z, h y d; el escaso número de datos de a (1 para SS y 5 para SN) y su dispersión impide una interpretación de su significado.

CONCLUSIONES

Las desviaciones estudiadas y su recuperación pueden ser atribuidas a la corriente anillo ecuatorial, cuando la configuración de las corrientes ionosféricas polares equivalentes es tal que éstas no inciden aditivamente en las variaciones de z.

BIBLIOGRAFIA

- Sugiura, M. y Poros, D.J., 1971; Hourly values of equatorial Dst for the years 1957 to 1970, GSFC Doc. X-645-71-278, Goddard Space Flight Center.
- Report UAG-22, 1972; Auroral electrojet magnetic activity indices for 1970, World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics.
- Mayaud, P.N., 1980; Derivation, meaning and use of geomagnetic indices; American Geophysical Union, 96-115.