

TEMA 1:

COMPRESION , ANALISIS Y REDUCCION DE CURVAS DE LUZ DE COMETAS

***José Pablo Navarro Pina...** Propietario y Moderador de la lista observadorescometas@yahooogroups.com ,
Observatorio Astronómico "Vega del Thader" , Murcia , España .
WEB DE COMETAS <http://webs.ono.com/jpab>
e-mail jpab@ono.com

* Revisión a cargo de : D. Ignacio Ferrin (Astrofísico del Centro de Física Fundamental de la Universidad de Los Andes , Venezuela)

NOTA IMPORTANTE :

Para graficar los datos se ha utilizado Microsoft Excel , pero se recomiendan softwares como Sigmaplot o Origen .

1.0 EXPLICACIÓN Y COMPRENSIÓN DE LAS CURVAS DE LUZ DE COMETAS

El estudio de las curvas de luz visuales de los Cometas es muy importante en la Astronomía actual , debido a que nos proporcionan gran cantidad de información acerca de los Cometas , nos pueden dar información sobre el tamaño aproximado que tiene el núcleo , la composición química del cometa , la razón gas-polvo , si el agua domina o no la actividad gaseosa del núcleo y otros parámetros físico-químicos mas complejos del cometa.

Es por ello que su estudio requiere una gran atención por parte de los astrónomos tanto profesionales como amateurs , en la actualidad podemos diferenciar entre 2 tipos de curvas de luz :

- 1.0 Visuales , proporcionan información sobre la actividad de la molécula del C₂ debido a que el 90% de la luz que recoge el ojo humano cubre esta longitud de onda (Newburn ,1983) , y el agua , también la curva de luz visual tiene una componente de polvo . Se estima que para el cometa Hale-Bopp la contribución de polvo en el visual era mayor o al menos igual que la del gas .
- 2.0 CCD , proporcionan información acerca de la actividad de polvo del cometa , debido que el rango espectral de las cámaras ccd actuales cubren parte de esta longitud de onda , usando estas curvas de luz , podemos a través de la ecuación propuesta por A. Hearn , calcular el parámetro Afrp , este parámetro , es el producto del albedo del polvo , nos marca la tasa de producción de polvo del cometa .

Las curvas de Luz de los cometas suelen representarse gráficamente a lo largo de 2 ejes : eje X TIEMPO , y eje Y MAGNITUD VISUAL o CCD , cada punto representa una medida visual , ponemos de ejemplo la curva de luz visual del Cometa 2004 Q₂ MACHHOLZ que paso recientemente por el perihelio y fue observado a simple vista por numerosos astrónomos amateurs y profesionales en el Mundo ; figura 1.0 .

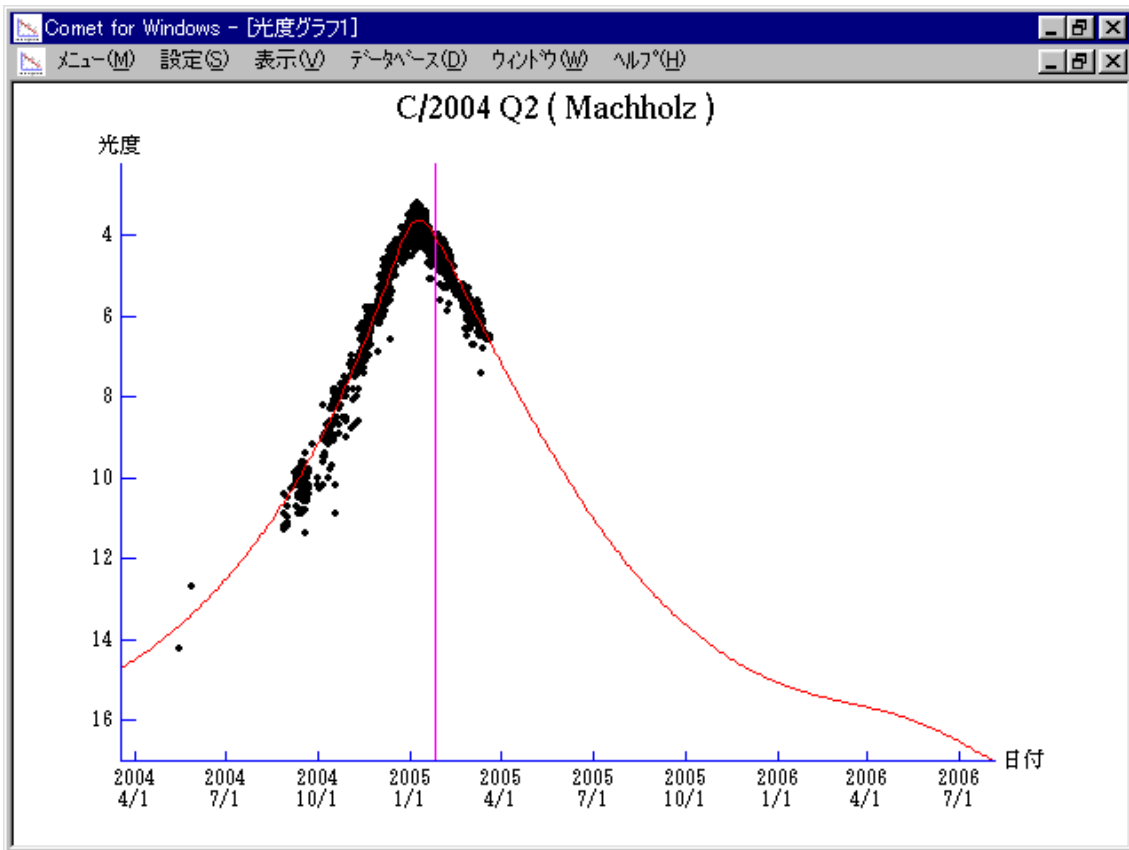


figura 1.0

En esta curva de luz , podemos apreciar la típica curva que se produce , cuando el cometa ha pasado el perihelio , esta curva ha sido hecha con el programa [COMET FOR WINDOWS](#) .

