

PRODUCCION GASEOSA DEL COMETA HALLEY:
ERUPCIONES Y FOTODISOCIACION DEL RADICAL OH

Adrian M. Silva e Igor F. Mirabael

Instituto de Astronomia y Fisica del Espacio

CONICET - Argentina

ABSTRACT: We report the detection of 20 outbursts in the $\lambda=18\text{cm}$ line of OH radical (1667 MHz) in the Halley Comet. Observations belong to monitoring existing and extend from 120 days pre-perihelion to 90 days post-perihelion. Sudden raisings, up to a factor 10 are detected in the flux, followed by slow decays associated with OH photodissociation. We obtain values for photochemical life time of OH and H_2O based on a previous model developed by Silva (1988). These life-time agree with theoretical predictions and U.V. observations, and the results, which strongly depend on heliocentric velocity of Comet (varying up to a factor 6), have been calculated for several ranges of velocity from +28 to -28 km/sec.

RESUMEN: En este trabajo informamos la detección de 20 erupciones en la línea de $\lambda=18\text{cm}$ (1667 MHz) del radical OH en el Cometa Halley. Las observaciones incluyen todos los monitoreos existentes y se extienden desde 120 días antes del perihelio hasta 90 días después. Se detectan bruscos crecimientos en el flujo medido, hasta un factor 10, seguidos por decaimientos lentos asociados con la fotodisociación del OH. Se obtuvieron valores para el tiempo de vida fotoquímico del OH y del H_2O basándose en el modelo desarrollado previamente por Silva (1988). Esos tiempos de vida están de acuerdo con predicciones teóricas y con las observaciones en el Ultravioleta, y los resultados, los que son fuertemente dependientes de la velocidad heliocéntrica del Cometa (variando hasta un factor 6), han sido calculados para varios rangos de velocidad entre +28 y -28 km/seg.

Key words: COMETS

INTRODUCCION

El conocimiento de los mecanismos de producción de moléculas y el cálculo de la misma son esenciales para la comprensión de los fenómenos que suceden en los cometas. En este sentido la existencia de Outbursts, es decir fuertes incrementos en el contenido gaseoso de la coma resulta un descubrimiento inédito antes del Halley. Pueden intervenir en los mismos, el calentamiento solar, la rotación nuclear del cometa y fuentes internas de energía.

Por otro lado, para el cálculo de la producción gaseosa es esencial conocer los tiempos de vida de las moléculas, los cuales dependen principalmente de la absorción de líneas del espectro solar a estados disociativos. Debido al corrimiento Doppler, estos tiempos resultan dependientes de la velocidad heliocéntrica del cometa, efecto que ya había sido observado en la inversión de población del estado fundamental del OH que opera como un Maser no saturado. De aquí que el modelo desarrollado presenta interés por brindar un nuevo método de cálculo de las producciones gaseosas, a través del cálculo de los tiempos fotoquímicos T_i , los que a su vez permiten investigar la interacción de la radiación solar con las especies neutras en condiciones de extrema baja densidad y temperatura.

I. OBSERVACIONES

Las observaciones corresponden a los monitoreos realizados desde D.R.A.O. por Alt (1987), desde Nancay por Gérard et al. (1986), desde el Instituto Argentino de Radioastronomía por Bajaja et al. (1987) y desde Arecibo por Lewis et al. (1987).

Además se han empleado datos tomados por el I.U.E. (Feldman et al. 1986). Numerosos trabajos adicionales dan cuenta de la existencia de outbursts aislados.

Para el procesamiento de los datos se tuvo especialmente en cuenta el tiempo de tránsito de las moléculas por el haz de antena respectiva, dado que este puede afectar los decaimientos observados. Las velocidades del OH fueron obtenidas de los perfiles y las distancias proyectadas de Shloerb & Gérard (1985). Se dejaron de lado por lo tanto los decaimientos que podían estar afectados por este fenómeno.

