

LAS ANOMALIAS NOCTURNAS DE FASE EN MBF Y EL  
OXIGENO ATOMICO EN LA MESOSFERA  
Parte II: PROCESOS AERONOMICOS INVOLUCRADOS

Sandro Radicella y Valdis Restbergs  
Centro Argentino de Estudios de Radiocomunicaciones  
y Compatibilidad Electromagnética  
Buenos Aires, Argentina.

Olga Pintado y Rodolfo Ezquer  
Laboratorio de Ionósfera, Instituto de Física,  
Universidad Nacional de Tucumán  
Tucumán, Argentina

RESUMEN

Se han analizado los resultados de la Parte I de este trabajo, teniendo en cuenta el modelo obtenido por Radicella y Restbergs. Estos mostraron en otro trabajo que el parámetro que controla la densidad electrónica y la altura de la base de la región D nocturna es la distribución del oxígeno atómico en la mesósfera. Se consideraron también los resultados experimentales de Dickinson y otros que muestran la estrecha relación entre los perfiles de densidad electrónica y de oxígeno atómico medidos simultáneamente. Se discuten en este trabajo las implicancias de los resultados de la Parte I deduciéndose, como explicación de los mismos, la presencia de grandes desplazamientos verticales de oxígeno atómico en la región ecuatorial.

ABSTRACT

Sudden phase anomaly (SPA) events have been analysed in Part I utilizing the electron density profile deduced by Radicella and Restbergs. They have shown that the distribution of atomic oxygen concentration is the parameter which controls both the electron density and the height of the night time D region level. Experimental results given by Dickinson et al., which show a tight correlation between the measured electron density profiles and that of the atomic oxygen, have been taken into account. The aeronomical interpretation of the results obtained in Part I is discussed; the explanation of the observed SPA are attributed to variations in atomic oxygen concentration due to large vertical displacements in the equatorial region.

## INTRODUCCION

En la Parte I de este trabajo se han mostrado eventos en la recepción de señales en muy baja frecuencia (MBF) durante la noche, que no parecen relacionables con perturbaciones geomagnéticas. En esta parte del trabajo se analizan los eventos en MBF en función de posibles cambios aeronómicos en la ionósfera inferior nocturna. La información experimental descrita en la Parte I reflejaría las variaciones del perfil de densidad electrónica en la ionósfera inferior nocturna.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que lo dicho en el párrafo anterior se refiere a una condición promedio a lo largo del camino de la onda y durante el tiempo que dura el evento; ello limita el valor de las deducciones aeronómicas que puedan inferirse.

## REGION I

Debido a procesos de ionización primaria por radiación X estelar y difusa, radiación cósmica galáctica, radiación Lyman alfa dispersa en la geocorona y por precipitación de partículas subsisten en condiciones nocturnas, electrones libres en la mesósfera, (Aikin A.C., 1971, Wratt D.S., 1976, Swider W., 1978). La química iónica determina la concentración electrónica entre los 60 km y 85 km de altura, debido a la alta densidad de especies moleculares y a la presencia de componentes neutros minoritarios. Radicella S.M. y Restbergs V., (1980) utilizan un modelo general de la química de iones negativos, encuentran que el componente minoritario oxígeno atómico es el que determina el perfil de la densidad electrónica en condiciones nocturnas normales. Dickinson P.G.H. y otros (1980) muestran esta dependencia en mediciones simultáneas de concentración electrónica y del oxígeno atómico en total coincidencia con el análisis teórico mencionado, Fig. 2 y 3.

Offerman D. y otros, (1979), Beynon W.J.G., y otro, (1976), Abdu M.A. y Batista S.I. (1979), Chakrabarty P. y otro, (1979), Chakrabarty D.K. y otro (1978), Ratnasiri P.A.J., (1977), Ogawa T. y Shimazaki T., (1975), Ackerman M. (1979), Gnalaningam S. y Kane J.A. (1978), discuten la importancia del aumento del monóxido de nitrógeno en el incremento de densidad electrónica observado durante ciertas condiciones ionosféricas. La ionización de este componente minoritario, por la radiación Lyman  $\alpha$ , es dominante por encima de los 77 km de altura, Fig. 1.

Arnold F. y Krankowsky, (1977), Thomas L., (1976) y Kopp E., (1980), entre otros, consideran que la influencia de la temperatura en los coeficientes de velocidad de las reacciones químicas, pueden producir variaciones en el perfil electrónico.