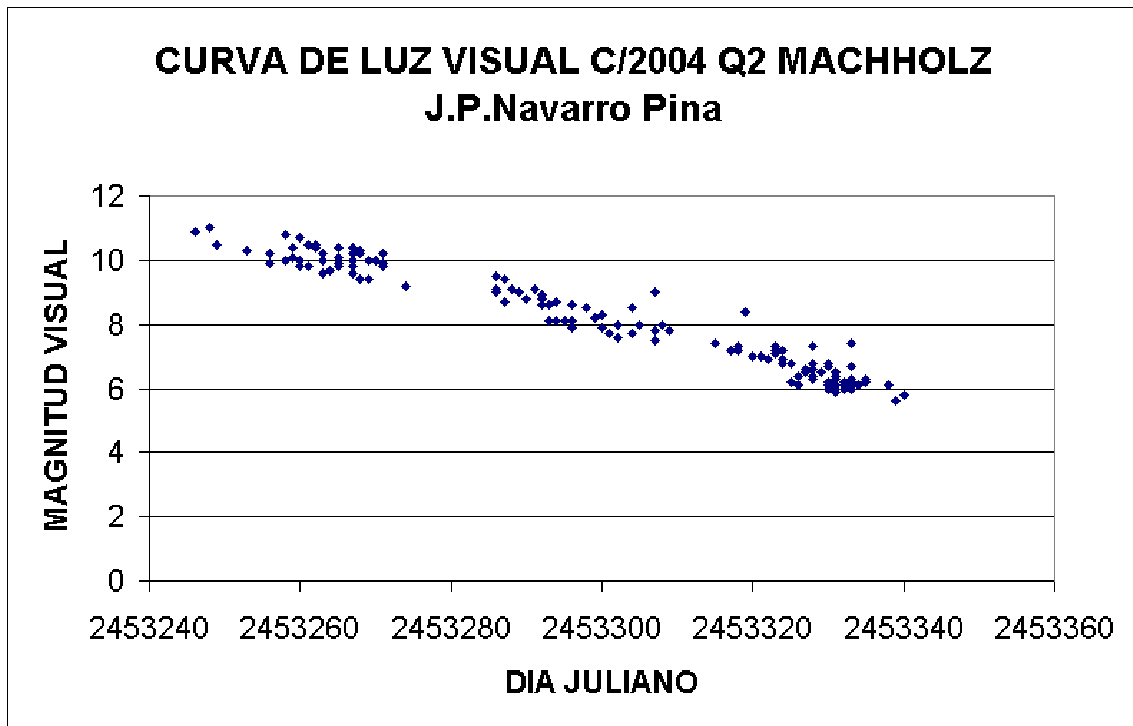
Se observa que el cometa sigue la línea roja (curva de luz teórica) por lo que el cometa no ha sufrido outbursts o explosiones de brillo significativas , y alcanza el máximo brillo en la magnitud visual +3.5 , días antes del perihelio , después observamos la bajada significativa de brillo .

Debemos diferenciar por lo tanto una curva de luz , en pre-perihelio (curva de subida de brillo) y , post-perihelio (curva de bajada de brillo) figura 3.0 , para los profanos en este tema , decimos que asciende cuando el cometa se acerca a su punto de máximo acercamiento al sol (perihelio) , y que desciende su brillo , cuando el cometa se aleja del sol , después de haber pasado por el perihelio y desciende su brillo , este incremento en brillo es debido a la acción del viento solar que calienta los hielos del núcleo del cometa , y la temperatura superficial del núcleo , comienza a crecer en función de su distancia al Sol .

También hay que observar en la curva de luz , cuales son los puntos o medidas visuales que alcanzan el máximo brillo , que suele ser en las fechas cercanas al perihelio del cometa , en este caso , observamos como el cometa 2004 Q2 MACHHOLZ alcanza el máximo brillo o magnitud visual en torno a $m_1 = +3.5$, es cuando la curva alcanza su máximo pico de intensidad , y este cometa ejemplo pudo ser observado a simple vista en las fechas pre-perihelicas y post-perihelicas , decimos que un cometa es observable a simple vista , cuando llega al alcance del ojo humano , en un lugar oscuro (campo , montaña..) , y esta por debajo de la magnitud visual +5.5 .

Aquí presento otra curva de luz pre-perihelio , realizada con el programa de Microsoft windows excel , del mismo cometa realizada por mi , basada en 142 estimaciones de brillo (figura 2.0) , las fuentes utilizadas fueron ICQ y JPL/NASA :

Figura 2.0



En esta curva ya apreciamos cambios notables , vemos como el eje x ha cambiado y ahora el tiempo se representa en DIA JULIANO , esta idea la introdujo el astrónomo Joseph Justus Scaliger en 1581 , y consiste en contar como día 0 el 1 de enero del 4713 antes de Cristo a las 12 del mediodía.

A partir de ahí se van añadiendo consecutivamente los días transcurridos. A esta fecha dada en número de días se le denomina día juliano . Las consecuencias son dos: la primera que el cambio de día juliano se efectúa a las doce del mediodía y no a las doce de la noche, lo que para los lugares cercanos al meridiano de Greenwich como es Europa, se añade la ventaja de que el día juliano no cambia en el transcurso de una misma noche. La segunda es que el día juliano se ha convertido en un número respetable. Por ejemplo, el 25 de Marzo de 2005 , fue el día juliano 2.453.455 , que es precisamente el número completo de días transcurridos desde la fecha origen. La razón de tomar como origen una fecha tan remota fue la de asegurarse que pudiera asignarse un día juliano a casi todos los fenómenos astronómicos registrados históricamente.

Existen otros tipos de curvas de luz , que utilizan como tiempo los días que suelen restar para el perihelio , desde 0 a 100 días p.ej. , otras que parten de 100 días antes a 0 como fecha de perihelio y continúan con 100 días después , pero las mas comunes suelen ser las que utilizan días julianos de esta manera cualquier tipo de calculo que presente la curva , se resuelve mas fácilmente .