El flujo medido en Tierra depende, además del contenido gaseoso, de la inversión de población y de la temperatura del fondo cósmico T_{BG} y de la distancia geocéntrica. Estos tres parámetros han sido incluidos para corregir el flujo del Maser de OH, de modo que sólo dependa del contenido gaseoso, con la fórmula:

$$F_{corr.} = \frac{F_v \times 0.24 \times 3.3(^{\circ}K) \times \Delta^2 (U.A.)}{i \times T_{BG} (^{\circ}K) \times l (U.A.)}$$

onde F_v es el flujo medido y los valores numéricos son standard. Como se observa en las figuras 2, el flujo medido por distintas antenas presenta grandes diferencias, las que son explicables por una combinación del outgassing anisotrópico de los bursts con la propia geometría de cada antena.

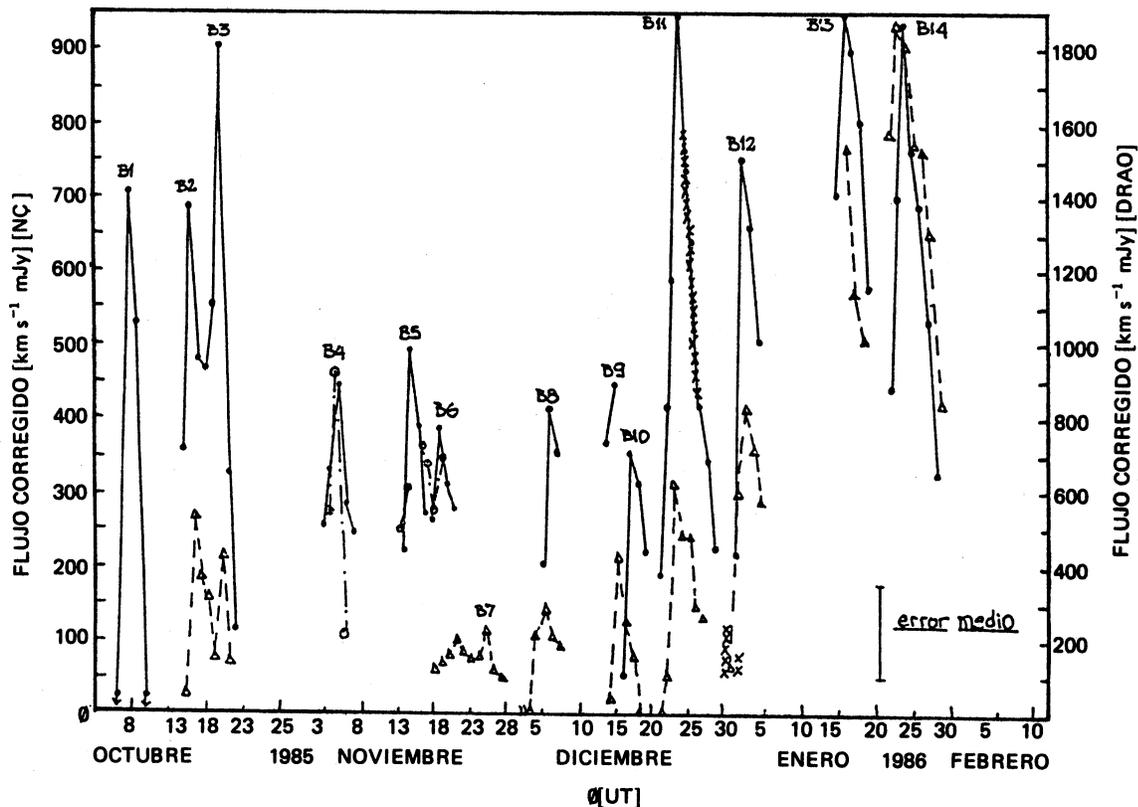


Figura 1: Bursts hallados en el pre-perihelio. La intercomparación de observaciones independientes permite asegurar que el fenómeno es real.

El significado de los símbolos se explica en la figura 2.

