

GEOFISICA INTERNACIONAL

REVISTA DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, AUSPICADA POR EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Director: Ismael Herrera

Subdirector: Manuel Maldonado-Koerdell

VOLUMEN 10

México, D.F., 1o. de Enero de 1970

NÚMERO 1



RESULTADOS PRELIMINARES DEL
COMPORTAMIENTO DE LAS LINEAS
PROHIBIDAS DE EMISIÓN DEL OXIGENO
NEUTRO λ 5577 Å y λ 6300 Å DEL
RESPLANDOR NOCTURNO EN EL CERRILLO.

A. P. Báez*

RESUMEN

Se discuten en este trabajo los resultados preliminares de las observaciones de las emisiones de las líneas prohibidas del oxígeno neutro [OI] λ 5577 Å y λ 6300 Å del resplandor nocturno llevadas a cabo en la estación de El Cerrillo, Edo. de México. Se cree que las observaciones en ese sitio pueden considerarse como parte de los fenómenos que ocurren en latitudes bajas.

INTRODUCCION

Las pocas observaciones del resplandor nocturno que a la fecha se han efectuado en latitudes bajas (Weill, 1967) entre los +20 y -20 grados de latitud, han mostrado que las emisiones en estas regiones poseen una estructura extraordinaria, por lo que es conveniente que se le preste mayor atención a este estudio de la que se le ha dado a la fecha.

En este trabajo se presentan los resultados de las emisiones [OI] λ 5577 Å (verde) y λ 6300 Å (rojo) del resplandor nocturno, comprendido entre los meses de octubre de 1968 a junio de 1969.

El sitio de observación se encuentra situado en un lugar llamado El Cerrillo a 20 Km del norte de la ciudad de Toluca, Edo. de México y cuyas coordenadas son las siguientes:

| | |
|---------------|--|
| Lat. N | 19°18'04" geogr; 29°54'29" magnet. |
| Long. W | 99°12'58" |
| Altura/Height | 2550 m sobre el nivel del mar above sea level |

* Instituto de Geofísica, U.N.A.M., y Asesor de la Comisión Nacional de Energía Nuclear.

PRELIMINARY RESULTS OF THE
BEHAVIOUR OF THE FORBIDDEN ATOMIC
OXYGEN NIGHT GLOW EMISSIONS
 λ 5577 Å AND λ 6300 Å AT
EL CERRILLO.

A. P. Báez*

ABSTRACT

A preliminary survey of the 5577 Å and 6300 Å nightglow emissions at El Cerrillo, Edo. de México is discussed in this paper. We think that observations, at this site, can be considered as part of the phenomena found at low latitude.

INTRODUCTION

Up to date, the few night glow observations that have been made in low latitudes (Weill, 1967) between $\pm 20^\circ$ of geographic latitude have shown a very remarkable structure. Therefore, more has to be done in this direction, at these latitudes.

The results for the night glow emissions [OI], λ 5577 (green line) and λ 6300 (red line), from October 1968 to June, 1969, are presented in this paper. The night glow observatory is at El Cerrillo, a place located 20 Km north from Toluca City, Edo. of Mexico. The Cerrillo coordinates are:

* Institute of Geophysics, N.A.U.M., and advisor of the National Commission of Nuclear Energy.

Aunque a este lugar no se le puede considerar como el sitio más adecuado para observar, sin embargo durante los meses de otoño, invierno y parte de primavera se presentan noches despejadas y claras, propicias para el estudio del resplandor nocturno. Cabe mencionar que las condiciones climatológicas desfavorables han sido frecuentes en esa región, en los dos últimos años, lo que ha disminuido la frecuencia de las observaciones.

Se cree que las observaciones que se efectúan a 19° de latitud geográfica norte se pueden considerar como observaciones dentro del grupo de latitudes bajas, porque cuando el fotómetro lee en la posición sur a 75° del zenit, se puede observar la capa emisora a 300 Km de altura, lo que es equivalente a medir el zenit a 10° de latitud norte.

