

EFFECTO DE LATITUD Y EXCITACION DE LAS AURORAS ROJAS

HORACIO A. CAZENEUVE

Instituto Antártico Argentino

Se presentan resultados de observaciones aurales simultáneas en dos observatorios antárticos, en base de las cuales se obtiene la distribución en latitud y en alturas de las auroras observadas. La distribución de auroras rojas es comparada con las del tipo cromático c. Estos resultados son comparados con los registros de un fotómetro de auroras de tres canales, obteniéndose cierta correlación entre las alturas y las relaciones de intensidades de la línea roja del oxígeno con otras líneas espectrales. Los resultados obtenidos en estas observaciones parecen explicarse mediante la comprensión del campo magnético terrestre, y la consecuente difusión radial.

Results are given of simultaneous auroral observations made at two antarctic observatories, from which their distribution in latitude and altitude is obtained. The distribution of red auroras is compared with the one corresponding to the chromatic type c. In turn, these results are confronted with the records of a three-channel auroral photometer, thus obtaining a correlation between altitude and intensity relations of the red oxygen line with other spectral lines. The results obtained from these observations are apparently explained by the compression of the geomagnetic field and the corresponding radial diffusion.

INTRODUCCION

Se exponen resultados sobre procesos que dependen de la dinámica del óvalo auroral y de la actividad magnética. Existen opiniones diversas sobre la posición y la forma del óvalo auroral. En general se admite que se trata de un anillo sumamente dinámico, que se desplaza de distinto modo según la hora local, y según la actividad magnética.

Este punto de vista es contrario al de la existencia de dos zonas aurorales, sostenido inicialmente por Alfvén, (1955 y 1967).

Nuestra idea de un óvalo auroral, inestable pero único, no es contraria al hallazgo de zonas de precipitación de partículas cargadas, sino que permite considerar la existencia de una zona cuya dinámica depende, en parte, de la actividad magnética.

OBSERVACIONES

La información procede de observaciones visuales en las bases General Belgrano (lat. $77^{\circ} 52' S.$, long. $38^{\circ} 24' W.$) y Alférez Sobral (lat. $81^{\circ} 05' S.$, long. $40^{\circ} 39' W.$); de registros de cámara todo-cielo y de un fotómetro fotoeléctrico de tres canales en la base General Belgrano.

Las observaciones simultáneas permiten determinar la distribución en tiempo, latitud y altura de las auroras, definiendo su borde inferior. Cuando fue posible se definió el borde superior, trazándose entonces la proyección del plano aparente que se presenta a la observación visual.

El fotómetro registra la intensidad del doblete rojo del oxígeno atómico, $\lambda 6300$ y 6364 \AA ; la línea verde del oxígeno $\lambda 5577 \text{ \AA}$, y $\lambda 4278 \text{ \AA}$ de la primera banda negativa del nitrógeno molecular, N_2^+ .

DISTRIBUCION EN LATITUD Y EN ALTURA

La figura 1 muestra la proyección en el plano meridiano entre las bases Sobral y Belgrano, de los bordes inferiores de algunas auroras registradas en 1968. En los casos en que pudo definirse el borde superior, se proyectó el frente aparente de la aurora.

Se observa una disminución en las alturas de los bordes inferiores al disminuir la latitud. La disminución del frente aparente, indicado con (a) sobre la flecha, muestra una cuña de convergencia en la secuencia auroral.

Esta cuña converge hacia una dada latitud, pasando la cual las alturas de los bordes inferiores son mayores y el frente aparente crece en extensión, conservando la dirección del campo magnético.

Entre las latitudes de aumento y disminución de alturas, se registra una zona de altura mínima que llamaremos zona de transición. En latitudes menores, las formas se dispersan hacia arriba, sin conservar direcciones definidas (indicado con b).

La zona de transición nos indica la posición instantánea del óvalo auroral, si se la registra en una sola secuencia, o su posición media en un dado intervalo (Cazeneuve, 1969).

