

SOBRE EL SIGNIFICADO FÍSICO DE LA FOTOMETRÍA MULTIAPERTURA

Julio Castellano – Cometas_Obs

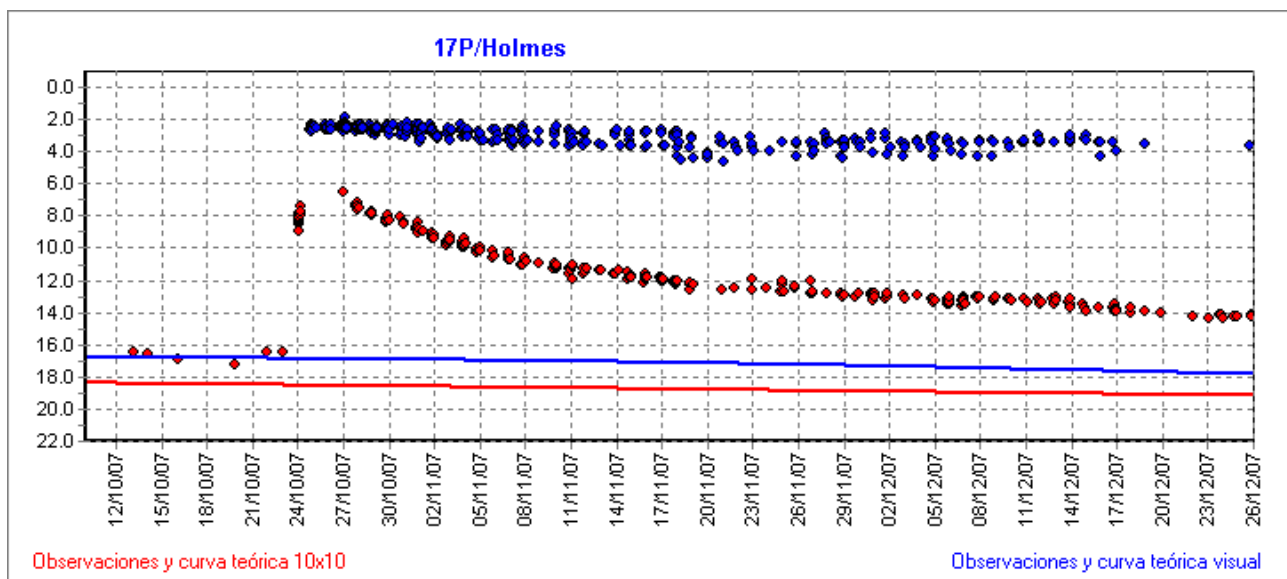
El Método Multiapertura, desarrollado hace años por los miembros de Cometas_Obs, cumplió en su momento con el objetivo de reducir la gran dispersión que se daba en las medidas CCD de cometas y se ha consolidado permitiendo la formación de una base de datos de observaciones fotométricas de gran consistencia. Sin embargo padece una gran dependencia de las condiciones geométricas del Sol la Tierra y el cometa, y es necesario hacer una relectura de los datos que ofrece para acercarlos lo más posible a la realidad física del comportamiento de estos astros.

LA ACTIVIDAD NUCLEAR DE LOS COMETAS

La naturaleza difusa de los cometas ha impuesto a los observadores visuales una serie de técnicas fotométricas basadas en el desenfocado deliberado cuyo objetivo es "igualar" los tamaños aparentes de las estrellas de comparación y el propio cometa para, de esta manera, poder realizar las comparaciones con la mayor fiabilidad posible y llegar al cálculo de la magnitud total. Como complemento de esta medida, se añade habitualmente el "grado de condensación", una cantidad que informa acerca del aspecto de la coma y que varía entre 0 (completamente difuso) y 9 (aspecto estelar), con toda la gama intermedia, que proporciona alguna información sobre la estructura de estos cuerpos.