El equipo de observación consiste en un fotómetro automático (Báez, 1969) adaptado para leer las líneas $\lambda 5577 \text{ \AA}$ y $\lambda 6300 \text{ \AA}$ en ciclos sucesivos, primero con una lectura del zenit seguido inmediatamente por un barrido del horizonte en un almucantar a 72° del zenit, moviéndose de norte a sur, con otra lectura intermedia de zenit en el sur, bajando nuevamente para hacer el recorrido de sur a norte y repetir el ciclo. Cada color se repite en intervalos de 15 minutos. Periódicamente se calibra el fotómetro utilizando una fuente patrón de C^{14} embebido en un material de centelleo.

La reducción de las observaciones a unidades rayleigh se efectúa por medio del método de cálculo sugerido por (M. Peimbert, comunicación personal).

RESULTADOS

La Fig. 1 nos muestra un ejemplo de las variaciones de las dos emisiones mencionadas, durante una noche que correspondió al 17/18 de febrero de 1969. Estos resultados se pueden considerar como los correspondientes a una noche

In spite of the fact this site is not the best one, there are many suitable clear and cloudless nights for airglow observations during autumn, winter and the first months of spring. It is necessary to say that unfavourable meteorological conditions have been observed for the last two years. For such reason, the frequency and amount of good observation nights has decreased.

It is supposed that the airglow measurements taken up at 19° geographic north latitude, can be considered as those corresponding to low latitude measurements, due to the fact that, when the photometer telescope is facing south at 75° from zenith, it is able to observe the emission layer at a height of 300 Km which is equivalent as to measuring the zenith at a 10° north latitude.

The automatic photometer, used in this research (Báez, 1969), is adapted to read the emission lines $\lambda 5577 \text{ \AA}$ and $\lambda 6300 \text{ \AA}$, in consecutive cycles. First the zenith is read at a northern position, following with an almucantar swept, at 72° from the zenith; one stop at the southern position for zenith reading, and again an almucantar swept from south to north. Every line is read at a 15 min interval. The photometer is calibrated with a carbon-14 standard light.

The intensities are converted to rayleigh units, using the method suggested by (Peimbert, personal communication).

RESULTS

Fig. 1 shows a sample of some emission variations observed during the night of February 17/18, 1969. These can be considered as "typical night results". In this paper, a typical night is defined as a night in which this kind of results is