La distribución temporal de la figura 2 insinúa varios máximos. Si ésto se

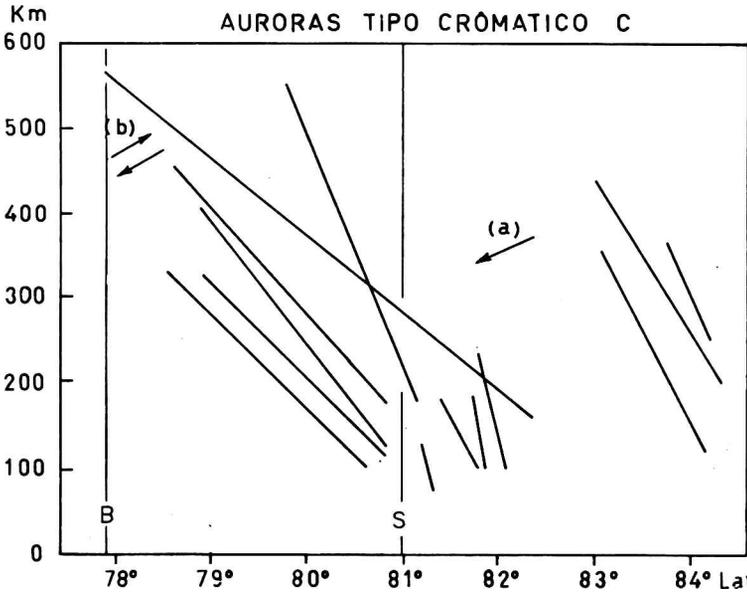


Figura 1: Proyección en el plano aproximadamente meridiano que une las bases General Belgrano y Alférez Sobral, del plano aparente de las auroras del tipo cromático c, observadas el 17 de agosto de 1968 en ambas bases. Las flechas (a) y (b) indican la dirección de desplazamiento, aproximadamente normal al campo.

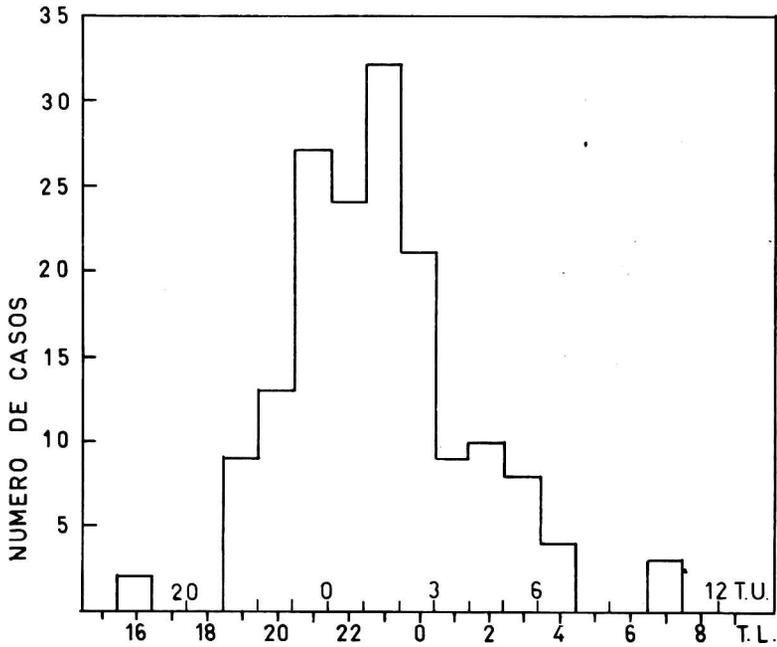


Figura 2: Distribución temporal de auroras vistas en base Sobral, en los años 1966, 1967 y 1968.

correlaciona con las distribuciones en latitud, se obtiene que los máximos dan cuenta del desplazamiento del óvalo auroral, según la latitud y el tiempo local, y representan la posición instantánea de dicho óvalo.

La construcción de un modelo similar para las auroras rojas se ve dificultada por lo esporádico de su ocurrencia.

DEPENDENCIA DE LA ACTIVIDAD MAGNETICA

La posición de la zona de transición varía según la actividad magnética, medida con el índice K_p .

A valores $K_p < 4$, la zona de transición se encuentra entre 71° y 68° de latitud geomagnética, y para $K_p > 4$, entre 71° y 75° . Para cada latitud, debe corresponder una distribución en alturas, para cada valor de K_p , lo cual reemplaza a la altura media que se consideraba independiente de la latitud y de la actividad magnética.

Interpretamos al óvalo auroral como una estructura fija con respecto al Sol, tal que la Tierra rota debajo de ella. La estructura además se contrae o se expande, de acuerdo con la actividad magnética.

