

AURORAS DE BAJA LATITUD

Otto Schneider

**Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas
y Facultad de Ciencias Exactas y
Naturales, Universidad de Buenos Aires**

RESUMEN

Se insiste en la conveniencia de compilar una información más amplia acerca de las características y extensión geográfica de las auroras de bajas latitudes, para así posibilitar un análisis de su relación con el espectro de energía de las partículas precipitadas que las causan. Los datos disponibles hasta el presente, incluyendo los históricos, no son suficientes para este fin. Como aporte a tal efecto se describe el resultado de una encuesta realizada en el país con motivo de los eventos excepcionales acaecidos entre el 13 y el 15 de marzo de 1989, en cuya ocasión se observaron auroras avanzadas hasta cerca de los 25°S de latitud geomagnética.

ABSTRACT

To render possible an analysis of the relationship between the characteristic features and extent of low-latitude auroras and the energy spectrum of the precipitated particles causing them, it is necessary to compile a larger volume of data; the information presently available, including historical reports, is insufficient for that purpose. As a contribution to this end we describe the outcome of an inquiry carried out in Argentina on occasion of the exceptional events of March 13 to 15, 1989, which gave rise to auroras observed as far North as 25°S geomagnetic (dipole) latitude.

1. INTRODUCCION

La morfología de las auroras (impropiamente llamadas "polares") depende, entre otros factores, del espectro de energía de los protones y electrones que causan la excitación de determinados átomos y moléculas (principalmente del oxígeno y nitrógeno) presentes en la alta atmósfera terrestre, por lo general a la altura de las regiones E y F ionosféricas. Estas partículas precipitadas desde la magnetosfera provienen, en última instancia, del viento solar, el que, teniendo un espectro energético ya de por sí variable desde su origen en el Sol, experimenta modulaciones al atravesar el campo magnético interplanetario. Su penetración en la magnetosfera y distribución en ella por efecto del campo magnético cuasi-estacionario del planeta introducen nuevas modificaciones del espectro, dando lugar a la diversidad de sus manifestaciones en forma de perturbaciones ionosféricas y geomagnéticas y la luminosidad auroral.

La distribución geográfica de esta última presenta en primer lugar la conocida concentración en las zonas aurorales de ambos hemisferios (centradas aproximadamente en los polos geomagnéticos), donde el fenómeno se puede observar durante casi todos los intervalos nocturnos oscuros y despejados, en tanto que su probabilidad de aparición disminuye en el interior de los casquetes polares y, en forma más acentuada, hacia latitudes más bajas.

2. LAS AURORAS DE BAJAS LATITUDES

Dado que esta distribución latitudinal es principalmente una consecuencia de la variabilidad del espectro de energía de las partículas precipitadas, existe un marcado interés por establecer una relación objetiva entre ambas que explique al mismo tiempo las diferencias sistemáticas entre la morfología predominante que presentan las auroras de latitudes altas y bajas, en lo que atañe a sus formas y emisiones luminosas. Pero los datos con que se cuenta acerca de las auroras de baja latitud son muy escasos, debido a su frecuencia extremadamente reducida.

Hace algo más de medio siglo, Vestine (1944) esbozó un sistema de isolíneas consignando para el Hemisferio Norte la probabilidad de auroras en intervalos nocturnos oscuros y despejados. Esta distribución puede considerarse fidedigna en las latitudes polares, aurorales y subaurorales, donde los datos empíricos son abundantes, pero para latitudes geomagnéticas inferiores a los 45° no puede ofrecer más que una aproximación extrapolada. Según ésta, dicha probabilidad podría estimarse en un orden de magnitud de 0.001 para la latitud geomagnética de 30°, y <0.0005 para los 25°, o sea menos que un caso cada seis años. De hecho, la frecuencia de casos realmente observados es todavía bastante menor. En cuanto al Hemisferio Sur, Vestine y Snyder (1945) establecieron una distribución análoga, pero no intentaron extenderla hasta latitudes tan bajas; su sistema de líneas isoaurorales fue reproducido por Schneider (1961).