Comet C/2004 Q2 (Machholz)

Total visual magnitude m_1 (+) and Coma diameter (\diamond)

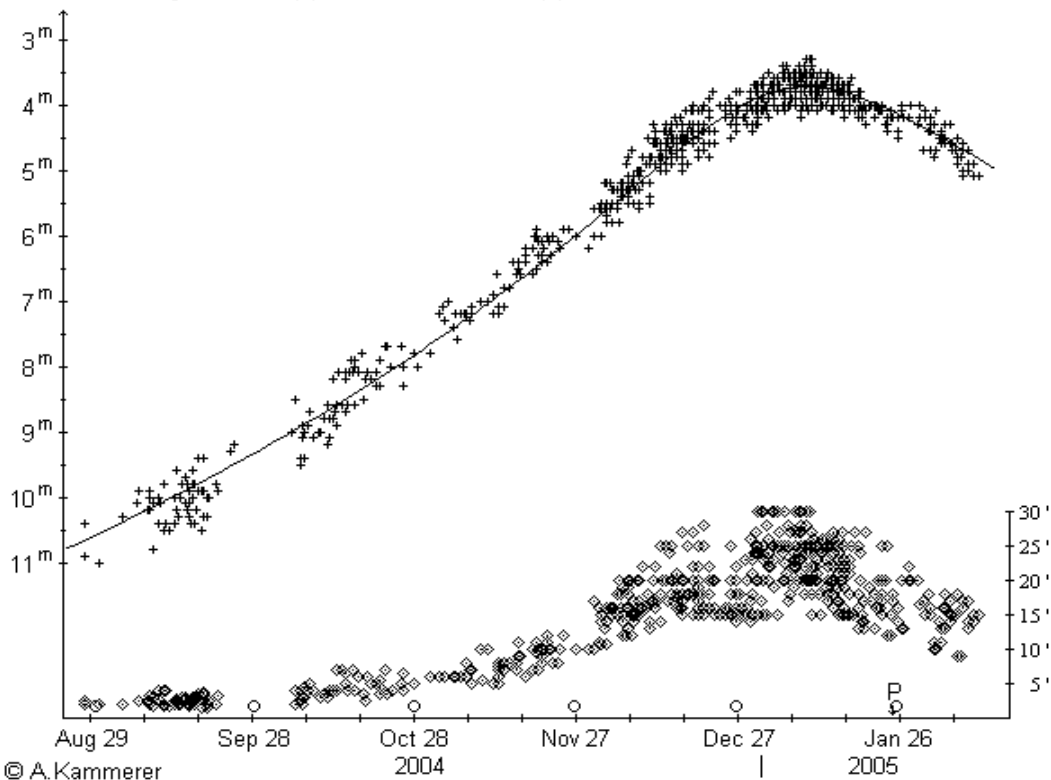
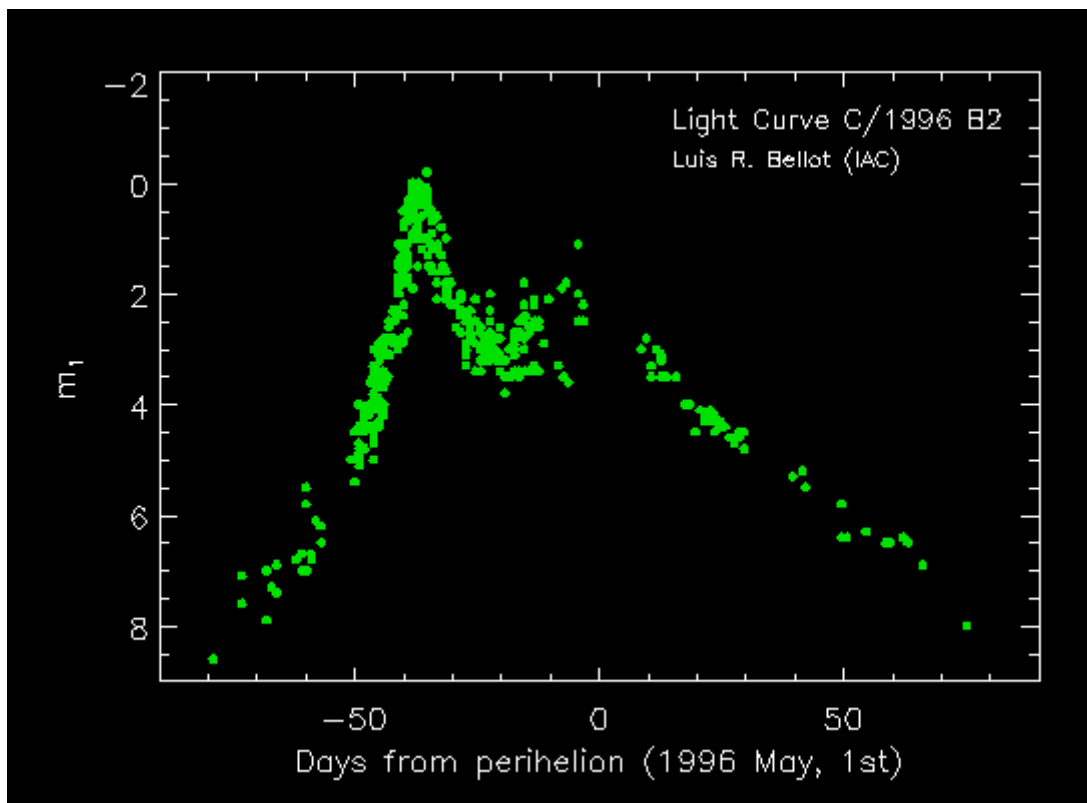


figura 3.0

Esta curva de luz procede de la sección alemana de astronomía , observamos como se ha aprovechado el grafico para incluir el diámetro de la coma en al parte inferior utilizando el eje x para el tiempo .