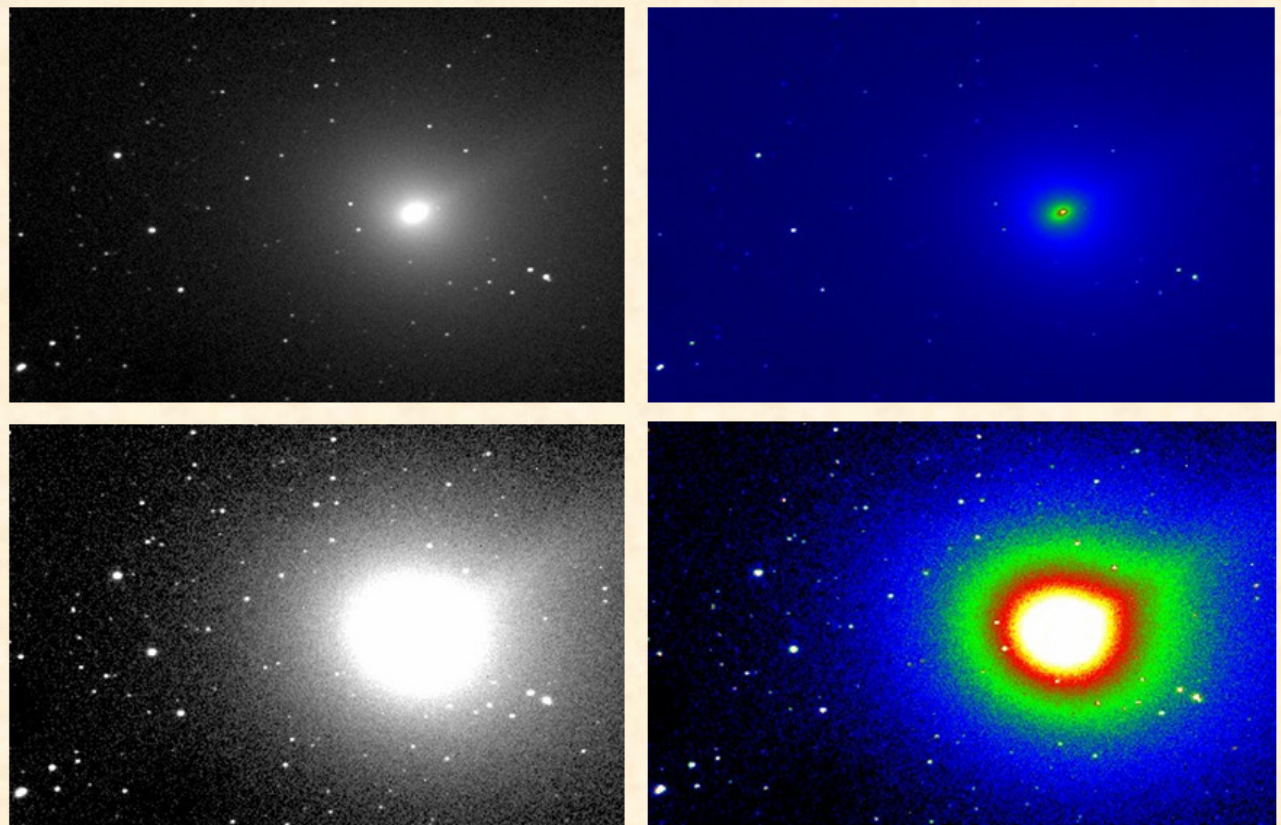
La aparición de las cámaras CCD, y sobre todo su popularización entre los aficionados, ha permitido profundizar en el estudio de la estructura de la coma mediante el empleo de aperturas fotométricas -centradas en la parte más brillante- concéntricas y de radio creciente. La actividad de los cometas y todas las estructuras visibles tienen un único origen: la sublimación de los hielos de la superficie del núcleo, la liberación del resto de materiales presentes y su evolución posterior en el medio, dominada por la influencia del Sol. De esta manera parece aceptable que si el interés de nuestro trabajo se centra en el análisis de los cambios de dicha actividad, debemos estudiar las proximidades del núcleo mediante el empleo de aperturas razonablemente pequeñas (al alcance de los instrumentos de observación). Si, por ejemplo, analizamos la evolución de un *outburst* veremos que el incremento de brillo se podría comprobar tanto con las aperturas pequeñas como con las grandes, incluso midiendo la magnitud total, sin embargo la expansión posterior del material afectaría sólo a las aperturas pequeñas (que iría abandonando) mientras que permanece en las mayores y en la magnitud total.