Ante esta situación deficitaria Chapman, en su carácter de Relator de Auroras, en el plan mundial del Año Geofísico Internacional (AGI), 1957/58, se empeñó en atraer la atención de los estudiosos sobre la importancia de estos fenómenos para el análisis de las relaciones Sol-Tierra, compilando listas de tales eventos observados en el pasado y recomendando incluir el tema en los programas nacio-

nales del AGI (Chapman, 1953 y 1956); una compilación casuística complementaria fue efectuada por Schneider (1959). Las inquietudes de Chapman tuvieron resonancia durante el AGI, dando por resultado algunas observaciones de auroras de muy baja latitud. Con todo, el volumen de datos sigue siendo insuficiente para completar en estos momentos la distribución de estos eventos excepcionales en su ala de latitudes bajas.

3. UN NOTABLE EVENTO RECIENTE

En los días 12 al 16 de marzo de 1989, que por feliz coincidencia comprenden un "Día Mundial Regular" (14-III) y un "Día Mundial Prioritario" (15-III) (Anónimo, 1989*), pasó por el meridiano central del Sol un grupo de manchas muy extenso, acompañado de focos emisores de radiación X y una pronunciada intensificación del viento solar. La penetración de estas partículas en la magnetosfera terrestre y, por su intermedio, a niveles más bajos produjo un conjunto de disturbios manifiestos en forma de interrupciones en las radiocomunicaciones y redes eléctricas, perturbaciones ionosféricas y geomagnéticas de inusitada magnitud y, precisamente, auroras en muy bajas latitudes geomagnéticas.

Las tormentas geomagnéticas se iniciaron con un comienzo brusco (ssc) a la 01^h28^m y 01^h29^m TU del día 13-III en Trelew y Las Acacias, en forma de extraordinarios incrementos de la componente H, de 71 y 78nT, respectivamente (Göttingen: 01^h27^mTU), seguidos de unas 50 horas de muy alta actividad que enmascaró algunos impactos similares sobre la magnetósfera, de difícil identificación. En la Tabla I consignamos los índices trihorarios de actividad geomagnética planetarios (Kp) y locales (Trelew y Las Acacias), conjuntamente con los respectivos índices planetarios diarios Ap y Cp. Los valores tridarios R9 del número relativo de manchas solares (Bartels, 1958) durante los 9 días del 11 al 19 de marzo fueron: 8, 9 y 8, respectivamente, indicando para la terna del 14 al 16-III un valor medio superior a 171. Aún más elocuentes son los índices aurorales AU, AL, AE y AO, que en forma preliminar publicó el Centro Mundial C2 (Geomagnetismo) para el mes de marzo 1989. Los mismos acusan un fuerte incremento del electrochorro auroral del Hemisferio Norte a partir de las primeras horas de TU del día 13, alcanzando estos extremos excepcionales durante la misma fecha: AU=1089nT, a las 07^hTU; AL=-1892nT, a las 16^hTU; AE=1884nT, a las 16^hTU; AO=-949nT, a las 16^hTU.

Al tener noticias de haberse observado auroras en la ocasión desde San Carlos de Bariloche y alrededores (Van Zele, comunicación personal), hemos organizado una encuesta con el fin de establecer las características y extensión latitudinal de estos eventos, solicitando información acerca de fecha(s), horas y duración de la observación, estado del cielo, altura del fenómeno sobre el horizonte, color, intensidad, movimientos (internos y en conjunto) y estructura. La consulta fue dirigida al Servicio Meteorológico Nacional, el Servicio de Hidrografía Naval, la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, algunas otras entidades con personal o aficionados destacados en el interior del país, y diversos corresponsales a título personal. Es obviamente impracticable mantener en estado de alerta, por períodos de muchos años, instrumentos (fotómetros o cámaras panorámicas) aptos para registrar tales eventos excepcionales en forma objetiva sobre toda la extensión del Territorio Nacional, razón que justifica recurrir a procedimientos como el que aquí se adoptó. Los posibles reparos ante el carácter subjetivo

de esta clase de observaciones pueden ser fácilmente disipados a la luz del alto grado de consistencia entre los datos recogidos y con la información geomagnética directa; en otro contexto hemos dado más argumentos en apoyo de este recurso (Schneider, 1970).