DIFUSION RADIAL

El desplazamiento de las auroras desde y hacia el Polo, y el cono de convergencia (figura 1) sugieren una explicación del efecto de latitud en términos de la difusión radial de partículas cargadas. Esta fue estudiada inicialmente por Parker (1960) y por Hones (1963).

Los primeros análisis completos sobre flujos de partículas cargadas en la magnetósfera fueron hechos por Hones (1963) y Fairfield (1964). El efecto de la difusión radial es: la energización de las partículas que atraviesan la magnetopausa, aumentar la población de los anillos de captura y crear los flujos de partículas aurorales.

En el transcurso de las subtormentas magnéticas, la radiación auroral es arrastrada normalmente al campo magnético, desplazando el plano aparente de las auroras paralelamente a las superficies magnéticas.

La convergencia radial, que incluye la disminución de la extensión del frente aparente, refleja la compresión del campo geomagnético durante las subtormentas magnéticas.

Durante el desplazamiento de las auroras fuera de la zona de transición, se observa: a) la secuencia se encuentra en su fase más activa; b) la extensión del frente aparente es máxima; c) las alturas son mayores que en el óvalo auroral.

Estos efectos deben ser producidos por la compresión del campo geomagnético, que expande el anillo auroral y por su descompresión, que desplaza hacia arriba el plano aparente, paralelamente a las superficies magnéticas. En estos procesos, los flujos de partículas adquieren aceleración suficiente a alturas cada vez mayores.

En cuanto a las auroras rojas, no podemos establecer su desplazamiento debido a su corta duración. No obstante, se advierte la misma tendencia a la difusión radial, lo que permite inferir que las secuencias de las fases rojas se ajustan al modelo más general de las figuras 1 y 2.

RELACION DE INTENSIDADES

En cuanto a las relaciones de intensidades en los espectros aurales, se ha verificado la proporcionalidad entre las líneas de $\lambda 4278 \text{ \AA}$ y $\lambda 5577 \text{ \AA}$. Omholt (1959) y O'Brien y Taylor (1964) sugieren que tal relación es constante dentro de un factor 2, para una misma secuencia auroral.

Nosotros intentamos hallar cómo esa relación depende de la latitud, la altura y la variación de la intensidad total. La figura 3 indica la relación $I_{4278 \text{ \AA}}/I_{5577 \text{ \AA}}$,