Outburst del 17P-Holmes en octubre de 2007. Se observa cómo, tras el estallido inicial, las medidas en la apertura de 10"x10" registran la pérdida de material en las proximidades del núcleo, mientras que la magnitud visual total refleja que siempre se está midiendo la totalidad del material expulsado (Cometas_Obs).

EL MÉTODO MULTIAPERTURA

Cuando en mayo de 2001 un grupo de observadores nos reunimos en torno a la lista de correo-e Cometas_Obs no existía ninguna referencia acerca de la fotometría CCD de cometas. Como consecuencia, las primeras medidas que realizábamos presentaban una dispersión más que inaceptable del orden de una o dos magnitudes. Después de semanas de debate y pruebas, sin más material que la experiencia que íbamos acumulando, las primeras conclusiones apuntaban a que el problema estaba en la naturaleza difusa de estos astros: nadie sabía con certeza cual era la apertura correcta y en consecuencia cada observador medía porciones distintas de la coma. El primer paso en el camino hacia la normalización fue la decisión de que todos los observadores aplicaran la misma apertura, que de manera ciertamente arbitraria quedó establecida en una caja cuadrada de 10" de lado (en la actualidad empleamos aperturas circulares de superficie equivalente para conservar la coherencia con las primeras medidas); de esta manera la dispersión en las medidas se redujo espectacularmente situándose alrededor de 1/10 de magnitud.



¿Cuál es el tamaño de la coma de un cometa? En esta imagen comprobamos la dificultad para determinarlo y por consiguiente establecer el de la apertura fotométrica adecuada para medir la magnitud total. Son cuatro vistas diferentes de la misma toma a la que se ha aplicado una escala de grises diferente y una paleta de falso color. (Cometas_Obs).

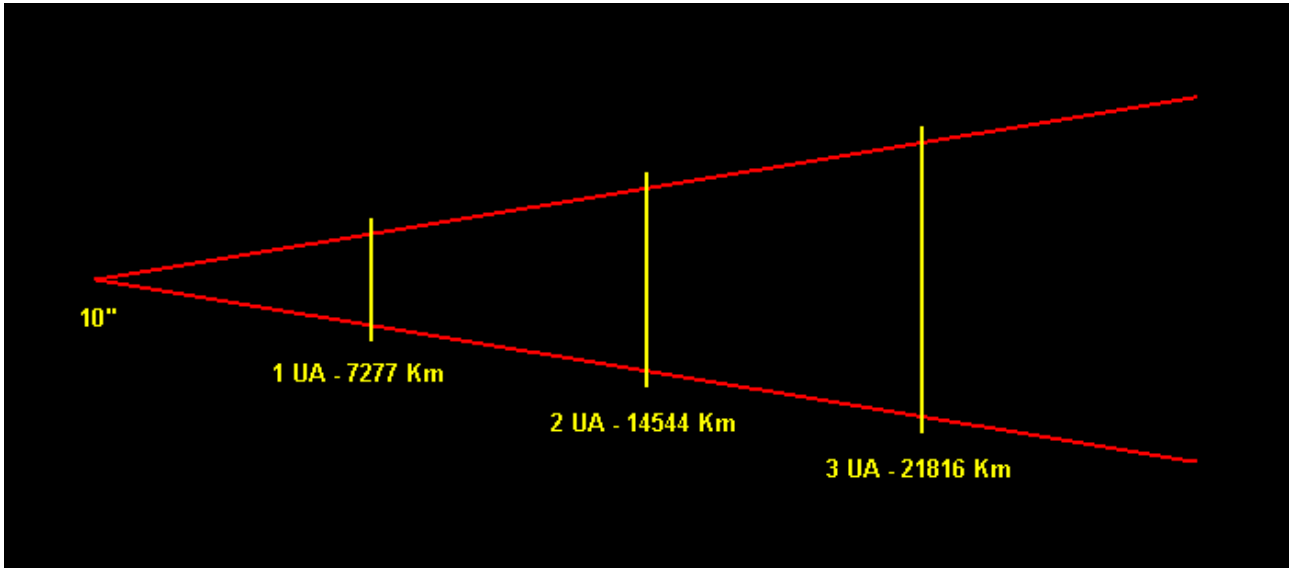
Posteriores mejoras del método, sugeridas por el dr. Mark Kidger, condujeron al cálculo de aperturas desde 10"x10" hasta 60"x60" en intervalos de 10" que denominamos de forma genérica "Método Multiapertura".