Utilizando el modelo químico y la metodología introducidos por Restbergs V. y Radicella S.M. (1976), se puede investigar la importancia relativa de los distintos parámetros aeronómicos mencionados sobre el perfil de densidad electrónica nocturna, Fig. 4. De ella se deduce que la variación de la temperatura no introduce cambios sensibles en el perfil, mientras que un aumento importante de la concentración del monóxido de nitrógeno modifica marcadamente la forma del mismo.

#### INTERPRETACION AERONOMICA DE LAS ANOMALIAS DE FASE NOCTURNAS (AFN)

Teniendo en cuenta la relación existente entre la conductividad y sus variaciones y la de la densidad electrónica de la Fig. 2 de la Parte I, utilizando la metodología indicada, se deduce que el máximo de variación del gradiente de densidad electrónica es de sólo un 17%. Esto hace suponer entonces que si los eventos son relacionados a un proceso aeronómico, ellos reflejarían un descenso de la capa ionizada sin una modificación importante de la forma del perfil, Fig. 5. Considerando la variación de los perfiles de densidad electrónica de la Fig. 2, calculados para distintas concentraciones de oxígeno atómico, se deduce que las variaciones de fase y amplitud de las señales en MBF observadas, pueden ser atribuidas a una modificación de la concentración de oxígeno atómico en la mesósfera. Si, por otra parte se quiere atribuir las AFN observadas a una variación de la concentración de monóxido de nitrógeno, la Fig 4 muestra que el perfil de densidad electrónica resultante daría lugar a variaciones del coeficiente  $\beta$  mucho más importante que las observadas.

Por lo anterior y utilizando los resultados de variación en la concentración del oxígeno atómico observados por Wasser B. y Donahue T.M., (1979); Krankowsky y otro., (1979), Arnold F. y Krankowsky D., (1977) y Dickinson P.G.H. y otros, (1980), se ha estimado la variación en la densidad de oxígeno atómico que pudiera dar lugar a las fases máximas de los eventos observados en MBF, Fig. 6. Variaciones en la concentración del oxígeno atómico como las calculadas en este trabajo son observadas experimentalmente por Dickinson P.G.H. y otros, (1980) Fig. 3, acompañadas siempre por una variación similar en la densidad electrónica.

Los casos en donde la variación en altura ( $\Delta h$ ) calculada es superior a los 6 Km, a lo que corresponderían variaciones de la distribución de oxígeno atómico que exceden, según nuestro conocimiento, a lo observado experimentalmente, serán analizadas en otro trabajo.

#### CONCLUSIONES

1 - Las variaciones observadas durante las AFN deben ser interpretadas como un descenso de la capa ionizada, manteniendo el gradiente de ionización

prácticamente inalterado.

2 - Este comportamiento puede ser explicado por una variación similar de la distribución de densidad del oxígeno atómico en la mesósfera.

3 - Las variaciones observadas durante las AFN no pueden ser atribuidas ni a variaciones de concentración en la distribución del monóxido de nitrógeno, por cuanto las mismas introducirían necesariamente cambios en el gradiente del perfil de la densidad electrónica nocturna, ni a la estructura de temperaturas de la mesósfera.

#### RECONOCIMIENTOS

La publicación del presente trabajo, cuenta con la autorización de la Dirección del CAERCEM. El mismo corresponde a un proyecto del Programa Nacional de Radiopropagación.

#### BIBLIOGRAFIA

- Abdu, M.A. y Batista, I.S., 1979: Nitric oxide height distribution in the lower ionosphere from rocket ion composition results over a Southern temperate latitude station; *J. Geophys. Res.*, 84, 5267-5271.
- Ackerman, M., 1979: In situ measurements of middle atmosphere composition; *J. Atmos. Terr. Phys.*; 41, 723-733.
- Aikin, A.C., 1971: Ionization sources of the ionospheric D and E regions; COSPAR symposium on D and E region ion chemistry, Urbana, Illinois.
- Arnold, F. y Krankowsky D., 1977: Ion composition and electron-and ion-loss processes in the earth's atmosphere; *Dynamical and Chemical Coupling D. Reidel Publish. Comp.* 93-127.
- Beynon, W.J.G., 1976: D region rocket measurements in winter anomaly absorption conditions; *Nat.*, 261, 118-119.
- Böwmann, M.R., Thomas, L., Geisler J.E., 1970: The effect of diffusion processes on the hydrogen and oxygen constituents in the mesosphere and lower thermosphere; *J. Atmos. Terr. Phys.*; 12, 1661-1674.
- Chakrabarty, D.K. y Chakrabarty P., 1978: The effect of variations in temperature and nitric oxide density on ion-clustering in the mesopause region during winter anomaly; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 40, 1147-1152.
- Chakrabarty, P., Chakrabarty, D.K., 1979: Nitric oxide under different constraints imposes on ion-neutral chemistry; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 41, 551-560.
- Dickinson, P.G.H., Bain, W.C., Thomas, L., Williams, E.R., Jenkins, D.B. and Twiddy, N., 1980: The determination of the atomic oxygen concentration and associated parameters in the lower ionosphere; *Proc. Roy. Soc. London*, 369-379.
- Gnanalingam, S., y Kane, J.A., 1978: Shortcomings in our understanding of the

