

Fotometría cometaria:

El método de la curva de crecimiento

Dr. Ignacio Ferrín

Centro de Física Fundamental
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela
ferrin@ula.ve

1. Introducción

Desde hace algún tiempo se sabe que las observaciones de cometas con CCD (dispositivos de carga acoplada) permiten alcanzar una magnitud que resulta varios órdenes más débil que la de las observaciones visuales correspondientes. Hasta el momento, la razón de estas diferencias es desconocida. El efecto en cuestión ha sido estudiado por Mikuz y Dintinjana (2001), quienes determinaron que la mejor fotometría de cometas se logra cuando se utilizan lentes de distancia focal corta en combinación con CCD y un filtro V; esto demuestra que uno de los mayores culpables de las magnitudes erróneas de cometas es la excesiva longitud focal. La diferencia que encontraron mediante esta metodología entre las magnitudes V y m1 fue insignificante para los cometas C/1995 O1 Hale-Bopp y 103P/Hartley. Así, es recomendable utilizar siempre la menor distancia focal posible, que resulte suficiente como para ver al cometa.

2. Error de apertura insuficiente del CCD

Se puede deducir de la bibliografía que es frecuente utilizar una apertura fotométrica demasiado pequeña para obtener imágenes de medición de cometas mediante CCD. El problema puede comprenderse mejor al observar la Figura 1, que muestra dos imágenes del cometa 62P/Tsuchinshan 1 tomadas con el telescopio Schmidt de 1 metro situado en el Observatorio Nacional de Venezuela. La exposición de 3 minutos sin filtro muestra al cometa con un estiramiento normal de la imagen en el marco izquierdo. Se ha dibujado un círculo de medición de 20 píxeles de radio y parece ser suficiente para extraer una magnitud para el cometa.

La falta de flujo producida por este error se manifiesta en las curvas de luz seculares de todos los cometas estudiados hasta la fecha (Ferrín, 2005), cayendo por debajo de la envoltura de las curvas de luz. La envoltura ha demostrado ser la mejor representación de las curvas de luz secular; por lo tanto, existe una importante dispersión de los puntos observacionales en dirección vertical (el eje de magnitud reducida). Si fuera posible reducir esta dispersión, la envoltura se definiría de manera mucho más precisa.

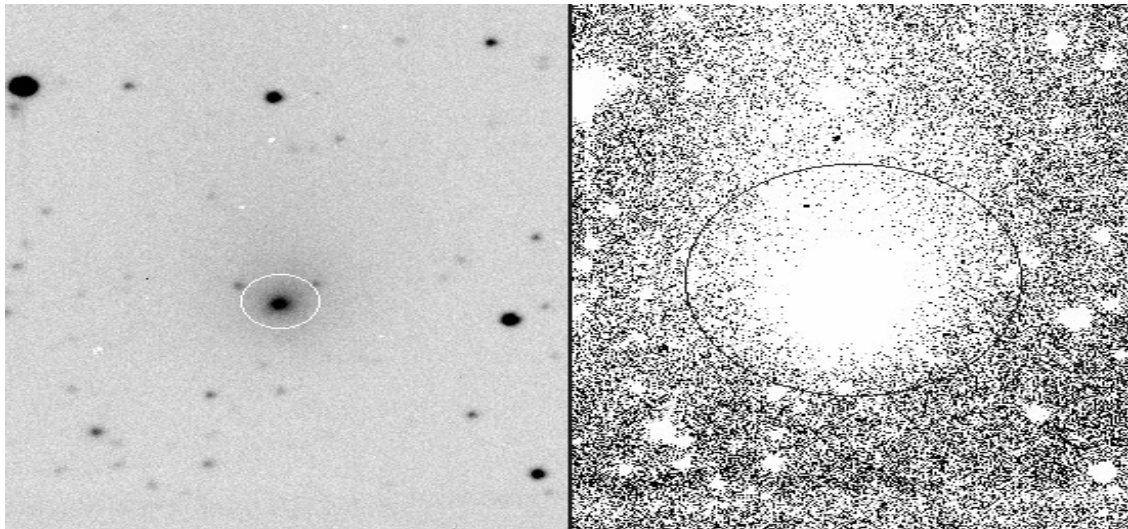


Figura 1. Imágenes CCD del cometa 62P/Tsuchinshan 1, tomadas con el telescopio Schmidt de 1 metro situado en el Observatorio Nacional de Venezuela. La imagen de la izquierda muestra un estiramiento de la imagen con un círculo de apertura de 20 píxeles de radio, que parece ser suficiente para extraer una magnitud. Sin embargo, un estiramiento forzado a la derecha muestra que el cometa se extiende mucho más de lo que se creía anteriormente. De hecho, el cometa completa el radio de apertura de 80 píxeles (todavía se puede observar cierto flujo afuera, en la región superior). La apertura de 20 píxeles midió un valor de 2 magnitudes más débil que la apertura de 130 píxeles, como se puede deducir de la Figura 2. Esto se denomina el error de apertura insuficiente del CCD.