O por ejemplo esta otra también del cometa 1996B2 Hyakutake , autor : Luis Ramon Bellot del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

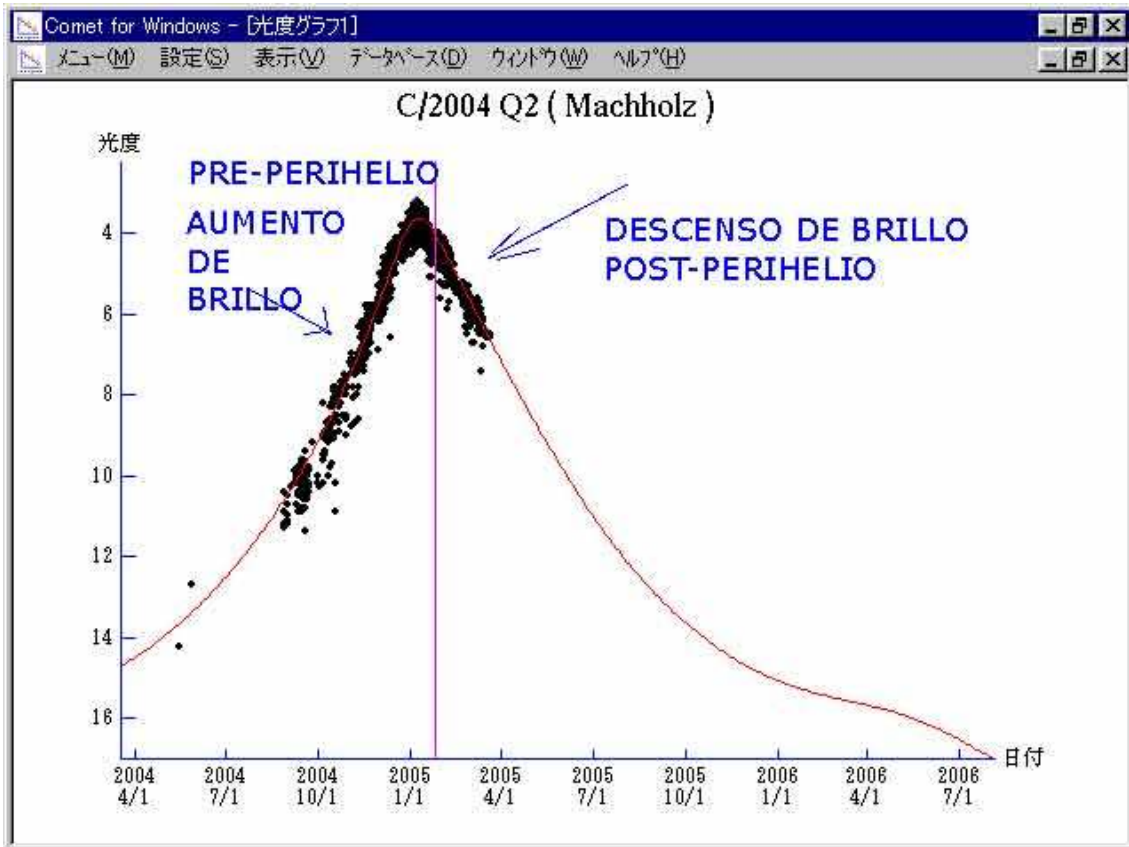
Figura 4.0



Este cometa fue visible a simple vista -0.5 y con una cola muy larga y muy espectacular .

Observamos como 20 días antes del perihelio el cometa alcanzo su máximo brillo , fue debido a que el cometa tuvo su máximo acercamiento a la Tierra antes que al Sol .