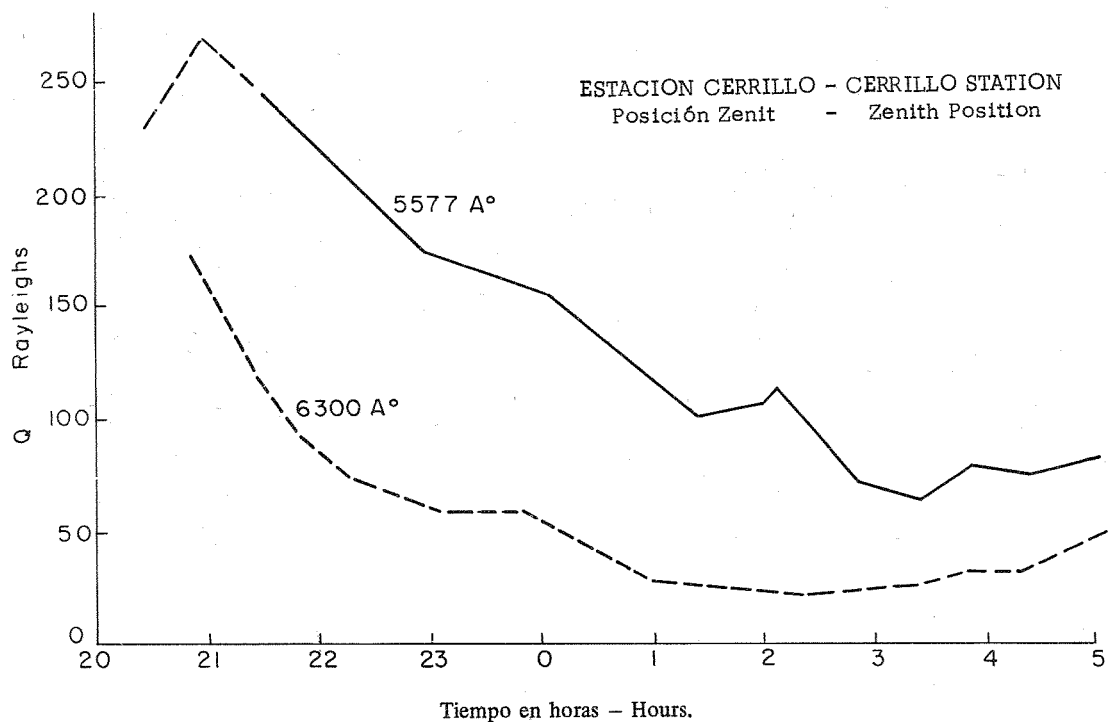


Fig. 1

Variaciones de las emisiones a 5577 \AA y 6300 \AA durante la noche del 17/18 de febrero de 1969.

Variations of the emissions at 5577 \AA and 6300 \AA during the night of February 17/18, 1969

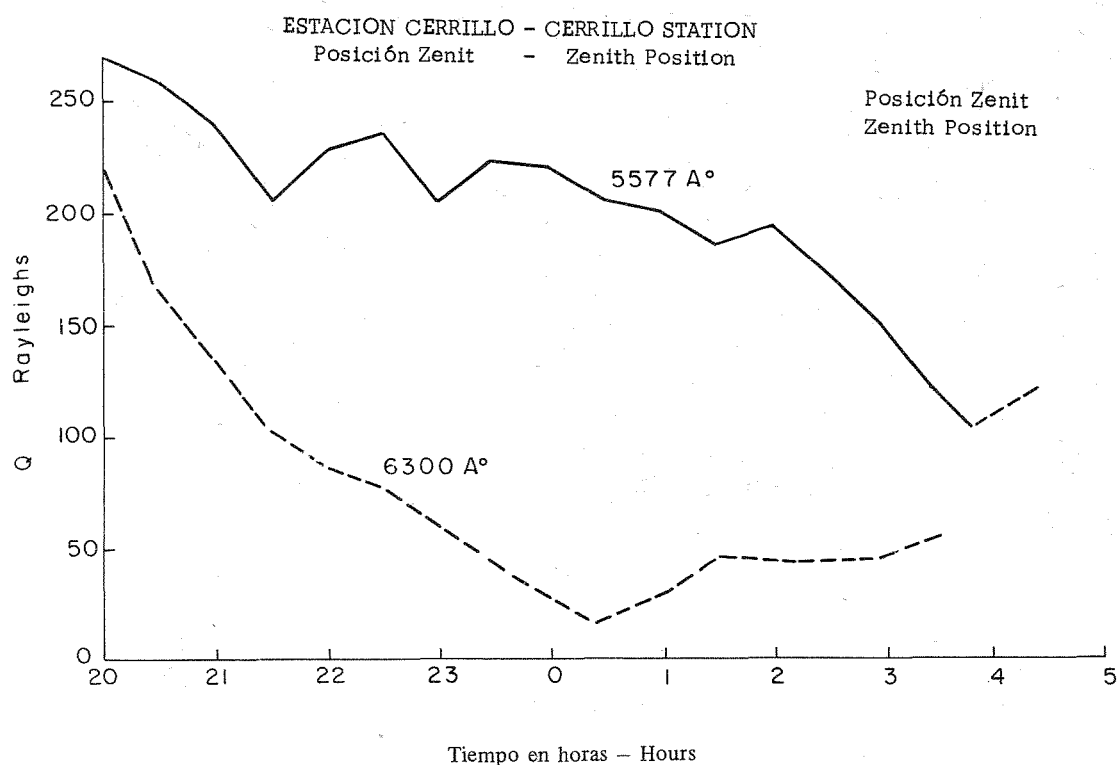


Fig. 2

Variaciones promedio de las emisiones a 5577 Å y 6300 Å de 5 noches de observación.