- Lower ionosphere as revealed by an analysis of radiowave absorption measurements; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 40, 629-641.
- Hesstvedt, E., 1970: A meridional model of the oxygen-hydrogen atmosphere; Institute of Geophysics, University of Oslo, Norway.
- Kopp, E., 1980: Ion composition in the D and lower E region with particular emphasis on cluster ions. Invited Paper N°7.4.7. workshop on experience with and proposed improvements of the international reference ionosphere, Hungary, June 1980.
- Krankowsky, D. y Arnold, F., 1979: Neutral atmospheric composition measurements during the western european winter anomaly campaign 1975/76; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 41, 1085-1090.
- Moreels, G. y Megie, G., 1977: An oxygen-hydrogen atmospheric model and its application to the OH emission problem; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 39, 551-570.
- Offerman, D., Curtis, P., Cisneros J.M., Satrustegui, J. y Petzoldt, K., 1979: Atmospheric temperature structure during the Western European Winter Anomaly Campaign 1975/76; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 41, 1051-1061.
- Ogawa, T., y Shimazaki, T., 1975: Diurnal Variations of Odd Nitrogen and Ionic Densities in the Mesosphere and Lower Thermosphere: Simultaneous Solution of Photochemical-Diffusive Equations; *J. Geophys. Res.*, 80, 3945-3960.
- Radicella, S.M. y Restbergs, V., 1980: Oxygen Allotropes Concentrations and Electron Density Profiles in the Nighttime D-region; Aceptado para su publicación en el *J. Atmos. Terr. Phys.*
- Ratnasiri, P.A.J., 1977: D-region processes at equatorial latitudes; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 39, 999-1009.
- Restbergs, V. y Radicella, S., 1976: Generalización de una sistemática iónica efectiva para la ionósfera inferior; *IPGH Revista Geofísica*, 4, 25-47.
- Shimazaki, T. y Laird, A.R., 1972: Seasonal effects on distribution of minor neutral constituents in the mesosphere and lower thermosphere; *Rad. Sci.*, 7, 23-49.
- Swider, W., 1978: Ion Production in the D-region; Preprint N°78. International Solar Terrestrial Predictions and Workshop Program.
- Thomas, L., 1976: Mesospheric Temperatures and the Formation of Water cluster ions in the D-region; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 38, 1345-1350.
- Wasser, B. y Donahue, T.M., 1979: Atomic Oxygen Between 80 and 120 km: Evidence for a Latitudinal Variation in Vertical Transport Near the Mesopause. *J. Geophys. Res.*, 84, 1297-1309.
- Wratt, D.S., 1976: Ionization enhancement in the middle latitude D-region due to precipitating high energy electrons. *J. Atmos. Terr. Phys.*, 38, 511-516.