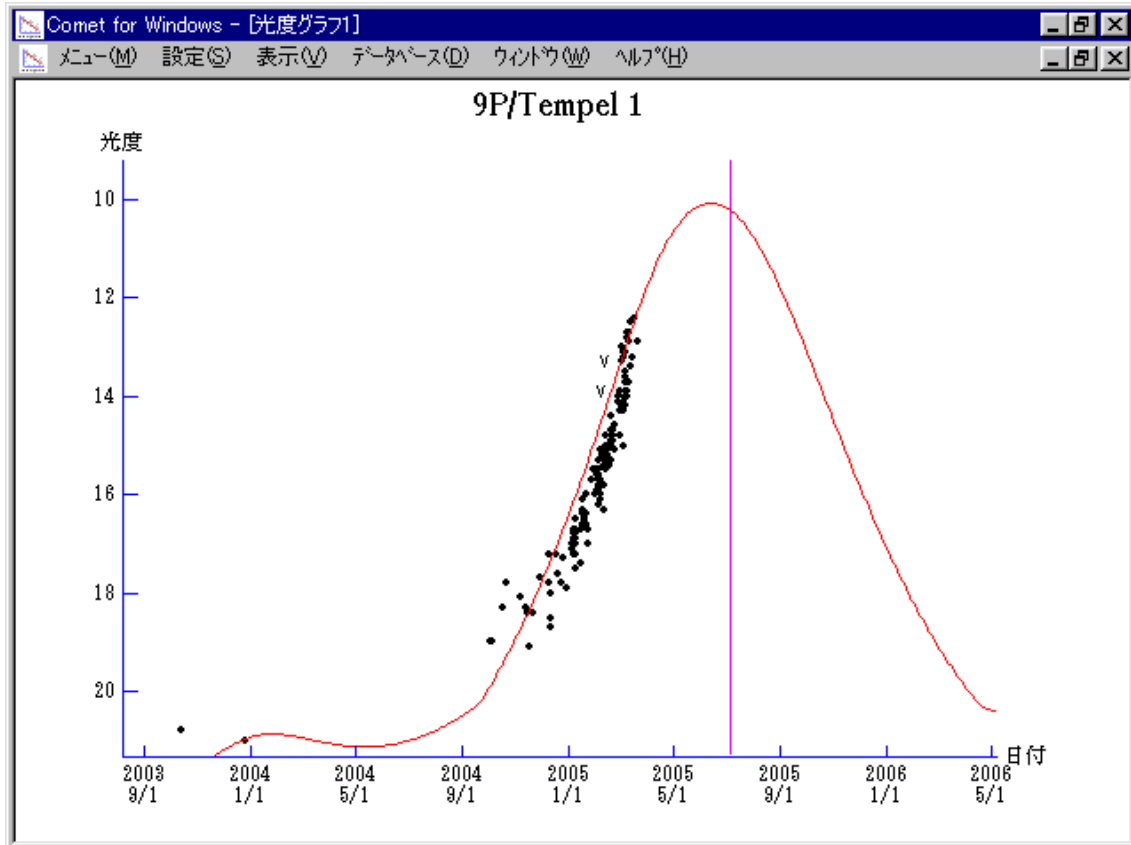
Figura 5.0



Debería ser lógico pensar que las curvas de luz de los cometas deberían ser simétricas con respecto al punto del perihelio , pero estadísticamente se cumple pocas veces , de hecho , hay un estudio que indica que hay mayor numero de outburts o explosiones de brillo en el post-perihelio que en el pre-perihelio , de hecho muchos cometas son mas brillantes después del perihelio que antes y se han propuesto diferentes hipótesis para explicar este fenómeno , cambios en el eje de rotación del cometa , exposición de diferentes hemisferios del núcleo del cometa , mayor actividad por un incremento del índice de radiación reflejada hacia el propio núcleo por el efecto del viento solar.

A continuación vemos la curva de luz con datos pre-perihelio del cometa 9P/Tempel 1 , objetivo en Julio de 2.005 de la sonda [DEEP IMPACT](#) :

Figura 6.0



Las ecuaciones fotométricas visuales obtenidas por Seichi Yoshida (Japón) son las siguientes :

$$m_1 = 14.0 + 5 \log d + 7.5 \log r \quad [\quad , -290] \quad (\quad - 2004 \text{ Sept.18})$$

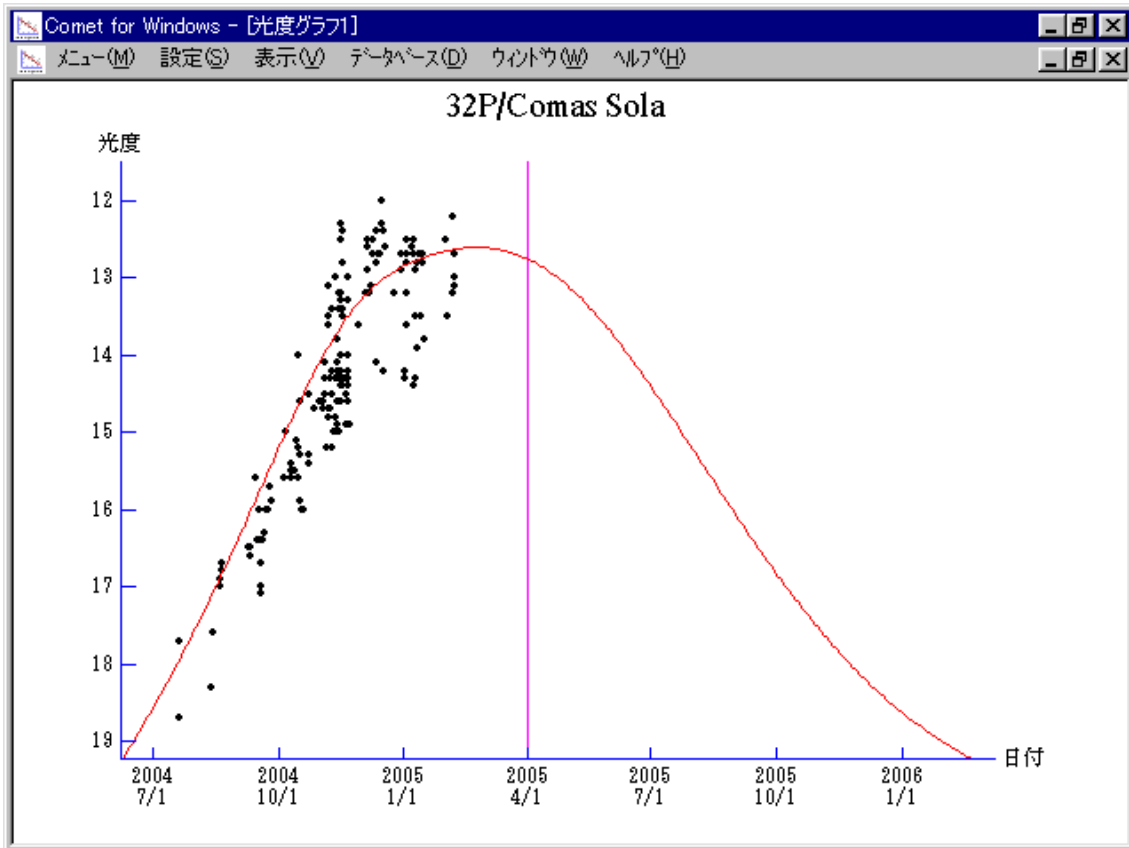
$$m_1 = 6.0 + 5 \log d + 25 \log r \quad [-290, 290] \quad (2004 \text{ Sept.18} - 2006 \text{ Apr. 21})$$

$$m_1 = 14.0 + 5 \log d + 7.5 \log r \quad [290, \quad] \quad (2006 \text{ Apr. 21} - \quad)$$

Vemos $n=25$, que es una alta tasa de incremento en brillo , pero la condensación central posee una actividad bastante baja y que el núcleo no posee gran cantidad de compuestos volátiles (CH , CO+ , NH , CO2 ..) , de hecho en la misma curva observamos como la pendiente de la curva es pronunciada , los parámetros fotométricos que explico mas adelante , son $m_0=6.0$ y $n=10$.

Otro cometa periódico y español , el 32 P/Comas-Sola :

Figura 7.0



Su ecuación fotométrica visual es :

$$m_1 = 5.3 + 5 \log d + 22.5 \log r$$

parámetros fotométricos $m_0=5.3$, $n=9$.