Aunque el Método Multiapertura da solución al problema de la dispersión de las medidas y facilita una información sólida sobre la estructura interna de la coma, todavía padece dos efectos que alteran la interpretación de las medidas y cuya corrección es el objetivo de este trabajo.

Variación de la apertura real con la distancia

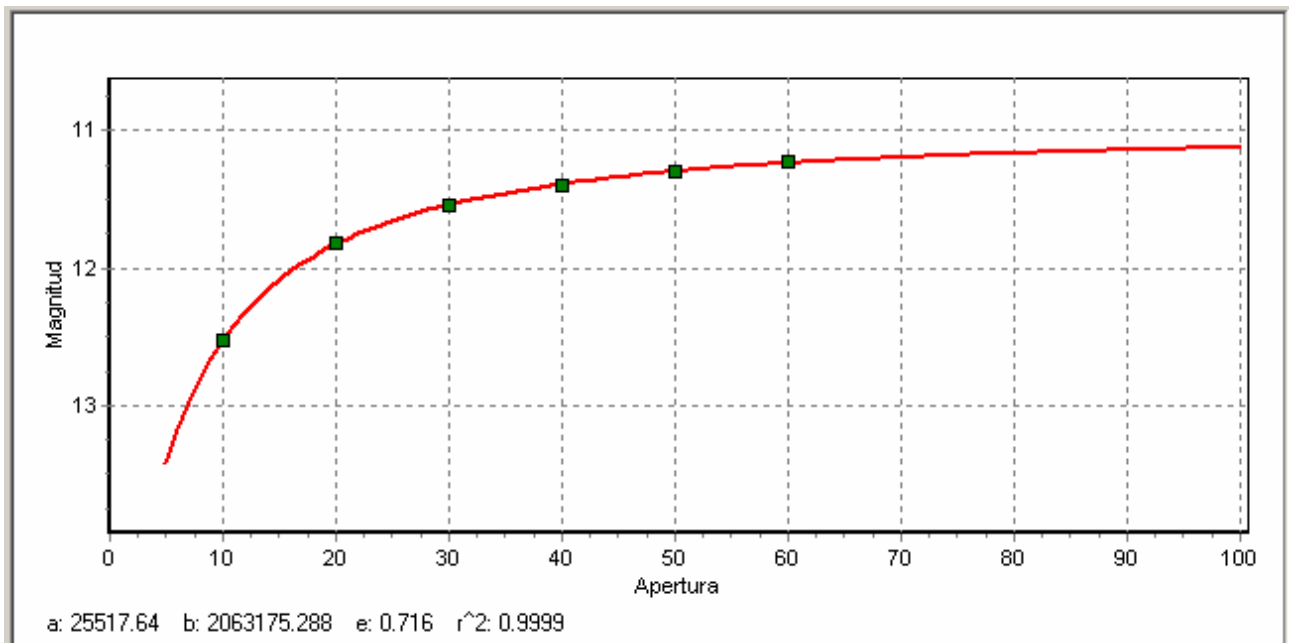
El empleo de aperturas fijas en segundos de arco supone el inconveniente de que el área real abarcada por cada medida depende de la distancia. Una apertura de 10" con el cometa situado a una UA de distancia supone un diámetro real de 7272 km., de 14544 km. a dos UAs de distancia y así sucesivamente. De esta manera estamos observando porciones de tamaño variable de cada cometa y a cada distancia, con lo que la comparación de medidas no tiene ningún significado físico y no es posible realizar estudios consistentes sobre su evolución ni comparar la actividad de unos cometas con otros.

La solución a este problema pasaría por la realización de medidas con apertura variable, que dependerían de la distancia de cada cometa, de manera que proyectadas a la distancia a la que se encuentren, abarcaran un diámetro real constante. Sin embargo, este sistema presenta un inconveniente: aperturas impracticables para cometas muy lejanos o cercanos. En el primer caso porque se pueden reducir hasta el extremo de que muy pocos píxeles o incluso menos de uno abarcara la apertura deseada o el caso contrario, aperturas muy grandes con el inconveniente casi seguro de la presencia de estrellas que alterarían la medida o el gran peso del fondo del cielo.



Variación del diámetro real abarcado por la apertura de 10''x10'' proyectada a diferentes distancias.