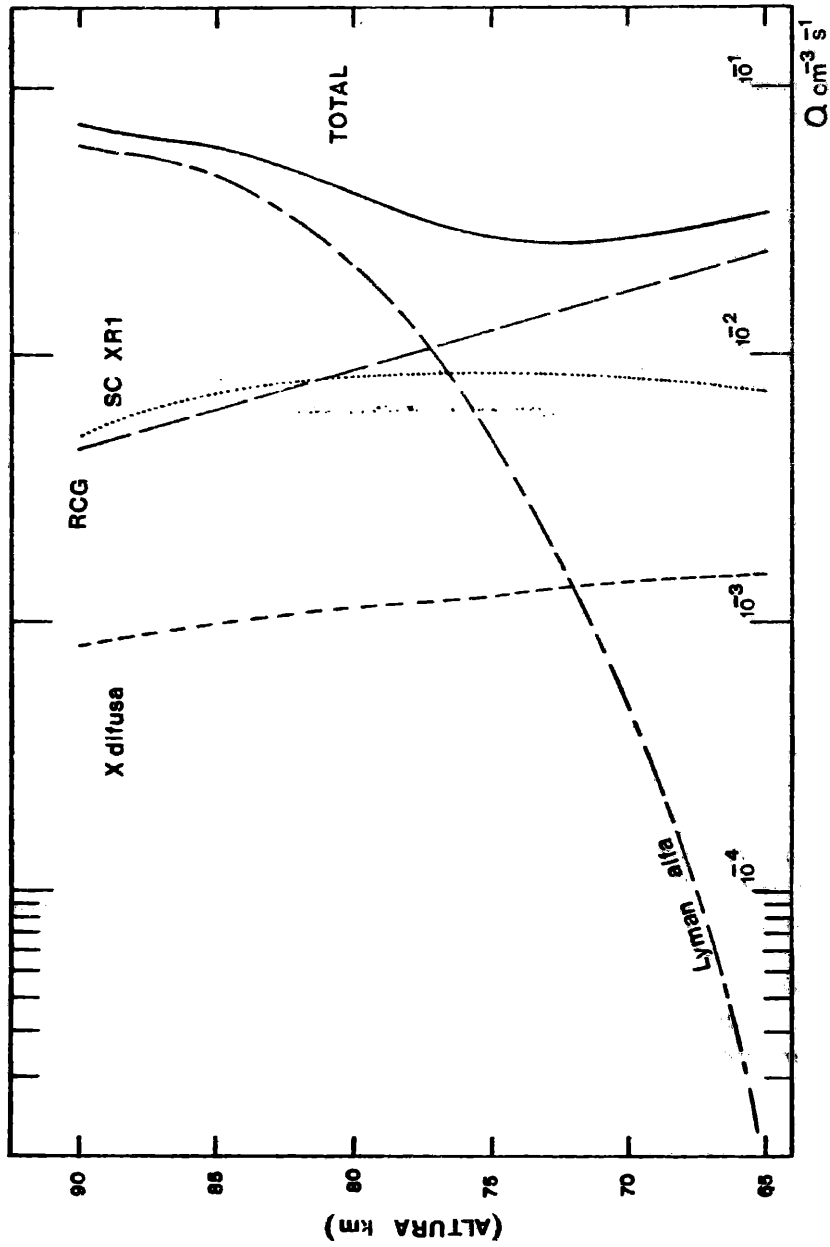


Fig. 1: Velocidades de ionización nocturna.