Aquí de nuevo vemos como la tasa de incremento en brillo es alta , un estudio realizado por mi en (1995 , Navarro Pina) sobre "Estadística y Análisis de parámetros fotométricos en cometas periódicos" , parece demostrar que los cometas periódicos poseen una alta tasa de incremento de brillo , coincidiría con una baja actividad de componentes volátiles que podría haber gastado ya este tipo de núcleos cometarios

Un cometa parabólico y también visible actualmente , 2003 K4 LINEAR :

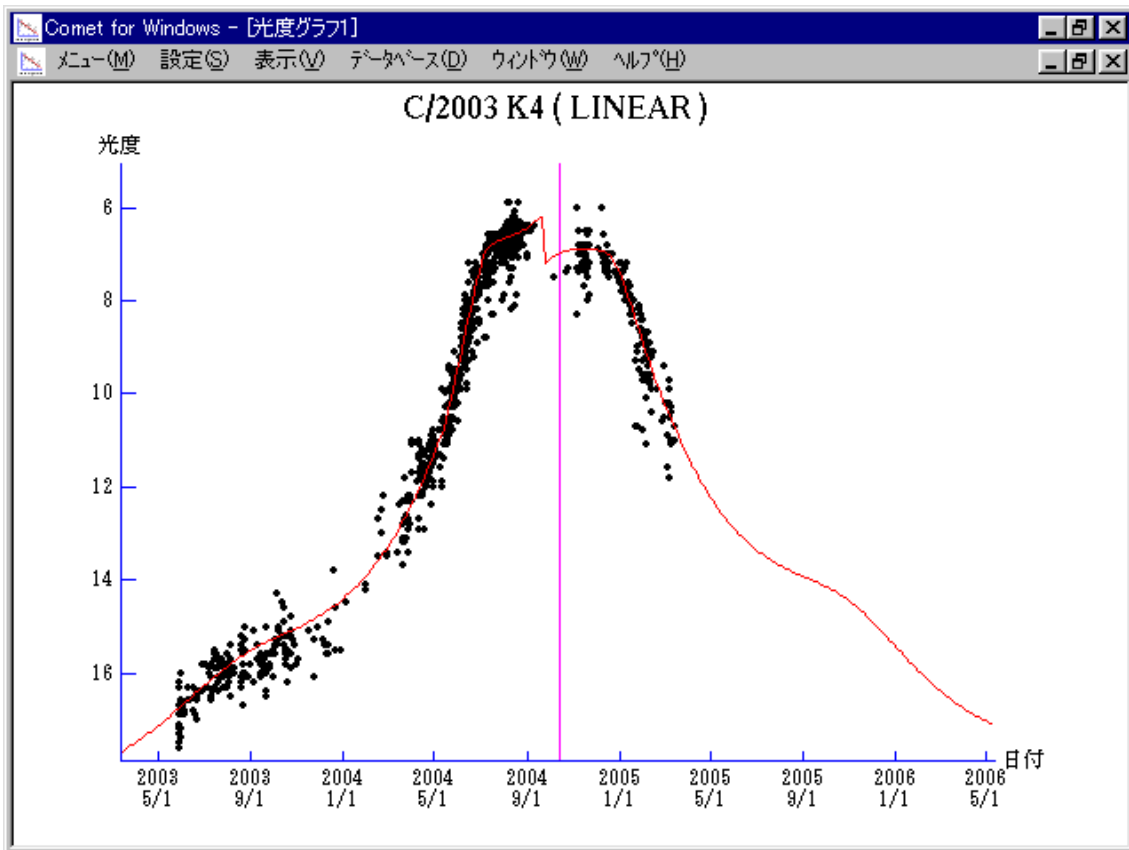


figura 8.0

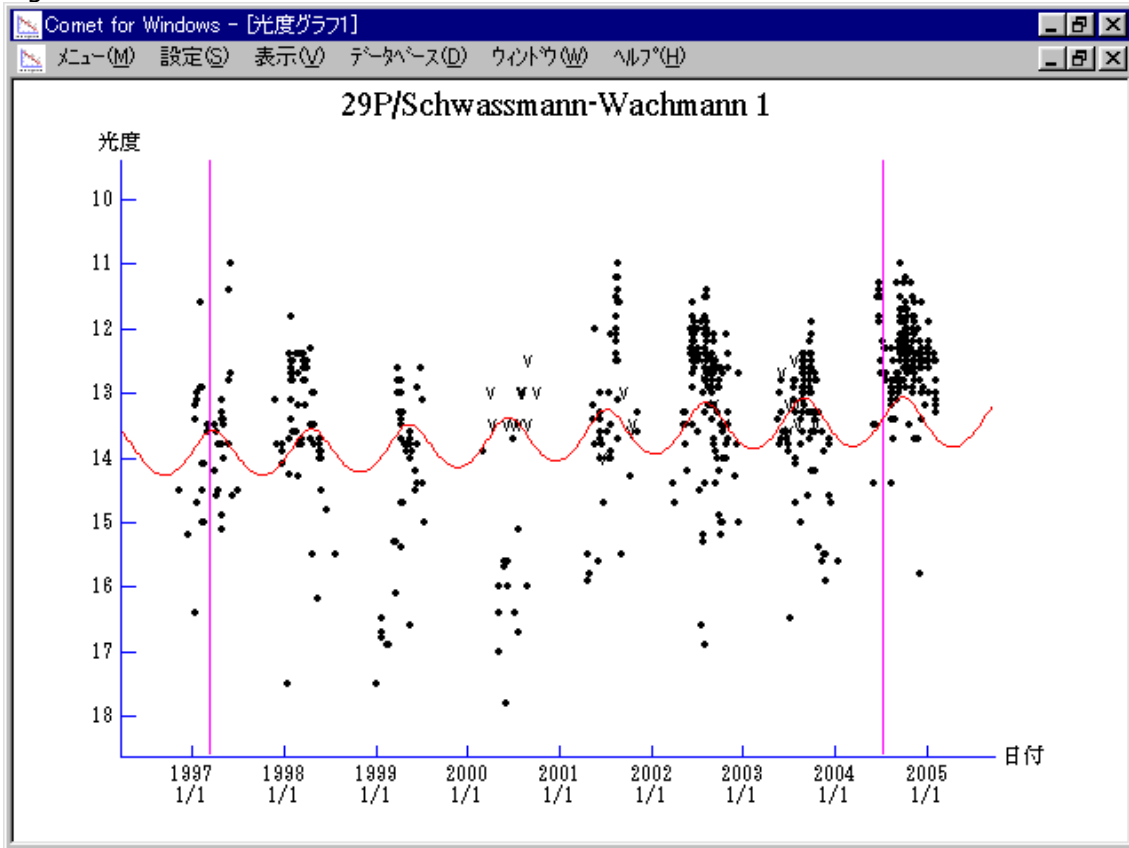
Como vemos la curva de luz de este cometa es mas complicada :