Average variations of the emissions at 5577 Å and 6300 Å from 5 observation nights.

“típica”, es decir, son los resultados obtenidos con mayor frecuencia y que en general nos indican la forma en que se comportan dichas emisiones en el transcurso de la noche; con una lectura máxima al principio de la noche seguida de una caída rápida de la intensidad hasta alcanzar un nivel mínimo entre las 1.00 y 4 horas tendiendo a aumentar al aproximarse el amanecer. En algunas noches sin embargo se observa un aumento de la intensidad con un máximo a las 23 horas aproximadamente.

En la Fig. 3 tenemos como ejemplo la noche del 20/21 de mayo de 1969 que nos muestra el comportamiento de la línea roja pero en la que además del zenit se grafican las variaciones correspondientes a las posiciones Sur, Este, Oeste y Norte, a 72° del zenit, esta noche se puede considerar como una noche “típica” aún cuando existen pequeños incrementos alrededor de las 23 hs, ya que éste se considera como un comportamiento normal de la emisión durante las noches “quietas”.

En la misma Fig. 2 observamos sin embargo un contorno irregular en la emisión λ 5577 Å si la comparamos con la curva de la Fig. 1. Esto puede deberse a dos causas principales. Primero a que posiblemente se promediaron noches en las que existieron incrementos en la línea verde alrededor de las 23 hs y segundo posiblemente a la contribución a la intensidad de la línea verde por otros mecanismos que se llevan a cabo en capas superiores.

Por último en la Fig. 4 tenemos los resultados de las variaciones que se observaron en la línea roja en la noche del 14/15 de mayo de 1969. Estos resultados difieren marcadamente de una noche “típica”.

more frequently observed, and there are not apparent disturbances in the emitting layer. This Fig. also shows a maximum of intensity during the first hours of the night, with a rapid decrease in intensity the following hours. A minimum is observed between 1.00 and 4.00 hs, with a light increase during morning twilight.

However, some nights, enhancements are observed with a maximum intensity, more or less at 23 hs.

Fig. 3 shows the behaviour of the red line emission, on the night of May 20/21, 1969; in which, not only zenith, but intensity variations of South, East, West and North directions at 72° from zenith, are drawn. This night is considered as a typical night, regardless the small enhancements around 23 hs; because it is the usual behaviour of the red line, in quiet nights.

Fig. 2 shows the average of the red and green line emissions from 5 nights, again the 6300 Å curve shows the characteristic behaviour of this line, in a quiet night. Night in which it is assumed that there are no disturbances in the F Layer. Fig. 2 also shows the irregular pattern of the 5577 Å emission line, if compared with the curve of the λ 5577 line of Fig. 1.

Two main reasons could be considered to explain this behaviour: 1) Some nights with enhancements around midnight were taken into consideration; 2) The emission processes that take place in higher layers could contribute to the intensity variations that were observed.

Finally Fig. 4 shows the 6300 Å emission during the night of May 14/15, 1969. These results show a drastical departure of the behaviour of the red line, in a typical night.