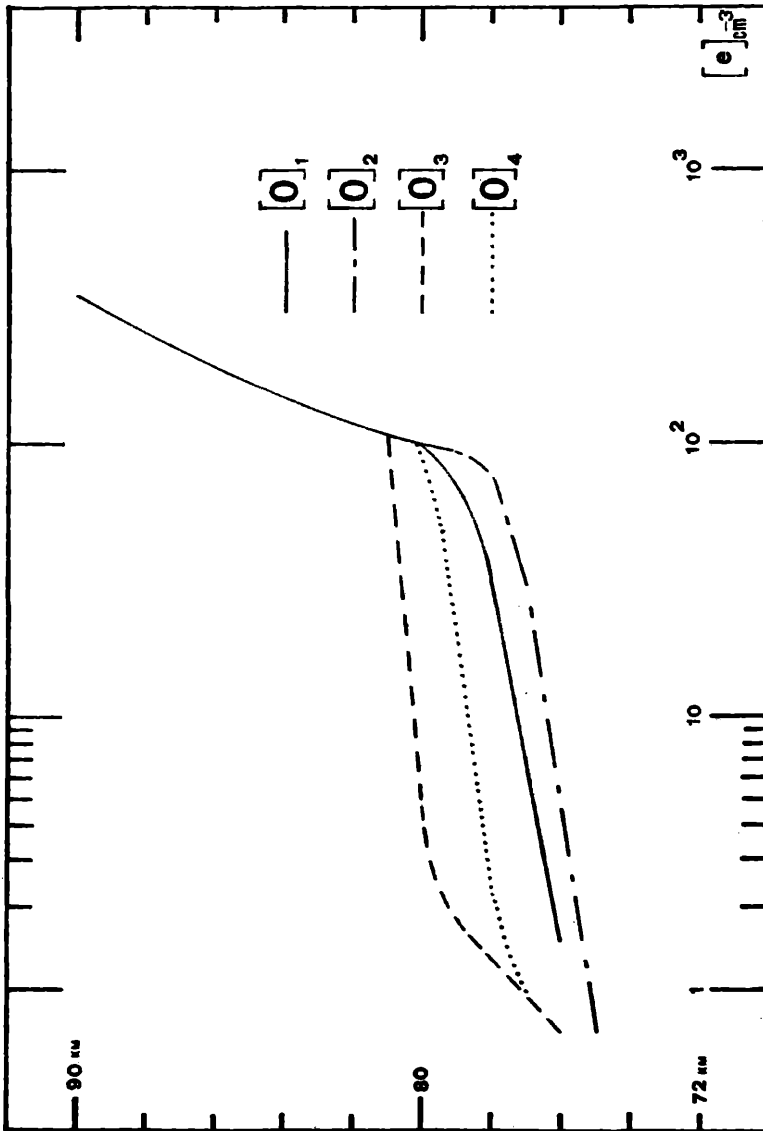


Fig. 2: Perfiles de densidad electrónica nocturna calculadas por Radicella y Restbergs (1980). (O)<sub>1</sub>: Moreels y Megie, (1977); (O)<sub>2</sub>: Shimazaki y Laird, (1972); (O)<sub>3</sub>: Bowman y otros (1970); (O)<sub>4</sub>: Hesstvedt (1970).

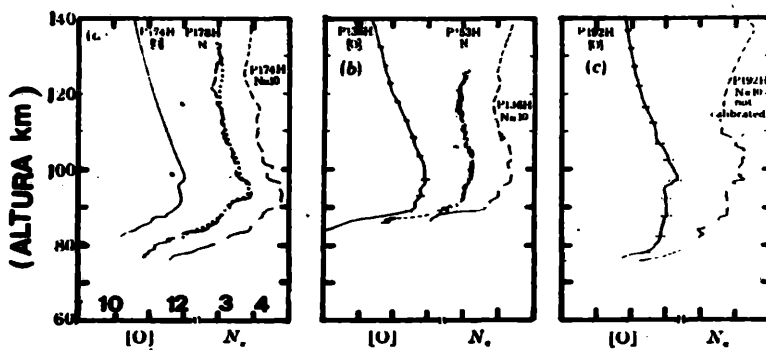


Fig. 3: Perfiles de densidad electrónica y de oxígeno atómico medidos por Dickinson y otros, (1980).