$m_1 = 5.0 + 5 \log d + 10.0 \log r$ [, -150] (- 2004 May 16)
 $m_1 = 0.0 + 5 \log d + 22.5 \log r$ [-150, -100] (2004 May 16 - 2004 July 5)
 $m_1 = 4.4 + 5 \log d + 6.5 \log r$ [-100, -20] (2004 July 5 - 2004 Sept.23)
 $m_1 = 5.4 + 5 \log d + 7.5 \log r$ [-20, 150] (2004 Sept.23 - 2005 Mar. 12)
 $m_1 = 4.4 + 5 \log d + 10.0 \log r$ [150,] (2005 Mar. 12 -)

Son diferentes los parámetros fotométricos obtenidos , cambios en el eje de rotación del núcleo (spin) , outburts o explosiones de brillo a nivel de superficie del núcleo...pueden ser varias las causas que puedan dar lugar a estos cambios en la magnitud visual de un cometa , es interesante también la observación de las tasas de producción de gases del cometa en estos gases , seguimientos del parámetro Afp que calcula la tasa de producción de polvo , o de la actividad del agua .

No podía faltar por supuesto este otro gran cometa , famoso por sus continuas explosiones de brillo el cometa 29 P/ Schwassmann-Wachmann , o abreviadamente cometa 29P/SW-1 , según se ha calculado su tamaño podría oscilar entre 40 y 70 kms de diámetro :

Figura 9.0



De las explosiones de brillo cometarias hablaremos mas profundamente en otros capítulos , simplemente comentar que puede llegar a de magnitud visual 17-18 hasta la +12 , incrementos o diferencias de magnitud visual de hasta 5 o 6 magnitudes , sus parámetros fotométricos :

$$m1 = 4.0 + 5 \log d + 7.5 \log r$$

$$m0=4.0$$

$$n=3$$

El cometa posee un alto componente de volátiles (n=3) .

2.0 REDUCCION Y ANÁLISIS DE CURVAS DE LUZ DE COMETAS

La reducción de magnitudes visuales , así como el análisis de los parámetros fotométricos de una curva de luz suele ser la manera mas apropiada de poder extraer algunas conclusiones .

Como nos explica el Dr. Ignacio Ferrin :

.....el ajuste por mínimos cuadrados prácticamente se esta desechando en la

reducción de datos de curvas de luz de cometas, porque este se refiere a un "promedio" de los datos. En la realidad lo que describe mejor la curva de luz es la "envolvente", la parte superior de la curva de luz. Porque ? ..Por que la mayor parte de los observadores cometen errores por debajo, esto es, pierden luz. Exceso de aumento, óptica sucia, luz de la luna, luz del amanecer, nubes, cirrus, etc. producen un borrado de la parte exterior de la coma, lo cual se traduce en pérdida de luz. Sin embargo no existe ningún efecto fotométrico que pueda *aumentar* el brillo del cometa. Todos los efectos fotométricos *reducen* el brillo del cometa. El tomar el promedio, que es lo que hacen muchos reductores de datos, produce un error sistemático por debajo.....

Nosotros en nuestro estudio utilizaremos el ajuste por mínimos cuadrados , para simplificar nuestra labor , el margen de error con este tipo de calculo es pequeño , con el incremento del numero de estimaciones de brillo sobre el cometa , se pueden ir obteniendo parámetros mas ajustados a la ecuación de la recta real que debe obtenerse sobre los puntos de dispersión , este tipo de calculo se llama Regresión lineal o ajuste por mínimos cuadrados .

Al realizar el calculo se obtendrán unos parámetros (m_0 y n) que serán la 'media' del total de los puntos de dispersión (estimaciones de magnitud visual) , por eso la mayoría de las veces en las efemérides veremos una magnitud visual media teórica que en el mayor numero de ocasiones no suele ser exacta y difiere bastante de la real.

La ecuación fotométrica por definición que sirve para calcular la magnitud visual teórica de un cometa es la siguiente :

$$..m(1) = m_0 + 5 * \log (\Delta) + 2.5 * n * \log (R) \quad 0.1$$

Donde :

m_0 =magnitud absoluta cuando $R=\Delta=1.0$ u.a.

n = tasa de incremento en brillo , es una función compleja de varios parámetros del cometa , suele variar entre 0 y 25 , y la media es de entre 3 y 4 .

Δ = distancia cometa-Tierra en unidades astronómicas u.a.

R = distancia cometa-Sol

Esta ecuación es valida para cometas cuyo componente volátil mas predominante no sea el agua , para Cometas cuyo compuesto volátil sea el agua predominante es valida esta otra ecuación :

$$..m(1) = m_0 + 5 * \log (\Delta) + A * (R(n) - 1) \quad 0.2$$

Aquí se ha introducido una incógnita mas : A , aparte de las otras dos , m_0 y n .

Según Filonenko y Churyumov (2005) , a la ecuación principal de calculo de magnitud visual (0.1) , se le podría añadir un coeficiente de fase β , quedando así :

$$m(1) = m_0 + 5 * \log (\Delta) + 2.5 * n * \log (R) + \beta \alpha \quad 0.3$$

Este valor según nos explica el autor de este 3 nuevo parámetro , se ha buscado porque se han encontrado cambios en el brillo del cometa relacionados muy directamente con el ángulo de fase , en el caso del cometa 67 P/ Churyumov-Gerasimenko el valor del coeficiente de fase determinado fue de $\beta = 0.031 \pm 0.004$ magnitudes / grado , la influencia de la fase en la curva de luz de este cometa explica un retraso en el aumento de brillo de este cometa .