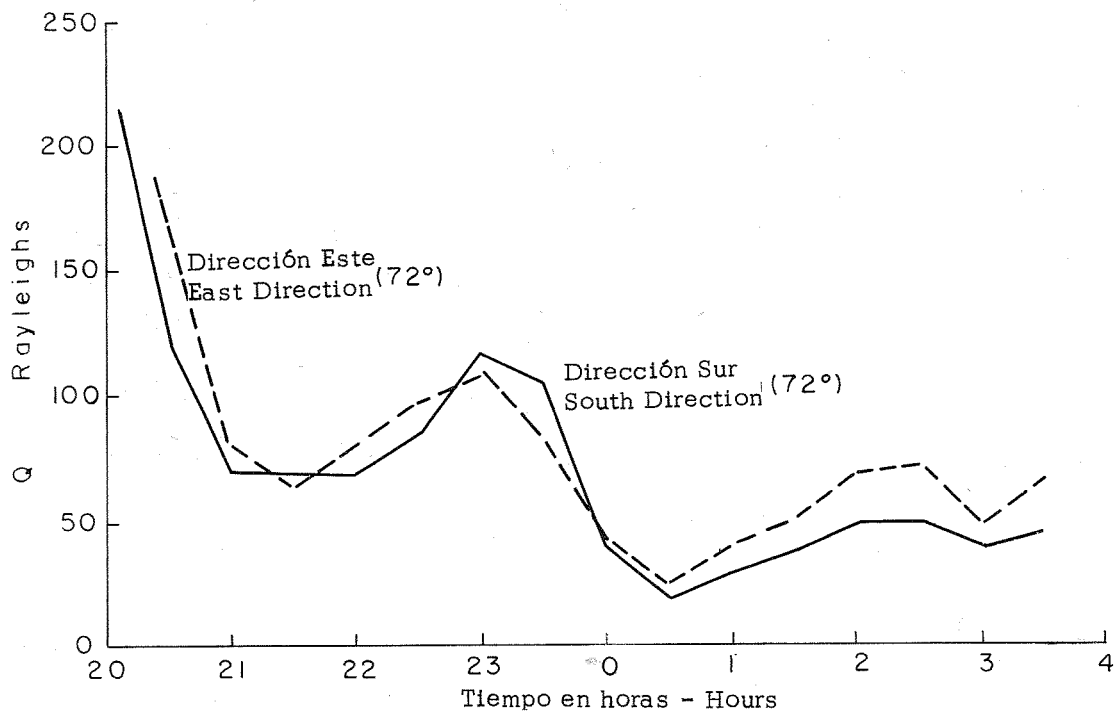
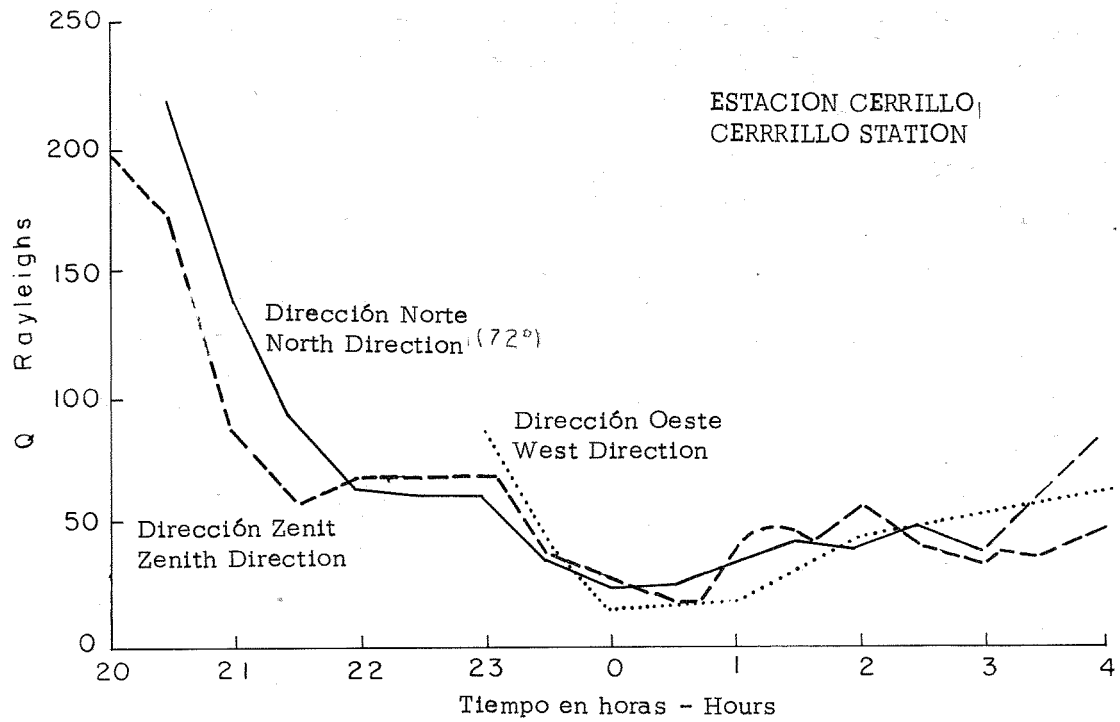