Sin embargo, es posible realizar el cálculo de la magnitud con aperturas variables empleando el sistema actual de Multiapertura. En este excelente trabajo: "Cometary Photometry: Infinite Aperture Magnitudes", el profesor Ignacio Ferrín, (Universidad de Los Andes, Venezuela) sugiere la realización de medidas de apertura fija con el objeto de ajustar la "curva de crecimiento" de brillo y calcular la magnitud total de los cometas. La "función de crecimiento", determinada a partir de la Multiapertura, permite calcular no sólo la magnitud total, sino también la que correspondería a cualquier apertura fotométrica discreta. Así, es inmediato calcular la apertura correspondiente a cualquier diámetro fijo a la distancia concreta del cometa y extrapolar su magnitud.



Ejemplo del ajuste de la Multiapertura de una observación del cometa C/2007 N3 realizada el 02/08/2008. A partir de la "función de crecimiento" es posible calcular la magnitud correspondiente a cualquier apertura.

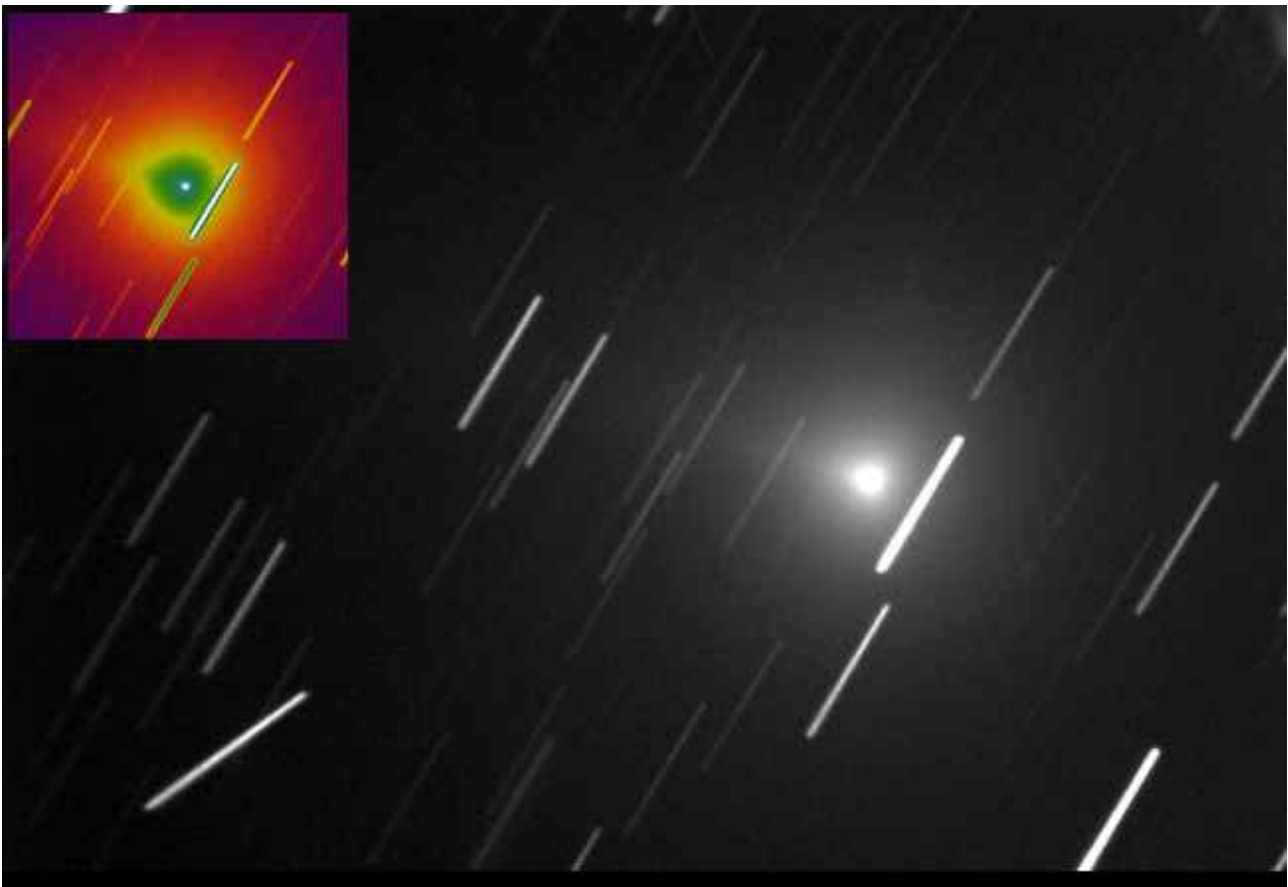
Variación del brillo por la distancia

El segundo de los efectos que modifica cualquier medida fotométrica tiene un carácter puramente geométrico. La energía que llega al observador desde una fuente luminosa es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, y en el caso de medidas de luz reflejada, lo mismo ocurre con la luz que llega del Sol al objeto de nuestro interés. Para