4. RESULTADOS

4.1 Distribución espacio-temporal

Se obtuvieron 27 respuestas afirmativas, provenientes de los lugares indicados en la Figura 1. De ellos sólo una se sustrae a una interpretación detallada por incompleta, en tanto que tres otras, si bien claramente referentes al período en cuestión e interpretables en cuanto a la morfología del fenómeno, suscitan dudas respecto de la fecha; una sola de estas últimas tres consigna las horas de observación. Los 24 informes resultantes, que incluyen una unidad de la Armada en navegación y una aeronave en vuelo, se distribuyen como se consigna en la Tabla II.

La ausencia de respuestas afirmativas en la zona comprendida entre los 44° y 55°S (lat.geogr.) es explicable por la nubosidad que en ella prevaleció durante el período, aumentando desde la noche del 13/14-III hasta la del 15/16-III. En lo que respecta a la distribución temporal de los casos positivos (Tabla II) caben los siguientes comentarios:

a) la llamativa observación aislada del día 13-III, proveniente de Viedma, puede considerarse como valedera con un alto grado de confiabilidad, dada su coincidencia temporal (05h40m...08h40mTU) con el marcado crecimiento de la actividad geomagnética, especialmente en el 2° y 3er. octavo del día (Tabla I) y sendos máximos transitorios de los índices aurorales (Kamei y otros, 1989), alcanzando estos valores: AU=1089, a las 08h; AL=-1234, a las 08h; AE=1744, a las 07hTU);

b) el grueso de los casos, observados en las dos noches siguientes, se agrupa alrededor de las 02^h ó 02^h30mTU;

c) la duración del fenómeno parece haber sido sensiblemente mayor en la noche del 13/14-III, la que comprende la gran mayoría de los casos y se caracteriza, además, por un nivel muy elevado de actividad geomagnética (Tabla I), coincidiendo, por otra parte, con los datos hasta ahora disponibles del Hemisferio Norte (Anónimo, 1989).

Los lugares más avanzados hacia el ecuador desde los cuales se observaron las auroras, fueron Tandil (lat.geomagnética 27°S) y Las Flores (25°S), en las noches del 13/14-III y 14/15-III, respectivamente. Para estimar el alcance real del fenómeno debe tomarse en cuenta que éste en ambos casos no llegó al cenit sino a elevaciones angulares menores, no especificadas numéricamente en los informes. Con la hipótesis cautelosa de que sólo haya alcanzado una elevación de 30° sobre el horizonte Sur, y suponiendo la luminosidad ubicada a 100 Km ó 300 Km de altura, las latitudes de máxima extensión se deben incrementar en 1:5 ó 4:2 con respecto a las de los lugares de observación. De esta manera el alcance de las auroras resulta ser de entre unos 28:5 y 31°S (lat.geomagnética) en la noche del 13/14-III, y entre 26:5 y 29°S en la siguiente, con lo cual el fenómeno en Territorio Argentino se extendió considerablemente más hacia el ecuador que en el Hemisferio Norte, donde en la noche del 13/14-III llegó hasta Houston, Texas (~41°N de lat.geomagnética), a juzgar por la información sate-

lital disponible (Anónimo, 1989).

En la Tabla III se consignan, a título ilustrativo, los incrementos latitudinales aplicables para diversas elevaciones angulares y alturas reales.

Además de los dos casos de máximo avance antes citados, 14 otros informantes también vieron el fenómeno extendido desde el horizonte Sur a elevaciones menores que el cenit; del conjunto de estos 16 casos, 10 pertenecen a la noche del 13/14-III y 6 a la del 14/15-III. 4 otros observadores consignaron elevaciones hasta el cenit, entre ellos el caso aislado del 12/13-III. Sólo 2 observadores declararon una extensión más allá del cenit. La diversidad de estos datos no necesariamente debe atribuirse a una imprecisión, pudiendo en cambio ser explicable por los avances o retrocesos que según 10 observaciones acusó el fenómeno, 7 de ellas en la noche del 13/14-III. Es también de destacar que 4 observadores vieron avances hacia el Este.