Fig. 3

Variación de la emisión a 6300 Å durante la noche del 20/21 de mayo de 1969

Variation of the emission at 6300 Å, during the nights of May 20/21, 1969

DISCUSION

Aun cuando no se cuenta en el presente con un número grande de observaciones, sin embargo, se puede intentar hacer una interpretación de los resultados obtenidos.

Se sabe que para excitar la línea verde cuando menos existen dos procesos. El llamado proceso de Chapman de

DISCUSION

Although there are not too many results to deal with, a brief discussion of these results can be attempted.

It is well known that there are, at least, two excitation processes for the green line emission. The Chapman process of triple collision such as $O + O + M \rightarrow O^* + OM$, where

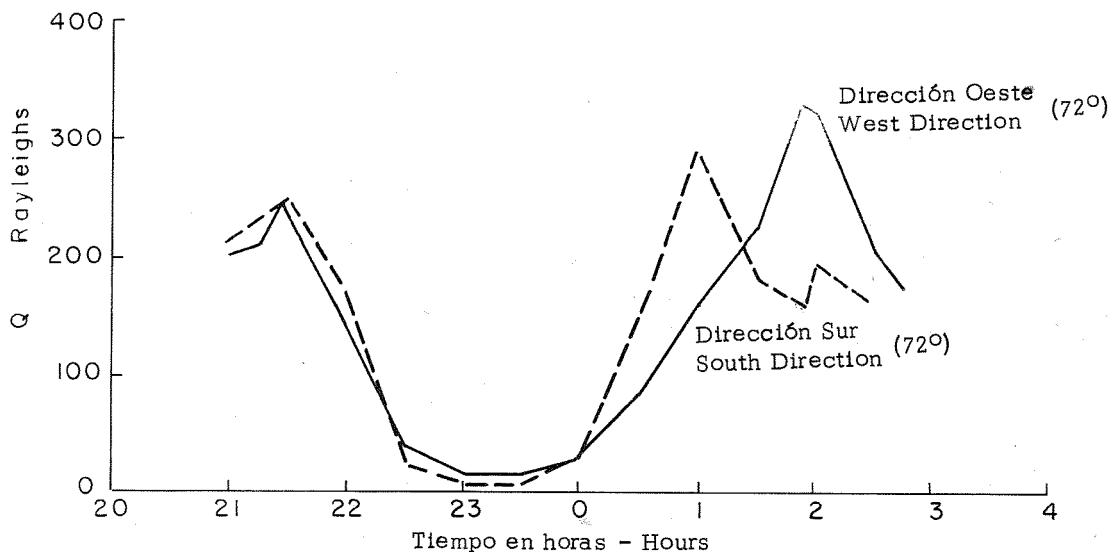
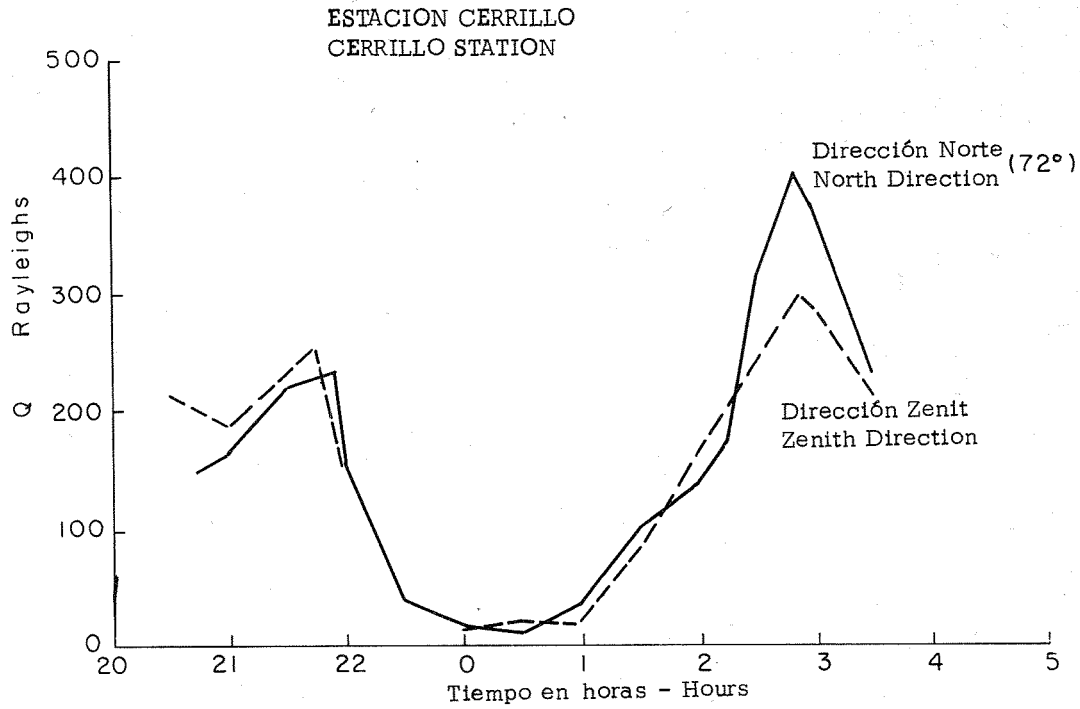


