

LA OBSERVACION DEL COMETA HALLEY DESDE EL IAR

E. Bajaja\*, E.M. Arnal\*, J.C. Cersósimo\*, F.R. Colomb\*,  
M.C. Martín\*, J.R. Mazzaro\*, R. Morras\*, J.C. Olalde\*,  
W.G.L. Poppel\*, A.M. Silva, I.F. Mirabel\*\*, V. Boriakoff\*\*\*

\* IAR

\*\* IAFE, IAR

\*\*\* NAIC

**RESUMEN:** El Cometa Halley fue observado con el radiotelescopio del IAR, entre el 6 de febrero y el 1<sup>o</sup> de mayo de 1986, en la línea de 1667 MHz ( $\lambda = 18$  cm) del radical OH. La línea fue detectada en absorción entre el 23 de marzo y el 23 de abril. No se observaron asimetrías significativas en los perfiles. El número total de moléculas de OH, calculado en base a los perfiles observados y al modelo utilizado por Schloerb y Gerard (1985), muestra variaciones semiperiódicas con relaciones entre máximos y mínimos del orden de 1,7 y su valor medio es 2,5 veces mayor que el valor predicho por dichos autores.

**ABSTRACT:** The Halley Comet was observed with the IAR radio telescope, between the 6th of February and the 1st of May, 1986, in the OH-1667 MHz line. The line was detected in absorption between the 23rd of March and the 23rd of April. No significative asymmetries were observed. The total number of OH molecules, as derived from the profiles and the model

used by Schloerb and Gerard (1985), shows quasi-periodic variations with maximum-to-minimum ratios of about 1.7 and its average is about 2.5 times larger than the predicted value.

## INTRODUCCION

Tres hechos coincidieron para favorecer la observación del Cometa Halley desde el IAR durante su reciente aparición: a) que una de las moléculas más abundantes presentes en la coma fuera el radical OH; b) que el receptor del IAR estuviera capacitado para recibir las líneas de 18 cm del OH, y c) que durante cierta época (abril de 1986) el Cometa Halley estuviera en declinaciones menores que  $-40^{\circ}$ , fuera del alcance de los observatorios del hemisferio norte y, durante ciertas horas, aún del alcance de otros observatorios del hemisferio sur.

La mayor parte de las moléculas que son eyectadas del núcleo del cometa, por sublimación del hielo de que está constituido, son de  $H_2O$  y éstas, al ser disociadas por la radiación solar dan lugar a la creación de moléculas de OH a través de:



Estas moléculas de OH serán a su vez descompuestas, luego de un cierto tiempo, también por la radiación solar o sea tienen un tiempo de vida durante el cual los rayos UV del sol provocan la excitación de los niveles de estas moléculas que se encuentran en los niveles fundamentales rotacional y vibracional. Las moléculas se desexcitan espontáneamente en forma de cascada hasta ocupar los niveles inferiores que consisten en un doblete  $\lambda$ .

La población relativa de estos niveles depende de la velocidad relativa de las moléculas de OH con respecto al sol en el momento de la excitación, lo que significa que el gas de OH contenido en la coma emitirá o absorberá radiación en forma magnificada en función de la velocidad, y por lo tanto, de su distancia con respecto al sol.

Durante las apariciones de cometas anteriores a la del Halley, algunos observatorios pudieron recoger suficiente información como para poder elaborar teorías y modelos de los fenómenos cometarios, en particular los relacionados con la producción y comportamiento del OH en la coma, y predecir el comportamiento del Cometa Halley. Schloerb y Gerard (1985) (SG de aquí en más), en particular, elaboraron la predicción de los resultados de las observaciones en la línea de 1667 MHz del OH que sirvieron de base para la planificación de dichas observaciones.

## OBSERVACIONES

Una de las opciones del cabezal del receptor, utilizado con la antena de 30 m N<sup>o</sup> 1 del IAR, permite la observación de señales con longitudes de onda de 18 cm y por lo tanto de las líneas de 1612, 1665, 1667 y 1720 MHz del OH. A estas frecuencias la antena tiene los siguientes parámetros:

Ancho de haz a media potencia: 29'

Eficiencia de apertura: 45%

Del segundo parámetro se deduce que  $S/Ta=8.7$  Jy/K.

La temperatura de sistema en esta banda es de 93 K. El máximo tiempo que el cometa pudo ser observado cada día, fue de cuatro horas debido a la limitación de movimiento de la antena en la dirección este-oeste. Para la detección de la línea se dispuso de un banco de 74 filtros de

cristal de 2,2 KHz de ancho a potencia mitad o sea que la resolución en velocidad, a 1667 MHz, era de aproximadamente 0,4 km/s.

De estos 74 filtros, 24 eran preexistentes y estaban sintonizados de modo que su separación era de 3 KHz (0,54 km/s). Para la observación del Cometa Halley se instalaron 50 nuevos filtros de las mismas características en cuanto a ancho de banda pero con separación de 2,2 KHz. De esta forma, el ancho total en velocidad cubierto era de 32.7 km/s permitiendo disponer de un rango suficiente para tener una línea de base adecuada (el ancho de perfil esperado era de alrededor de 4 km/s o sea de unos 10 canales).