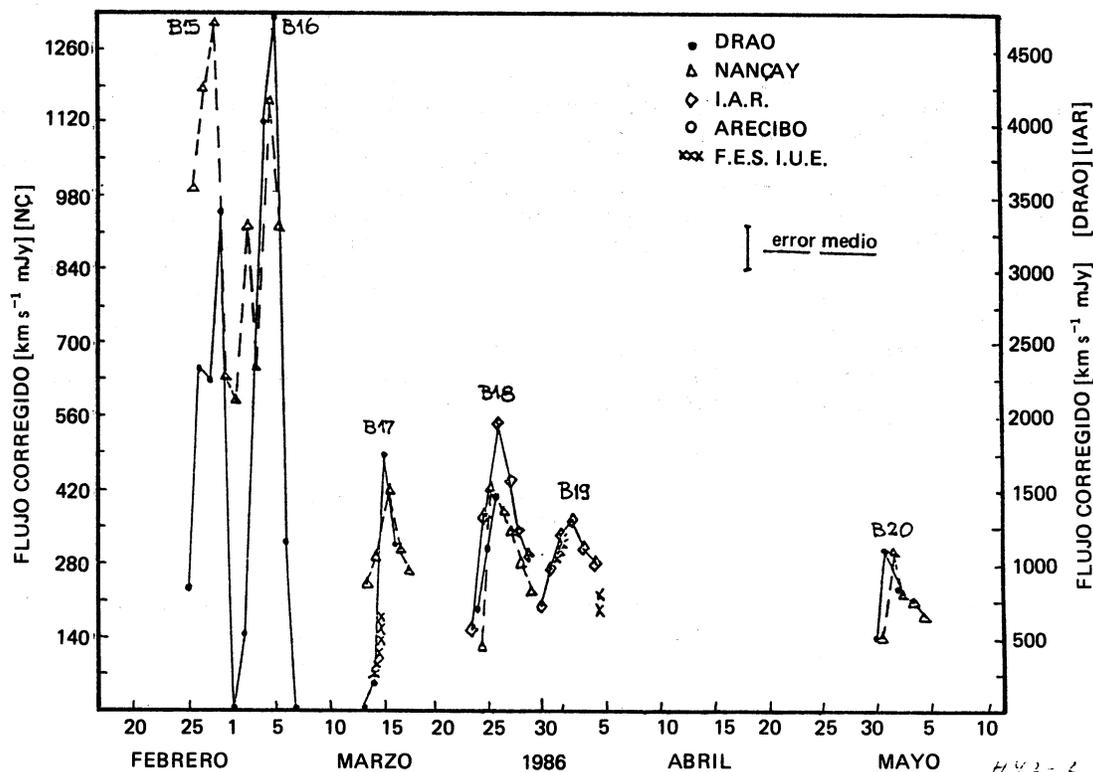


Figura 2: Bursts en el post-perihelio. El flujo corregido está independizado de los efectos de la inversión de población, de la temperatura del background y de la distancia geocéntrica, con lo que resulta proporcional al número de moléculas producidas desde el núcleo.

III. MODELO DE DISOCIACION DEL OH

El radical OH es producido principalmente por disociación del agua que se ha sublimado del núcleo. A su vez, el OH es disociado por los fotones ultravioletas del sol, a través de la absorción en niveles vibracionales específicos del estado electrónico $A^2 \Sigma^+$. El cálculo del tiempo de vida del OH neutro sobre bases puramente teóricas implica conocer en detalle la interacción entre fotones y radicales libres, lo que resulta complicado y acarrea un alto grado de error debido a la incerteza de varios parámetros moleculares y solares. El modelo desarrollado por Silva & Mirabel (1988), permite calcular este tiempo a partir de los datos de radio, sin suposiciones críticas respecto de la distribución de moléculas en la coma. El conocimiento de la evolución temporal de los outbursts es la clave para el cálculo. Si además se conoce el término fuente, es decir el crecimiento inicial de la eyección gaseosa cerca del núcleo, se puede modelar la evolución de todo el Burst, cosa que fue posible en el outburst del 24 al 29 de Marzo de 1986 (ver paper 1). Aun sin conocer este término se pueden modelar los decaimientos e inferir los tiempos fotoquímicos como parámetros de ajuste del modelo. La ecuación que describe la evolución del contenido de gas puede escribirse:

$$\frac{dn(\text{OH})}{dt} = n(\text{H}_2\text{O})/T_1 - n(\text{OH})/T_2$$

1 y 2 denotan al OH y al agua respectivamente. La solución a esta ecuación, cuando comienza el decaimiento, (instante t_f) es:

$$n(\text{OH})(t) = N \exp(-(t-t_f)/T_2) + N'(T_2/T_2 - T_1)(\exp(-(t-t_f)/T_2) - \exp(-(t-t_f)/T_1)).$$

la cual es válida para todo t mayor que t_f .
 En esta ecuación N es el número de moléculas presentes en t_f y se obtiene de los datos de radio. Una vez obtenida esta solución se ajustan los parámetros N' , T_1 , T_2 con las observaciones. En este modelo se ha supuesto que el OH es descendiente del agua únicamente, hipótesis que se ve corroborada por las observaciones. En la aplicación del modelo y la calidad del ajuste para el caso de cuatro bursts seleccionados de los 20 hallados se ven en la figura 3.

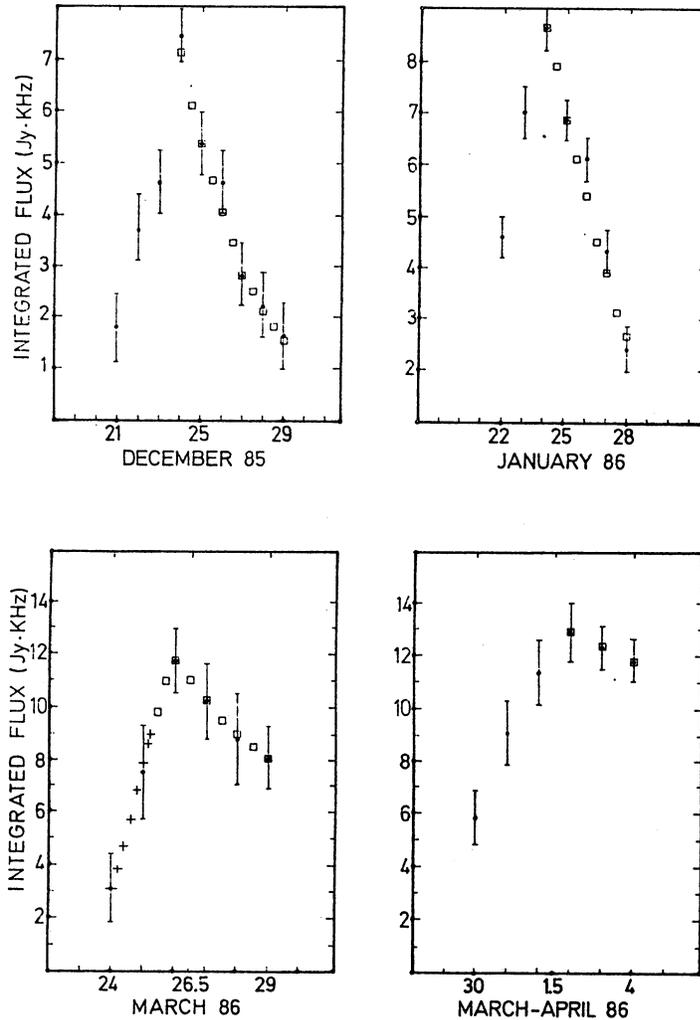


Figura 3: Aplicación del modelo a cuatro bursts identificados en el paper I. Los cuadrados son valores obtenidos del modelo, los puntos son datos de radio y las barras verticales son el σ_{rms} .