Fig. 4

Variación de la emisión a 6 300 Å durante la noche del 14/15 de mayo de 1969

Variation of the emission at 6 300 Å during the night of may 14/15, 1969

triple colisión; $O + O + M \rightarrow O^* + O + M$ (donde M es un átomo o una molécula y O^* representa un estado excitado de oxígeno neutro) que contribuyen a la emisión de la capa a 100 Km de altura, y el proceso de recombinación radiativa que se presenta en la capa F y que se expresa como sigue: $O_2^+ + e \rightarrow O^* + O^*$ y $NO^+ + e \rightarrow N^* + O^*$ que producen tanto la

M is an atom on a molecule and O^* represents a state of excitation of neutral oxygen, which contributes greatly in the green line emission at 100 Km and the radiative recombination process, which occurs in the layer e.i. $O_2^+ + e \rightarrow O^* + O^*$ and $NO^+ + e \rightarrow N^* + O^*$ which also contributes to the red line emission. Both excitation mechanisms are

emisión roja como la verde. A estos procesos competitivos se les puede considerar responsables de la variación de la línea verde durante la noche.

Las lecturas máximas que se observan en las primeras horas de la noche se pueden atribuir al proceso de Chapman que se origina a alturas de 100 Km, este máximo le sigue un descenso rápido de la intensidad luminosa durante las horas siguientes, donde posiblemente la desaparición de la capa D y la marcada disminución de la densidad electrónica en la capa E, que ocurre por las noches afectan los procesos de excitación de la línea verde.

Por otro lado, en algunas noches se observa un incremento fuerte de la intensidad de la línea verde entre las once y las doce horas, seguido por un decremento que continua hasta la salida del Sol. Se considera como posible fuente de este incremento al proceso de recombinación radiativa que se produce en la capa F₂ durante la noche y que es responsable en parte de la emisión de la línea roja y verde a alturas de 250 a 300 Km (Weill 1967), ya que producen átomos de oxígeno excitados en los estados (¹D) y (¹S).