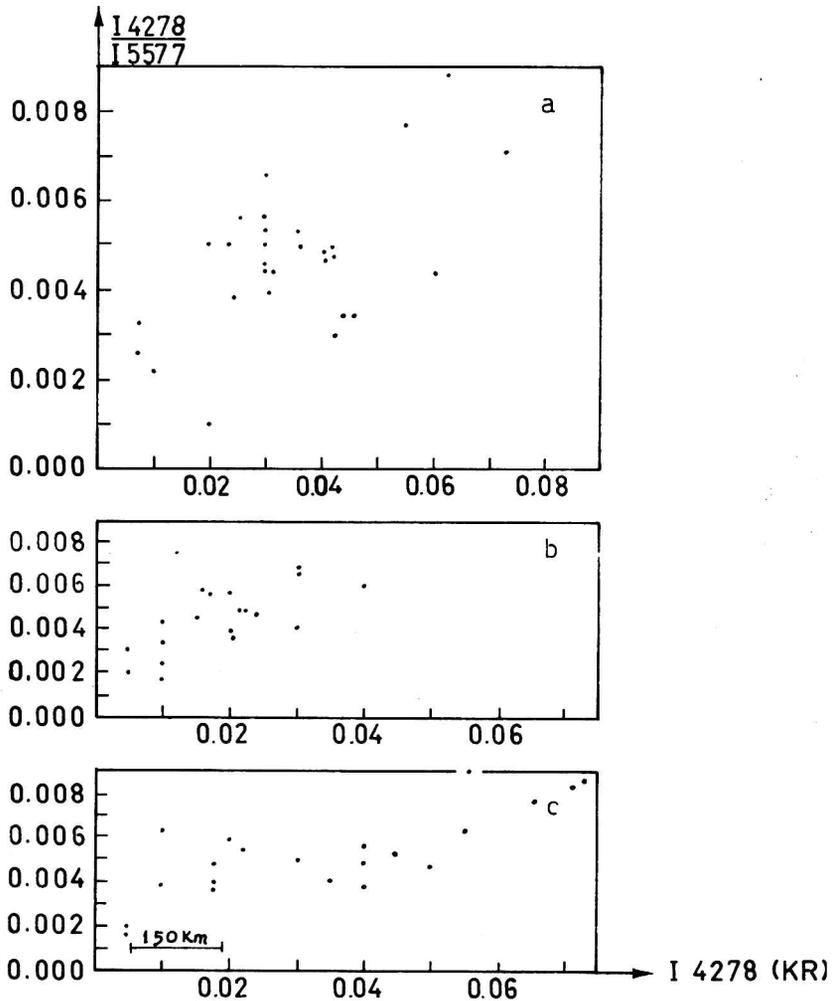


Figura 3: a, b y c. Relación de intensidades, I_{4278}/I_{5577} , en función de $I_{4278 \text{ \AA}}$.
 a) Despliegue del 14 de julio de 1968 entre 0106 y 0146 hs. TU.
 b) Día 17 de agosto de 1968, entre 0300 y 0340 hs. TU.
 c) Día 17 de agosto de 1968, entre 0440 y 0540 hs. TU.