Un efecto notable que se encuentra es la fuerte dependencia del tiempo de vida del OH con la velocidad heliocéntrica del cometa, el que debe ser tomado en cuenta para cualquier cálculo sobre el comportamiento global de las especies neutras. La dependencia citada para el tiempo de vida del OH a 1 U.A. del sol se observa en la figura 4

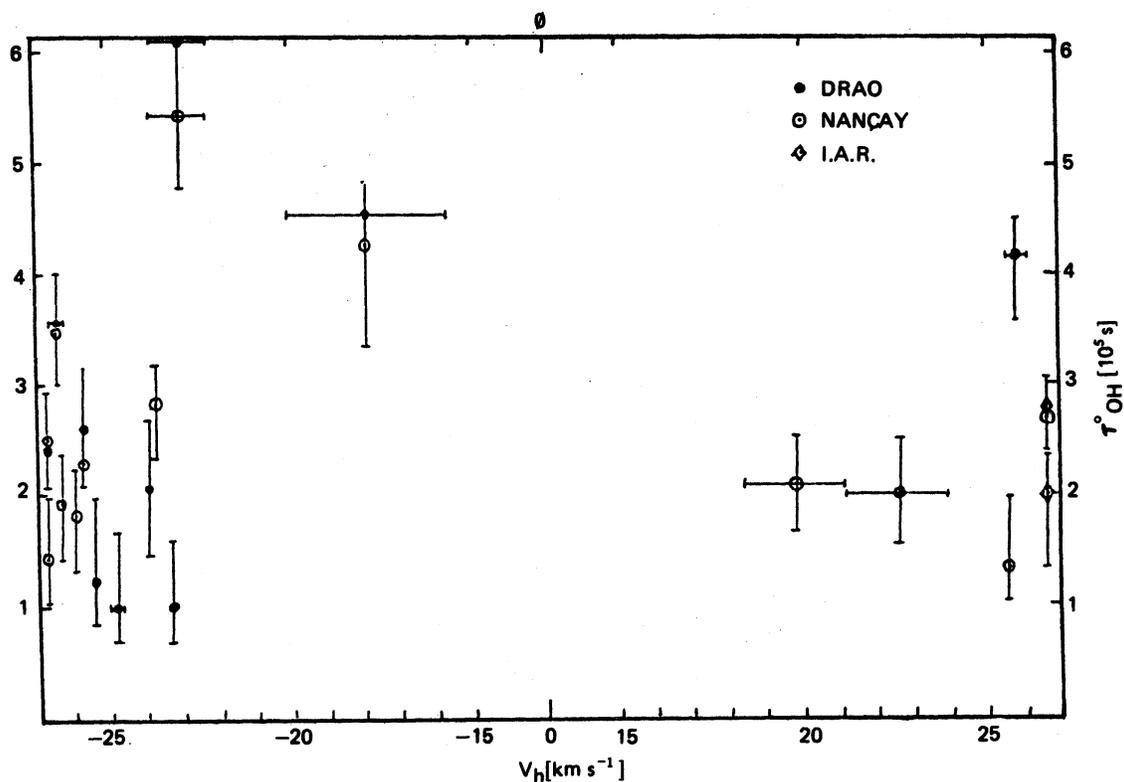


Figura 4: Tiempo de vida fotoquímico del OH a 1 U.A. del sol, deducido del modelo de disociación como función de la velocidad heliocéntrica del cometa. Los datos de radio considerados corresponden a los observatorios citados.

REFERENCIAS

- A'Hearn, M.F. et al., *Nature*, 324, 649 (1986)
 Bajaja, E., et al., *Astrophys. J.* 322, 549 (1987)
 Colom, P., et al. *Astronomy & Astrophys.*, 204, 327 (1988)
 Feldman, P.D., et al. *Nature*, 324, 433 (1986)
 Gérard, E., et al. *Proceedings of 20th ESLAB Sym.* pág. 589 (1986)
 Galt, J., *Astronomical J.*, 93, 747 (1987)
 Lewis, B.M., et al. preprint NAIC, nº 227 (1987)
 Schloerb, F.P., & Gérard, E., *Astronomical J.*, 90, 1117 (1985)
 Silva, A.M., & Mirabel, I.F., *Astronomy & Astrophys.* 201, 350 (1988)

Igor F. Mirabel and Adrián M. Silva: Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Casilla de Correo 67 Suc. 28, Cd. Universitaria, 1428, Bs. Aires, Argentina.