Con el ancho mencionado de 2,2 KHz, el ruido teórico r.m.s., con cuatro horas de integración, observando en el modo de conmutación de frecuencias, era de 0.033 K que fue el que se obtuvo en la realidad aproximadamente.

Las coordenadas del núcleo del cometa y la velocidad del mismo se interpolaron a partir de las efemérides para intervalos de cinco minutos para poder ajustar la posición de la antena y la frecuencia del oscilador local de modo que los errores fueran menores que 0,1 veces el ancho del haz y de un canal respectivamente. Las frecuencias del oscilador local se ajustaron de manera que la velocidad del cometa cayera en el centro del canal 40; de esta manera las velocidades de los perfiles quedaban referidas a la velocidad del núcleo. Tanto el apuntamiento de la antena como la frecuencia del oscilador local y el comportamiento general del receptor fueron verificados con fuentes calibradoras de OH galácticas que incluían un perfil de absorción para la calibración de la temperatura y/o un maser para la calibración de la frecuencia (velocidad).

Las observaciones comenzaron el 6 de febrero de 1986, cuando el cometa penetró en el campo de visibilidad de la antena, cuyo límite norte se encuentra a la declinación

de  $-9,5$  grados, y finalizaron el 1<sup>o</sup> de mayo cuando el cometa era ya indetectable. Sólo en tres del total de 84 días comprendidos en este período no se observó el cometa o sea que la eficiencia fue de un 96%. La falta de control automático de la posición de la antena y de la frecuencia del oscilador local hizo necesaria la presencia y acción continua de un observador.

Luego de observado el cometa Halley, se observó el continuo, en 1660 MHz, determinándose las temperaturas de fondo  $T_F$  en los mismos puntos en los cuales se detectó la señal de OH del cometa. Estas observaciones eran necesarias para estimar el número total de moléculas de OH.

## RESULTADOS

De los 81 espectros obtenidos, 34 muestran claras detecciones del perfil en absorción; son los obtenidos entre el 23 de marzo y el 23 de abril. La obtención de perfiles en absorción y no en emisión estaba prevista en las predicciones de SG porque los modelos para la población relativa de los niveles superior ( $n_S$ ) e inferior ( $n_I$ ) del doblete  $\lambda$ , expresados con la inversión  $i=(n_S-n_I)/(n_S+n_I)$ , indicaban para éste valores negativos para la época en que se lo observó.

De cada uno de los perfiles detectados se obtuvieron los siguientes parámetros observacionales:

a) Area del perfil  $F = \sum Ta_i \cdot \Delta v$

b) Velocidad media pesada:  $V_m = \sum Ta_i \cdot V_i / \sum Ta_i$

donde  $Ta_i$  es la temperatura de antena para cada canal,  $\Delta v$  es la separación en frecuencia entre canales sucesivos en KHz y  $V_i$  es la velocidad de cada canal con respecto al núcleo.

De estos parámetros se dedujeron los siguientes parámetros derivados mediante la aplicación del modelo utilizado por SG:

c) Área del perfil corregida por dilución del haz de antena:  $F_c = F \cdot \eta_0$ .

d) Número de moléculas de OH:

$$NOH = 4,21 \cdot 10^{33} D^2 \cdot F_c / (i \cdot T_F)$$

e) Densidad de flujo promedio:  $S = F_c / A$

donde  $\eta_0$  es el factor obtenido de la Figura 2 de SG para la corrección del efecto de dilución del haz,  $D$  es la distancia Tierra-Cometa en unidades astronómicas y  $A$  es el ancho del perfil, supuesto constante y de 22 KHz (4 Km/s) para obtener valores comparables con los predichos por SG. La fórmula para el cálculo de NOH se derivó de la utilizada por SG para la predicción de la densidad de flujo observable del C. Haley.

La Figura 1 muestra las temperaturas del continuo de fondo,  $T_F(\cdot)$  junto con los flujos integrados de los perfiles observados corregidos por el efecto de dilución del haz y normalizados a la distancia mínima  $D_m = 0,42$  UA:  $F_c' = F_c \cdot (D/D_m)^2$  (+). Los puntos han sido unidos por trazos llenos excepto cuando falta algún punto intermedio (por no haber sido observado). Las curvas resultantes permiten apreciar el grado de correlación existente entre ambas, o sea del flujo observado con la temperatura del fondo. Las variaciones de  $F_c'$  son mucho mayores que los errores estimados por lo que es muy probable que sean reales.