conseguir una curva que muestre las variaciones reales de brillo o permita comparaciones de unos cometas con otros es necesario eliminar este efecto considerando el brillo que observaríamos con los cometas a una distancia fija tanto nuestra como del Sol. Ya existe un término, "magnitud heliocéntrica", que define la que observaríamos desde el centro del Sol si el cometa estuviera situado a una UA del mismo.

CONCLUSIONES

El sistema propuesto para acercar la fotometría Multiapertura a una representación mucho más cercana al verdadero comportamiento físico de los núcleos cometarios, que podríamos denominar "*Magnitud heliocéntrica de diámetro constante*" consistiría en:

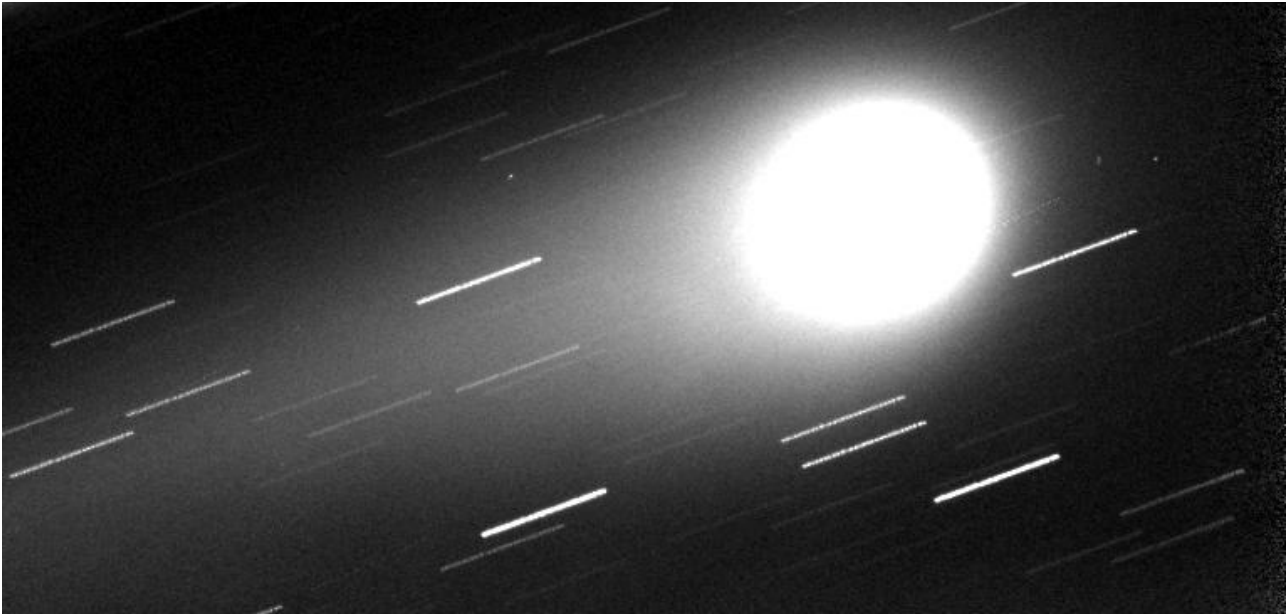
- Mantenimiento del actual sistema de medidas Multiapertura, válido tanto por su consistencia como por su sencillez de aplicación, así como por su utilidad como referencia en el momento de la preparación de un plan de observación.
- Establecimiento de unos diámetros fijos centrados en el núcleo de los cometas (por ejemplo, 10.000, 25.000 y 50.000 km.) con la finalidad de recoger con mayor claridad su comportamiento nuclear. Ajuste de la "función de crecimiento" para el cálculo de la magnitud correspondiente a esas aperturas.
- Corrección de la variación aparente del brillo a causa de la distancia entre el Sol y el cometa y entre este y el observador para calcular la magnitud heliocéntrica.