4.2 Rasgos estructurales

La casi totalidad de los observadores vieron una luminescencia más o menos uniforme (velo), a la que se superponían, en 2/3 de los casos, diversos tipos de rasgos estructurados. Las observaciones del velo solo sin estructuras superpuestas pertenecen, con una sola excepción, a las primeras dos noches, entre ellas el caso aislado del 12/13-III, descrito "como un cirrostrato" que permitió ver las estrellas. Las estructuras superpuestas que se consignan en los 16 informes restantes fueron descritas principalmente como "rayas", "haces de luz", "estriás" o "destellos", con la aclaración ocasional de su convergencia hacia el Sur; hubo además algunas referencias a "manchas" o "partes más intensas" en el velo.

4.3 Colores

El velo se presentó en diferentes tonalidades del rojo, tales como: rosado, rojizo, rojo, púrpura, naranja o salmón, bordó claro, fucsia, rojizo violáceo. Las rayas superpuestas fueron descritas como "de color claro", "blanco", "amarillo pálido a blanco".

4.4 Intensidad y fluctuaciones

Sólo dos observadores (en el punto avanzado de Las Flores y el buque en navegación) dieron respuesta afirmativa a la pregunta de si la intensidad fue suficiente como para posibilitar la lectura de un texto impreso en una hoja iluminada por la aurora. Siete informes declararon la intensidad como constante, en tanto que quince consignaron diversos tipos de fluctuaciones, entre aumento y disminución, progresivas o intermitentes, e incluso una desaparición momentánea. Es de suponer que tales discrepancias se deben a la no coincidencia estricta y diferente duración de los intervalos de observación.

4.5 Emisiones

Las formas, rasgos estructurales y colores (incisos 4.2 y 4.3) son típicas de las auroras de bajas latitudes. No cabe duda de que el velo rojo, presente en casi todos los datos aquí comentados, debe asignarse principalmente a las emisiones del OI en 630,0 y 636,4 nm, las que sin ser predominantes también se observan en la zona auroral y transauroral, donde prevalece la línea espectral verde, también del OI, en 557,7 nm; véanse al respecto los ejemplos de espectros repro-

ducidos en (Schneider, 1964). Pero es de suponer que la variedad de matices rojizos en bajas latitudes indica la presencia simultánea de emisiones más débiles de otras regiones espectrales. En cuanto a las rayas superpuestas, no se ofrece una identificación espectral certera; sin embargo, la clara diferencia de su forma estructural y color en comparación con el velo sugiere la hipótesis de asignarlas a otras alturas ionosféricas, probablemente inferiores a la del velo.

Agradecimientos. Es un grato deber reconocer los valiosos y detallados aportes que, gracias al interés y la expeditiva compilación por parte de las autoridades del Servicio Meteorológico Nacional, el Servicio de Hidrografía Naval y la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, nos proporcionaron los observadores de su dependencia, como así también las contribuciones de varios corresponsales particulares. La Lic.M.Andrea Van Zele, la Dra.Virginia Silbergleit y la Sra.M.del Carmen Vecchi colaboraron en los preparativos de la encuesta, cálculos y compilación de antecedentes.

Para la realización de esta encuesta y su evaluación se contó con el apoyo parcial del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, en el marco del Subsidio PID 302120088.