La correlación mencionada hace que al aplicar la fórmula para el cálculo de NOH, en el cual  $F_c'$  queda dividida por  $T_F$ , NOH no dependa de  $T_F$  como puede apreciarse en la Figura 2. Las variaciones casi regulares de NOH, relacionadas con las de  $F_c'$ , son tales que las relaciones entre máximos y mínimos son del orden de 1.7. Los errores son pequeños en comparación con dichas variaciones por lo que las mismas son aparentemente reales. La comparación de estos resultados con los obtenidos desde otros observatorios permitirá confirmar o no esta realidad. Su período es del orden de 5 o 6

días que no coincide con el periodo de rotación del núcleo que, de acuerdo con las mediciones efectuadas con los satélites Vega 1 y 2 de la URSS (Saggeev et al. 1986), durante su encuentro con el cometa a comienzos de marzo de 1986, es de 53 horas.

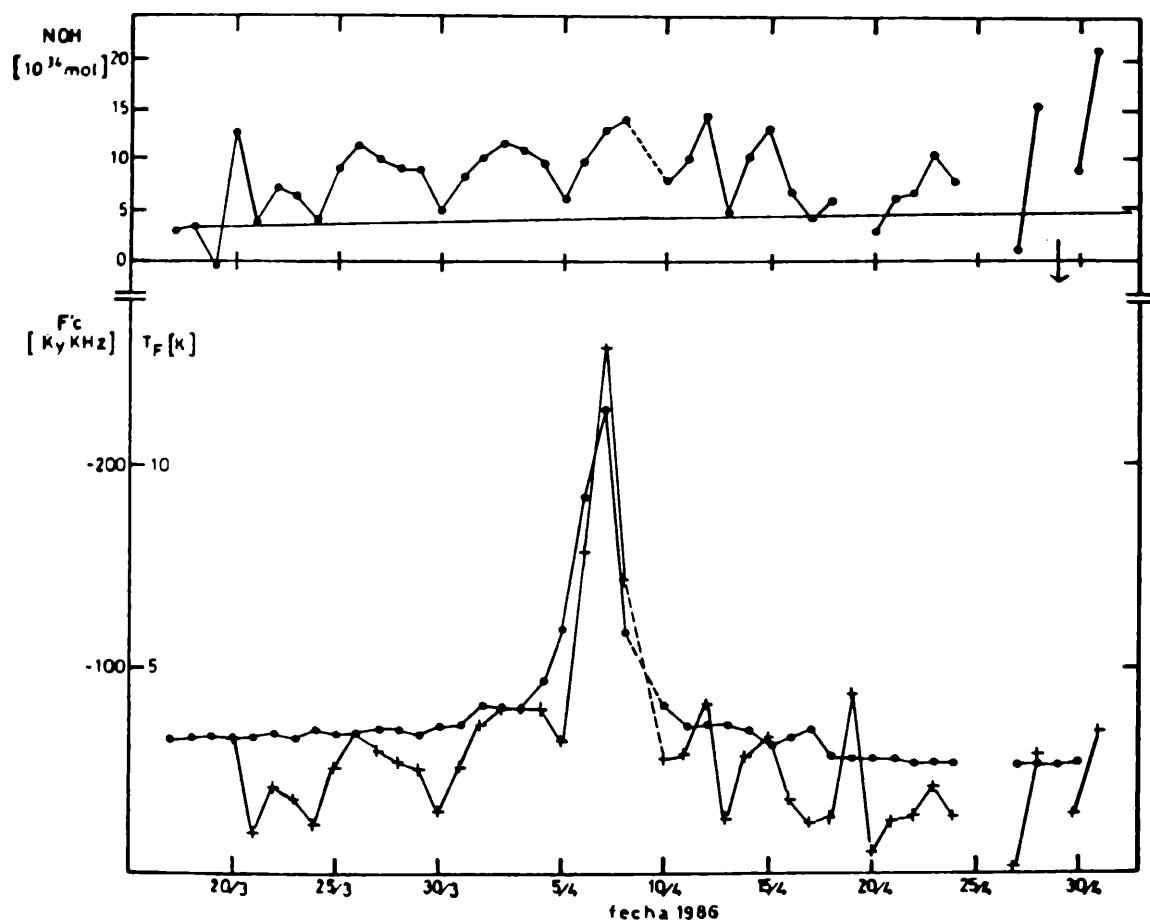


Figura 1: En la figura inferior se muestran la temperatura de fondo  $T_F(K)$ (.) y el flujo total  $F_c'(Jy \text{ KHz})(+)$  corregido por los efectos de dilución del haz de antena y de distancia (se ha normalizado a la distancia mínima de 0.42 UA). En la figura superior se muestra el número total de moléculas NOH (.) deducido de las observaciones en base a una fórmula de Schloerb y Gerard (1985) así como el valor predicho por los mismos (línea llena).

El número de moléculas promedio, obtenido en el período comprendido entre el 23 de marzo y el 12 de abril, durante el cual la relación señal-ruido fue aceptablemente buena, es unas 2,5 veces superior al valor predicho por SG.

#### REFERENCIAS

- Sagdeev, R.Z.; Blamont, J.; Galeev, A.A.; Moroz, V.I.;  
Shapiro, V.D.; Shevchenko, V.I. y Szego, K.  
1986: Nature 321, 259.
- Schloerb, F.P. y Gerard, E. 1985: Astron. J. 90, 1117.