AURORA PARCIALMENTE ROJA 14-8-68 DE 01:06 A 01:46 T.U.
 BASE GENERAL BELGRANO

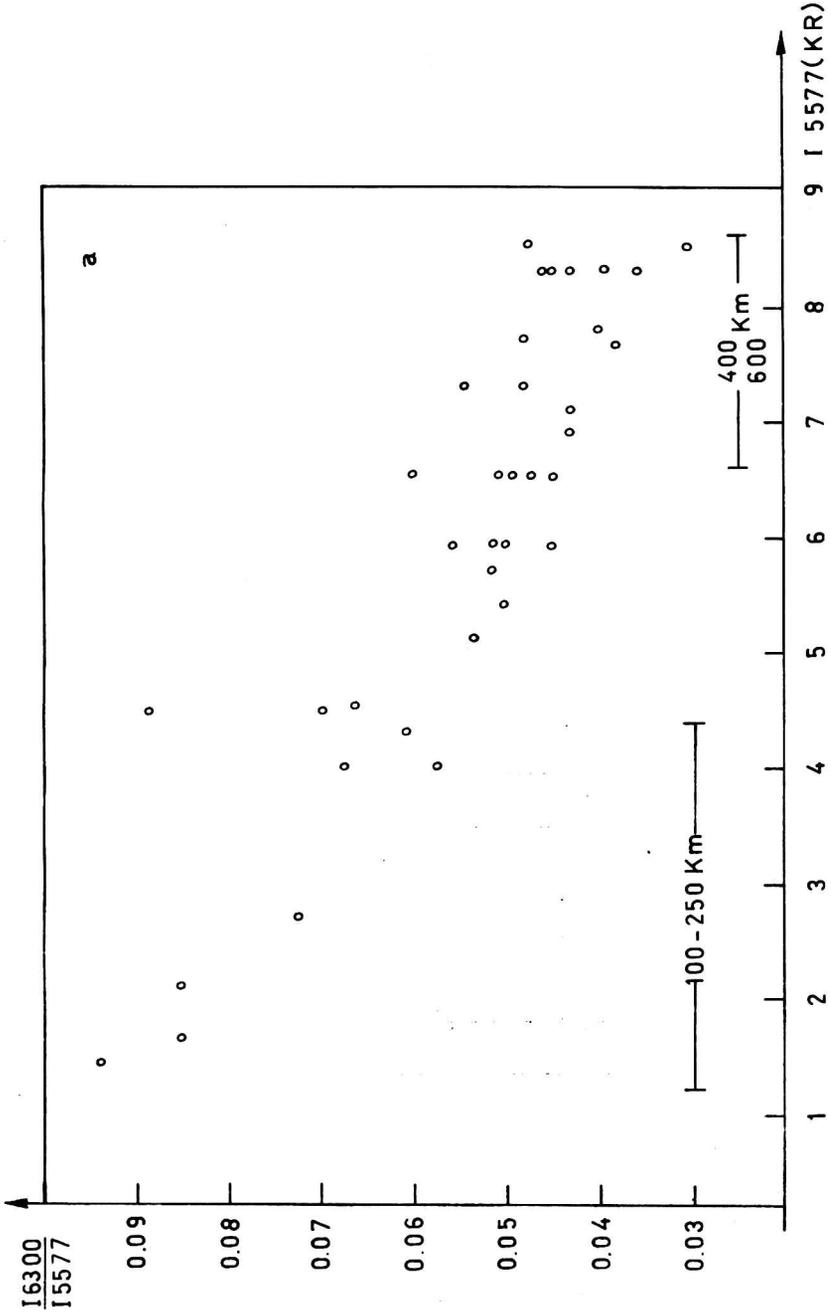


Figura 4: Relación I 6300/
 /I 5577 Å. Día 14 de julio de
 1968, de 0106 a 0145 hs. TU.

en tres procesos aurorales. La tendencia es un incremento con respecto a la intensidad total. Se indican también las alturas que corresponden a algunos grupos de puntos representados. Se observa que los valores menores corresponden a las alturas menores, en tanto que los valores intermedios se relacionan con las alturas mayores. Además, los valores máximos de la distribución corresponden a una altura intermedia. Resulta que la relación $I_{4278 \text{ \AA}}/I_{5577 \text{ \AA}}$ varía por un factor 4 en cada proceso. Este valor es más cercano al hallado por Brekke y Omholt (1968) quienes en un detallado estudio fotométrico hallan un factor 3.

La figura 4 muestra la relación entre las transiciones $\lambda 6300 \text{ \AA}$ (doblete rojo del oxígeno) y $\lambda 5577 \text{ \AA}$ (línea verde del mismo), en función de $I_{5577 \text{ \AA}}$. En la distribución se ve una pendiente negativa. En los extremos de la distribución los valores son 0,03 y 0,09. Este resultado inesperado indica que a menores alturas, donde la densidad atmosférica es mayor, la intensidad relativa de la emisión roja es incrementada por un factor 3. Se puede inferir que en estos casos la desexcitación colisional no ha sido la fuente preponderante de la baja probabilidad de transición del doblete rojo del oxígeno.

Por otra parte, en la evaluación de estos efectos no son aplicables las secciones eficaces calculadas por Seaton (1954) y Omholt (1959), pues de ellas resulta una intensidad diez veces mayor de la transición roja, que la emisión verde del oxígeno. Nunca ha sido publicada una relación de intensidades de ese orden. Además las secciones eficaces en el plasma auroral están sujetas a las múltiples perturbaciones que lo caracterizan, por lo cual no deben ser uniformes ni constantes durante los distintos eventos.

BIBLIOGRAFIA

- ALFVEN, H. (1955): "On the Electric Field of Magnetic Storms and Aurorae". *Tellus*, vol. 7, p. 50-64. Stockholm.
- ALFVEN, H. (1967): "Note on the Auroral Oval". *Journal of Geophysical Res.*, vol. 72, p. 3503. Washington.
- BREKKE, A. y OMHOLT, A. (1968): "The intensity Ratios in Aurora". *Planetary and Space Science*, vol. 16, p. 1295. Londres.
- CAZENEUVE, H. (1969): "Mecanismo de Excitación de Auroras Rojas". *Contribución del Instituto Antártico Argentino N° 123*. Buenos Aires.
- FAIRFIELD, D.H. (1964): "Trapped Particles in a Distorted Dipole Field". *Journal of Geophysical Research*, vol. 69, p. 3919. Washington.
- HONES, E. (1963): "Motions of Charged Particles Trapped in the Earth's Magnetosphere". *Journal of Geophysical Research*, vol. 68, N° 5, p. 1209. Washington.
- O'BRIEN, B. y TAYLOR, H. (1964): "High Latitude Geophysical Studies With

- Satellite Injun 3". Journal of Geophysical Research, vol. 69, p. 45. Washington.*
- OMHOLT, A. (1959): "Studies on the Excitations of Aurora Borealis". Geofysiske Publikasjoner, vol. 21, N^o 1. Oslo.**
- PARKER, E. (1960): "Geomagnetic Fluctuations and the Form of the Outer Zone of the Van Allen Radiation Belt". Journal of Geophysical Research, vol. 65, N^o 10, p. 3110. Washington.**
- SEATON, M.J. (1954): "Excitation Processes in the Aurora and Airglow". Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, vol. 4, p. 295. New York.**