Figura 1

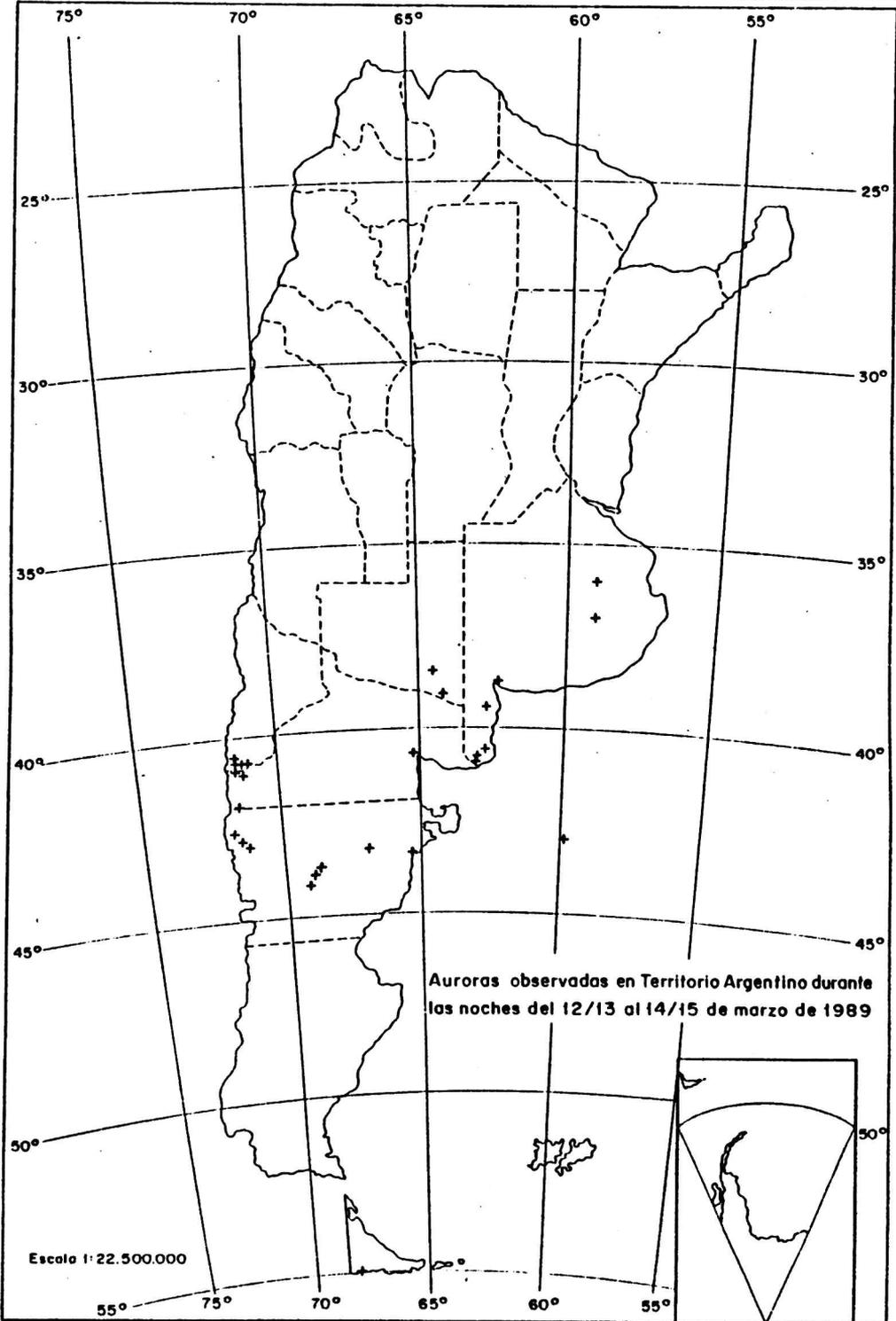


Tabla I

Indices de actividad geomagnética del 12 al 15-III-89

Fecha (T.U.)	Tipo de índices	Octavos del día en Tiempo Universal								Indices diarios	
		1	2	3	4	5	6	7	8	Ap	Cp
12-III	Kp	5o	3o	3o	3-	3o	5-	4o	3o	23	1.1
	K Trelew	5	3	2	2	2	4	3	3		
	K Las Acacias	5	2	3	2	1	4	3	3		
13-III	Kp	6o	8-	9-	8+	8+	8+	9-	9o	246	2.2
	K Trelew	6	6	8	8	7	8	8	8		
	K Las Acacias	6	6	7	8	7	8	7*	(9)*		
14-III	Kp	9o	8-	8-	6-	5o	5+	8-	7+	158	2.0
	K Trelew	9	7	6	5	5	5	6	7		
	K Las Acacias (9)*	7	7	7	5	5	6	7	6		
15-III	Kp	7-	6o	5-	5o	4+	5-	4o	3o	49	1.6
	K Trelew	5	5	3	4	5	5	4	3		
	K Las Acacias	5	5	3	3	4	4	3	2		