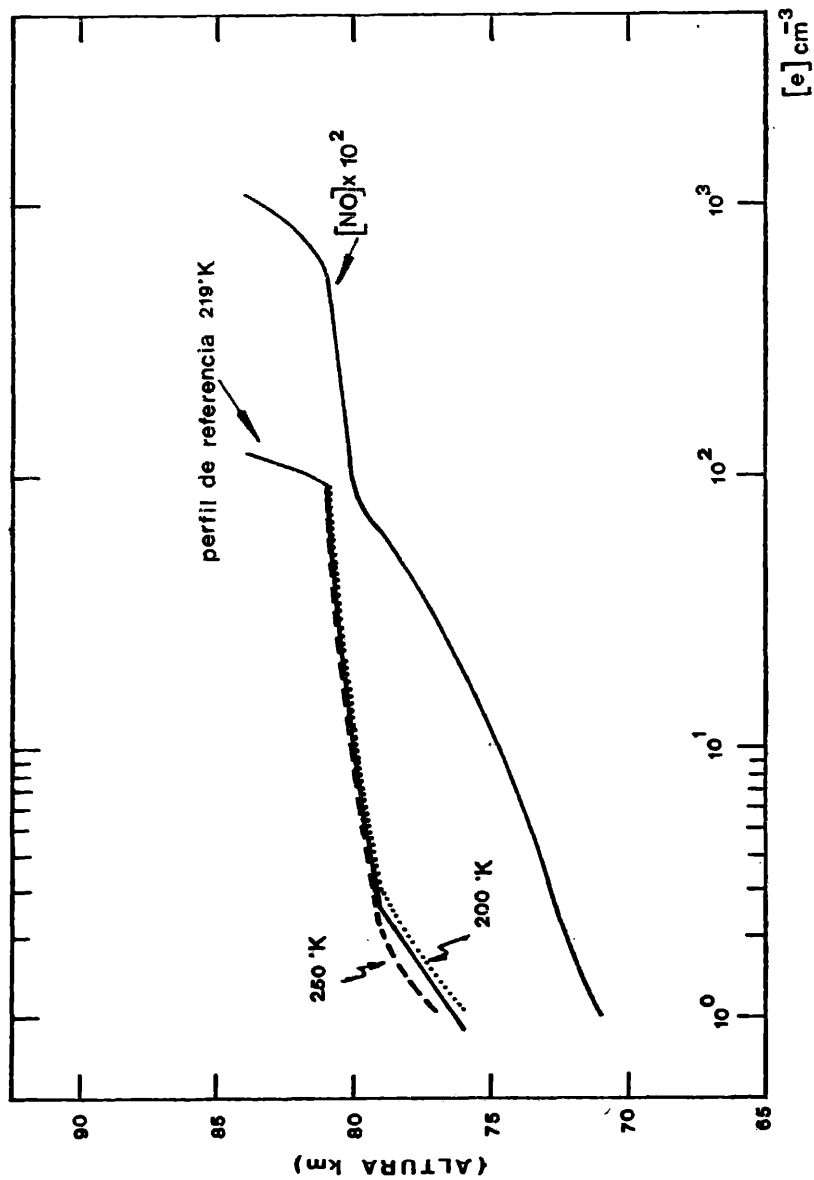


Fig. 4: Perfiles de densidad electrónica nocturna calculados variando la temperatura en 50 K° y la densidad de NO en 10<sup>2</sup>.

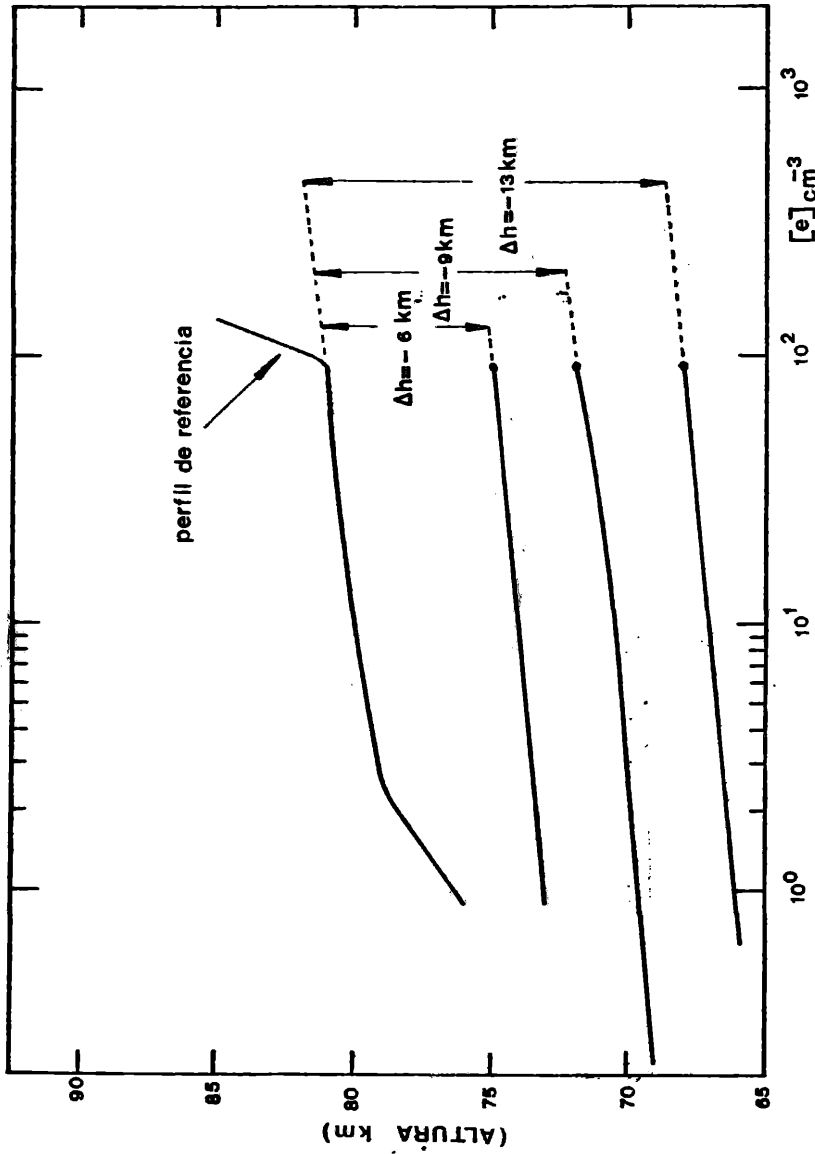


Fig. 5: Perfiles de densidad electrónica calculados para los distintos descensos en la altura de reflexión de la señal de 24 KHz.