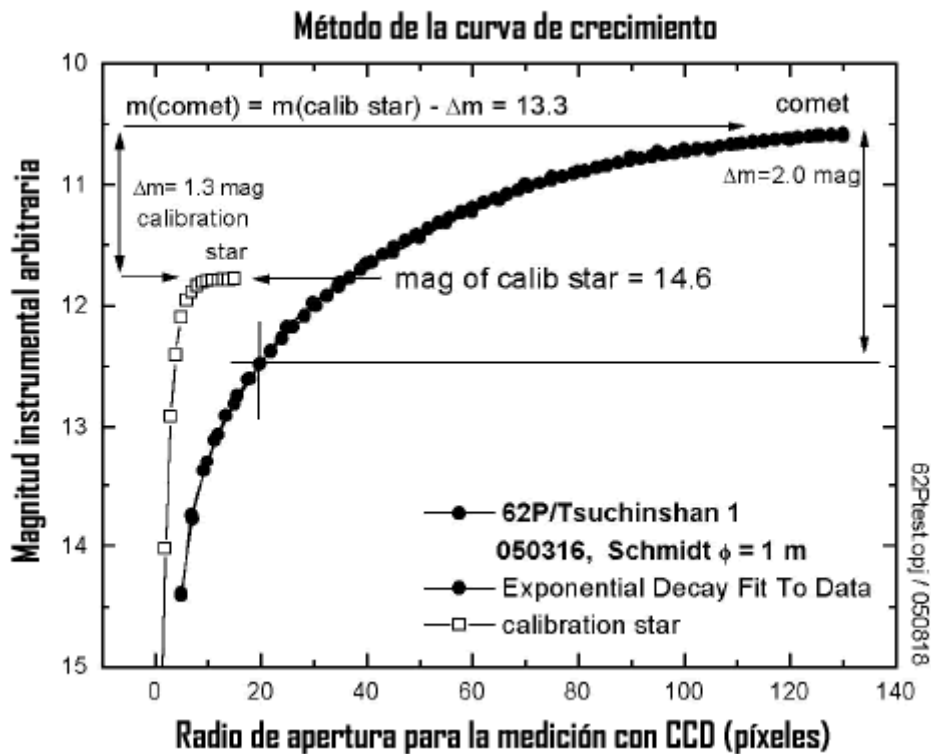


Figura 2. Método de la curva de crecimiento. Para evitar el error de apertura insuficiente del CCD explicado en la Figura 1, proponemos utilizar el "método de la curva de crecimiento". La magnitud, medida con aperturas cada vez mayores, se determina en una relación magnitud versus radio, como la que se muestra aquí. La magnitud extrapolada hacia el infinito es la magnitud correcta. La figura muestra que una apertura de 20 píxeles de radio proporciona un valor dos magnitudes más débil que con el radio de 130 píxeles, en el caso de un cometa de magnitud 13; la situación para un cometa más brillante debería ser todavía peor. Notamos como la estrella de calibración rápidamente converge a una magnitud constante. Para implementar este método, use la ecuación mostrada en el gráfico.

3. Método de la curva de crecimiento

Para evitar el error de apertura insuficiente del CCD, proponemos la adopción del "método de la curva de crecimiento", que consiste en medir la magnitud con aperturas cada vez mayores y graficar estos valores como una función de la apertura de medición, para extraer un valor extrapolado hasta el infinito.

La Figura 2 muestra la magnitud instrumental como una función de la apertura de medición del cometa 62P/Tsuchinshan 1. Se puede establecer la conclusión de que la apertura de 20 píxeles proporciona un valor dos magnitudes más débil que la apertura de 130 píxeles. Dado que la escala del telescopio era de 1" de arco por píxel, esto significa que se necesitaría una apertura de más de 2 minutos de arco (120") para extraer una magnitud completa.

Para implementar este método, siga los siguientes pasos:

- 1) Tome una estrella de calibración (de magnitud conocida) y asígnele una magnitud arbitraria de 15. El valor asignado en sí no es importante, ya que vamos a trabajar usando "magnitudes diferenciales".
- 2) Mida la estrella de calibración con aperturas muy pequeñas, de 1, 2, 3... 10 píxeles. Grafique estos valores como en el gráfico de la Figura 2.
- 3) Mida el cometa, usando aperturas más grandes, de 2, 4, 6... 100, 102... también graficando estos valores como en la Figura 2.
- 4) Mida a partir del gráfico la magnitud diferencial (extrapolada al infinito) entre la estrella y el cometa, Δm .
- 5) Aplique esta diferencia al cometa y determine la apertura de medición infinita, usando la ecuación:

$$m(\text{cometa}) = m(\text{estrella de calibración}) - \Delta m$$

- 6) Tenga en cuenta que para medir con una apertura tan grande, primero se necesita borrar todas las estrellas débiles que se encuentran alrededor del cometa, para que no influyan en la apertura de medición. Por consiguiente, para realizar esta tarea se requiere una herramienta para borrar estrellas. No es necesario agregar "ruido" en el área borrada si el valor medio de los píxeles borrados es idéntico al del área circundante.

El borrado de las estrellas débiles no es necesario, ya que la escala es logarítmica, y una estrella de brillo débil no contribuye en mucho al flujo final. Borre solamente las estrellas brillantes que pudieran caer dentro de la apertura de medición.

4. Recomendaciones a los observadores

Para finalizar, es importante tener en cuenta estos consejos:

- 1) Utilizar siempre la menor distancia focal posible, que resulte suficiente para ver al cometa.
- 2) Emplear el método de la curva de crecimiento para asegurarse de obtener la magnitud total del cometa.

5. Referencias

Ferrín, I. (2005). "Secular Light Curves of Comet 28P/Neujmin 1 and of Comets Targets of Spacecrafts". *Icarus*, Vol. 178, pág. 493-516.

Mikuz, H., Dintinjana, B. (2001). "CCD Photometry of C/1995 O1 Hale-Bopp", *International Comet Quarterly*, Number 23, pág. 6.