Cometa C/2007 W1 Boattini, el 02/08/2008 (Josep María Aymami).

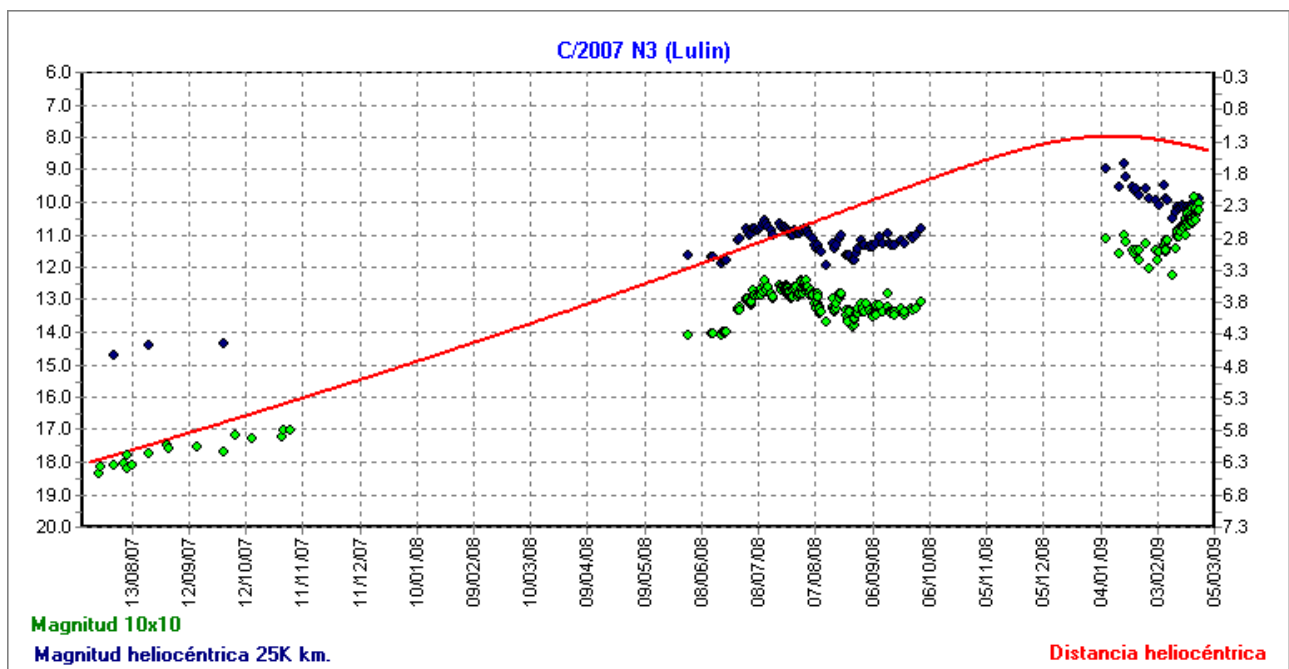
EJEMPLO DE APLICACIÓN: C/2007 N3 LULIN

El cometa C/2007 N3 Lulin fue descubierto el 11/07/2007 con magnitud 18.9 y aspecto asteroidal (aunque seis días después ya se reconoció en él una coma incipiente) cuando se encontraba a 6.4 UA del Sol y a 5.7 de la Tierra. En el momento de finalizar la recogida de datos para este trabajo, se encuentra a 1.4 UA del Sol y 0.5 de la Tierra, presentando una magnitud 10×10 de 10.0. Las grandes variaciones de distancia, brillo y apariencia lo convierten en un cometa adecuado para aplicar las correcciones descritas en este trabajo y analizar las diferencias entre los resultados alcanzados y las medidas previas. En concreto se compara la magnitud heliocéntrica para un diámetro fijo de 25.000 km. y la obtenida previamente con la apertura de $10'' \times 10''$. Las medidas Multiapertura empleadas han sido obtenidas por los miembros de Cometas_Obs.