* Basados en D por faltar registro de II
 () Extrapolado por faltar parte del registro

Tabla II

Repartición temporal de los informes afirmativos

Fecha (TU)	13-III	14-III	15-III	No especi- ficada
Intervalo abarcado por el conjunto de los observadores (TU)	05h40m ...08h40m	-01h00m ...05h00m	00h45m ...04h15m	01h40m ...02h10m
Número de casos	1	15	7	1

Tabla III

Incrementos latitudinales aplicables a auroras vistas en el Sur, para diversas elevaciones aparentes. (EPS en grados y altura H en km).

EPS\H	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
10	4.2	7.3	9.8	2.	14.	15.8	17.4	18.9	20.3	21.6
20	2.3	4.3	6.2	7.8	9.4	10.8	12.1	13.4	14.5	15.6
30	1.5	2.9	4.2	5.4	6.6	7.6	8.7	9.7	10.6	11.5
40	1.0	2.	3.	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.8	8.5
50	.7	1.4	2.1	2.8	3.4	4.	4.6	5.2	5.7	6.2
60	.5	1.	1.5	1.9	2.4	2.8	3.2	3.6	4.	4.4
70	.3	.6	.9	1.2	1.5	1.8	2.	2.3	2.6	2.8
80	.2	.3	.5	.6	.7	.9	1.	1.1	1.2	1.4

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, 1989: Record Aurora over North America; EOS, Trans.Am. Geoph.Union, 70, 20, May 16,1989, 595.
- Anónimo, 1989*: International Geophysical Calendar 1989, en: Chronique UGGI, 194, 51.
- Bartels, J., 1958: Planetarische Erdmagnetische Aktivität in Graphischer Darstellung. Abhandl.Akad.Wiss.Göttingen, Math.-Phys.Kl., Sonderheft.
- Chapman, S., 1953: Polar and Tropical Aurora: and the Isoauroral Diagram; Proceedings of the Indian Academy of Sciences, XXXVII, 2, 175, Bangalore (también en: Contrib.Geophys.Inst., College, Alaska, Series A, N^o 11).
- Chapman, S., 1956: The Aurora in Middle and Low Latitudes; The International Geop.Year: Instruction Manual N^o IV, Aurora and Airglow. Pergamon Press, Londres, 5-19.
- Kamei, T., Sugiura, M. y Araki, T., 1989: Provisional Auroral Electrojet Indices (AE 11) for March 1989; World Data Center C2 for Geomagnetism, Kyoto.
- Schneider, O., 1959: Auroras Australes Vistas en el Pasado desde la América del Sur y Regiones Antárticas Adyacentes; Contr.Inst.Ant. Arg.N^o 36.
- Schneider, O., 1961: La Zona Auroral del Hemisferio Sur; Contr.Inst. Ant.Arg.N^o 55.
- Schneider, O., 1964: La Investigación Actual de la Aurora Austral; Contr.Inst.Ant.Arg.N^o 82.
- Schneider, O., 1980: Los Aficionados. Secc.4.5 de "Geofísica y Geodesia", Tomo VIII de la serie "Evolución de las Ciencias en la República Argentina, 1923-1972", Soc.Cient.Arg., 154/5.
- Vestine, E.H., 1944: The Geographic Incidence of Aurora and Magnetic Disturbance, Northern Hemisphere; Terrestrial Magnetism 49, 2, 77.
- Vestine, E.H. y Snyder, E.J., 1945: The Geographic Incidence of Aurora and Magnetic Disturbances, Southern Hemisphere; Terrestrial Magnetism, 50, 2, 105.