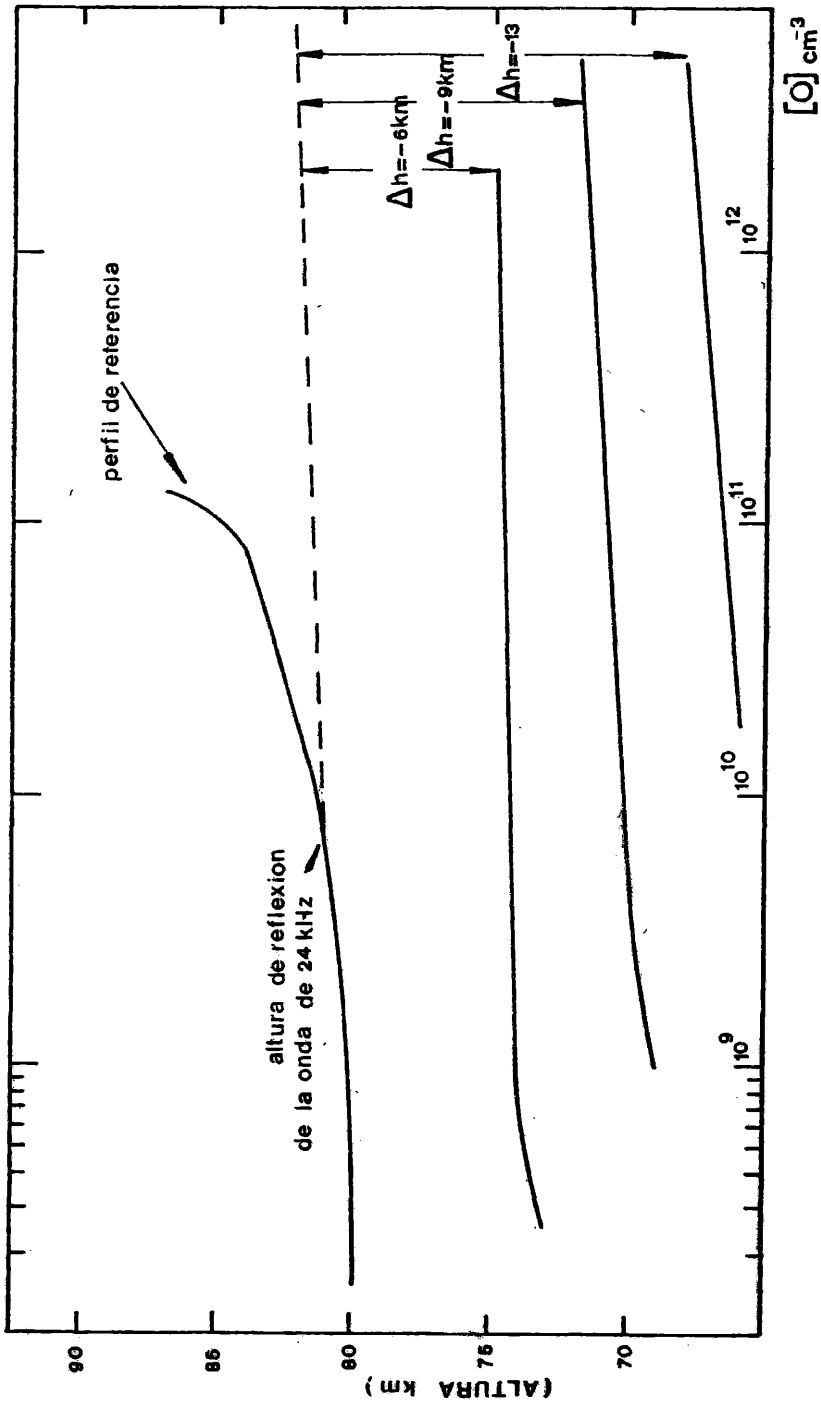


Fig. 6: Perfiles de densidad de oxígeno atómico calculados para obtener los perfiles de densidad electrónica de la Fig. 5.