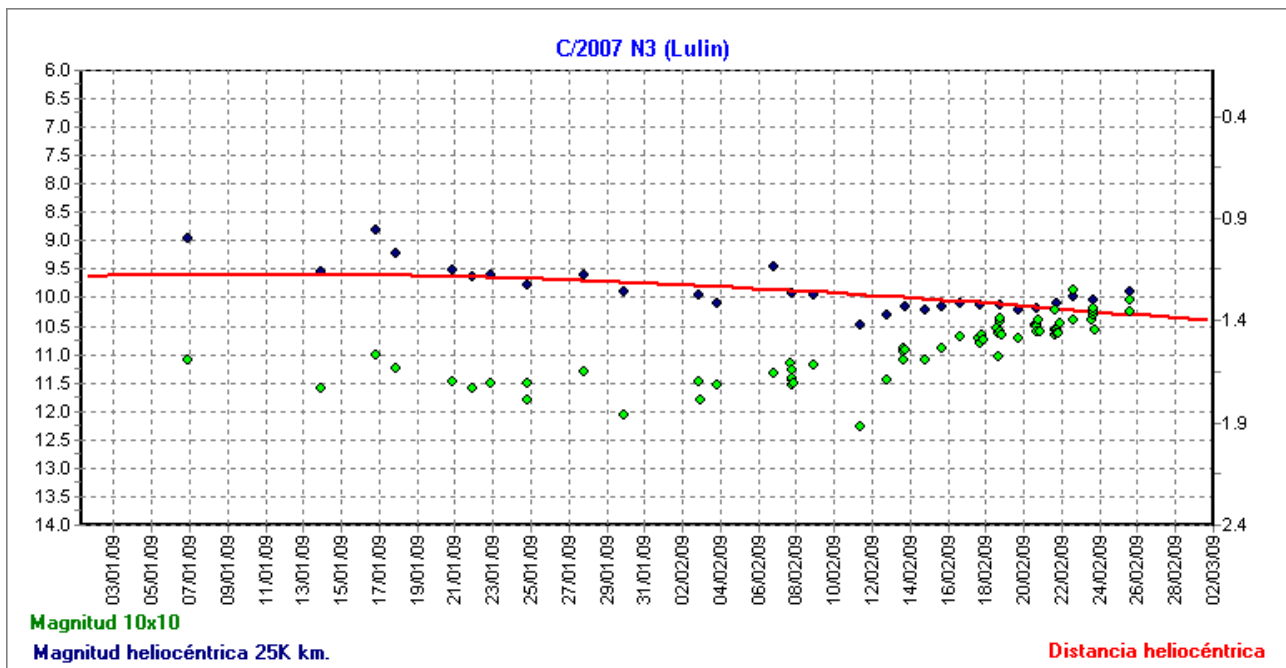


Cometa C/2007 N3 Lulin el 26/02/2009

Comparando ambas clases de medidas encontramos algunos detalles interesantes que nos permiten comprobar cómo las correcciones aplicadas mejoran la información proporcionada por la Multiapertura sobre el comportamiento real del cometa:



Las medidas 10×10 sugieren un espectacular aumento de brillo desde la magnitud 18 hasta la 10 en la actualidad, de 1500 veces. Sin embargo la magnitud heliocéntrica 25K km. indica un aumento real mucho menor, desde la mag. 14.6 a la 10, es decir, "sólo" de 70 veces.



Entre los días 07/01/2009 y 26/02/2009, las medidas 10x10 indican un aumento moderado del brillo desde la mag. 11.4 hasta la 10. Al aplicar las correcciones oportunas comprobamos que este aumento de brillo es sólo aparente y está provocado por el acercamiento a la Tierra. La magnitud heliocéntrica de 25K km. muestra el ligero descenso real consistente con el alejamiento gradual del cometa y el Sol.

AGRADECIMIENTO

Al profesor Ignacio Ferrín, Miguel Ángel Vallejo, Esteban Reina, Josep María Aymamí y Ramón Naves por su ayuda en la revisión y corrección de este trabajo.

REFERENCIAS

- Ignacio Ferrín, Cometary Photometry: Infinite Aperture Magnitudes: <http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/ferrin/teaching/curveofgrowth.pdf>
- Web de Cometas_Obs: <http://astrosurf.com/cometas-obs>