La emisión a 6300 Å se produce en particular a la altura de 300 Km más o menos y corresponde a la capa F₂. Esta altura está de acuerdo con los resultados obtenidos por (Barbier, 1968) quien propuso una fórmula semi-empírica para establecer la relación entre la intensidad de la emisión de la línea roja y el estado de la región F de la ionosfera. Dicha fórmula es:

$$Q = A + B (f_o F_2)^2 \exp [-(h'F-200) / H]$$

Donde Q es la emisión integrada de la línea a 6300 Å; f_oF₂ es la frecuencia crítica en M Hertz, h'F es la altura en Km a la base de la capa F₂, H es la escala de altura molecular (H ≈ 40 Km) centrada alrededor de 200 Km; A y B son constantes a determinar.

En la Fig. 4 vemos la variación de la línea roja en una noche muy especial, la discusión de este fenómeno se publicará en un trabajo por separado (Báez, 1969) por ser de considerable importancia el comportamiento de esta emisión en latitudes bajas. Sin embargo se puede decir, que las variaciones fuertes en los trópicos están estrechamente relacionadas con la llamada anomalía magnética en la región F (Appleton, 1964) y (Barbier, 1968) y que se ha encontrado que concuerda bastante bien con la mencionada fórmula.

Agradecimientos

El autor agradece la cooperación de la señorita Rita Feiks en la obtención de las observaciones y la reducción de los datos. Asimismo agradece al Dr. Manuel Peimbert sus valiosas sugerencias

BIBLIOGRAFIA

- APPLETON, E. V., 1964. *Jour. Atmospheric Terrest. Phys.* 5:348.
 BAEZ, P. 1969. *Anales del Instituto de Geofísica, U.N.A.M.*, Vol. 14.
 — — — s.f./n.d. The Behavior of the 6300 Å Nightglow Emission at Cerrillo (en preparación/in preparation).
 BARBIER, D. 1963. *Planetary Space Sci.* 257:2138-2140.
 WEILL, G. M. 1967. In *Aurora and Airglow*, Billy McCormac (Editor). New York (Reinhold), pp. 407-418.

considered responsible for the green line intensity variation during night hours.

The maximum intensity of the green line during the first night hours can be attributed to the Chapman's process that takes place at a 100 Km high layer, as mentioned above. This maximum intensity is followed by a rapid decrease the next hours. This decrease is mainly due to the disappearance of the D layer, and the depletion of the electronic density in the E layer during the night that can possibly affect the excitation processes.

On the other hand, some nights, large enhancements of the green line emission are observed around 23 and 24 hs, with the mentioned intensity decrease afterwards, until sunrise. The supposed energy source for these enhancements is the radiative recombination process, that occurs in the F₂ layer, at 250 Km during the night. It can be mentioned that, this process is one of exciting mechanism, for both the red or the green emission (Weill, 1967), because oxygen atoms in the (¹D) and (¹S) excited states, are produced.

Regarding the 6300 Å emission, it is emitted in the F₂ layer, at a height of around 300 Km. This altitude agrees with the empirical Barbier's equation, in which he establishes the relationship between the intensity emission of the red line and the ionospheric condition of the F region. The Barbier's equation is:

Where: Q is the integrated 6300 Å emission; foF₂ is the critical frequency in M Hertz; h'F is the height in Km up to the f₂ base; H is the molecular height scale (H ≈ 40 Km) around 200 Km; A and B constants to be determined.

Fig. 4 shows the 6300 Å intensity variations in a particular night. The results of this special night will be discussed in other paper (Báez, 1969) considering the importance of the behaviour of such emissions at low latitude. However, it can be mentioned that, the great intensity variations in tropical regions, are closely related to the equatorial magnetic anomaly in the F layer, good agreement between this anomaly and Barbier's equation (Appleton, 1964) (Barbier, 1968), has been found.

Acknowledgements

The author is grateful towards Dr. M. Peimbert for reading this manuscript and his valuable suggestions. The cooperation of Miss Rita Feiks in obtaining the data is also acknowledged.

BIBLIOGRAPHY