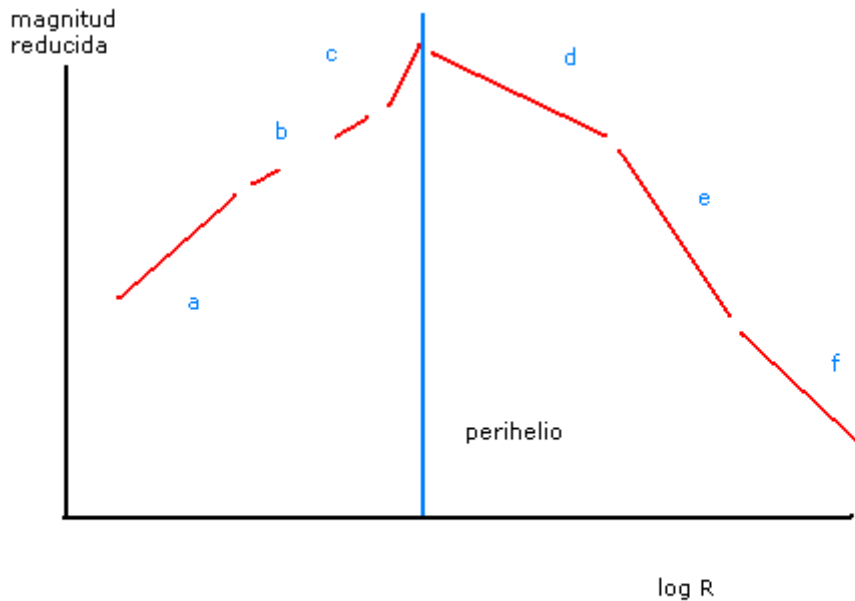
Mi opinión personal es que deberíamos adoptar oficialmente la ecuación 0.3 propuesta por Filonenko y Churyumov , como la fórmula para calcular la magnitud visual de un cometa , desde hace algún tiempo que estuve analizando y tratando de mejorar la ecuación 0.1 , mis resultados me llevaron a adoptar la incorporación de un nuevo valor añadido que corrigiese diferencialmente las desviaciones que produce en magnitudes la ecuación 0.1 , mis resultados me llevaron a otra ecuación similar a la 0.3 .

$$m(1) = m_0 + 5 * \log (\Delta) + 2.5 * n * \log (R) + B \quad 0.4$$

Donde vemos como hemos introducido un parámetro denominado B , llamado factor de corrección de magnitudes .

En cometas tanto parabólicos (excentricidades $e=1.0$) y tipo periódicos suelen ocurrir outbursts o explosiones de brillo , que rompen por decirlo de alguna forma sus ecuaciones fotométricas visuales , fue el caso del famoso cometa Hale-Bopp en 1997 , este cometa sufrió varias explosiones de brillo , pre y post perihelio , es por ello que me planteé , que un cometa a lo largo de su curva de luz , cambia de ecuaciones fotométricas , o lo que es lo mismo su ecuación de la recta en varias y diferentes rectas de regresión , en el gráfico inferior podemos apreciar lo dicho :

Figura 10.0



Vemos como el cometa X , tiene hasta p.ej. 6 ecuaciones de la recta diferentes (a , b , c , d , e y f) , donde $a \Rightarrow y_1 = a(n_1)x_1 + b(n_1)$, $b \Rightarrow y_2 = a(n_2)x_2 + b(n_2)$ $y_6 = a(n_6)x_6 + b(n_6)$.

La curva de luz estaría formada por un sistema de ecuaciones de la recta , sumando y dividiendo el total de ecuaciones pre-perihelio obtendríamos una ecuación media de la recta (fotométrica) , al igual con el resto de ecuaciones recta post-perihelio , de esta forma obtendríamos una ecuación media pre y post perihelio fotométrico-visual .

Un ejemplo claro de este tipo de estudio fue el que publique en la revista METEORS de la Sociedad de Observadores y Meteoros Y Cometas de España SOMYCE en el nº6 , 2ª época , Mayo-Junio de 1998 , titulado " Fotometría Visual del Cometa 55P/Tempel-Tuttle" , aquí utilice a este cometa periódico para explicar mas claramente este método .

Ley de Brillo de un Cometa:

Si Δ =distancia cometa-tierra y R =distancia cometa-Sol , el brillo del cometa es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la Tierra y a la n potencia de su distancia al Sol , esto lo expresamos de la siguiente manera :

$$B (R) = B_0 * 1/(\Delta^2 * R^n) \quad 0.5$$

B0 constante física simple que cumple la condición $\Delta=1.0$ u.a. entonces $B=0$, o sea que B0 es el brillo del cometa estando a 1.0 u.a de la Tierra y del Sol, se le dice Brillo absoluto.

Para calcular la magnitud de un cometa debemos utilizar la ecuación de Pogson:

$$\dots m_1 - m_2 = -2.5 * \log B_1 / B_2 \quad \text{---}\rightarrow$$

$$m - m_0 = -2.5 \log 1 / \Delta^2 R^n = 5 * \log \Delta + 2.5 n * \log R \quad \text{--}\rightarrow$$

de aquí obtenemos:

$$\dots m_1 = m_0 + 5 * \log \Delta + 2.5 n \log R \quad 0.1^*$$

esta es la ecuación general fotométrica para calcular la magnitud visual teórica de un cometa.

Para calcular los parámetros m_0 (magnitud absoluta) y n (tasa de incremento en brillo) debemos utilizar el cálculo denominado Regresión Lineal o también llamado ajuste por mínimos cuadrados, a continuación paso a detallar como es este tipo de cálculo:

El problema de la *regresión lineal simple* entre dos variables X y Y se reduce a calcular la *recta de regresión* que mejor represente su distribución conjunta. Los datos se presentan como una matriz de dos columnas:

$$\begin{pmatrix} (x_1, y_1), \\ (x_2, y_2), \\ (x_3, y_3), \\ \dots \dots \dots \\ (x_n, y_n) \end{pmatrix}$$

siendo (x_i, y_i) , con $i=1, 2, \dots, n$, el i -ésimo par observado.

Se pretende ajustar un modelo de la forma

$$y_i = a x_i + b + e_i \quad \text{bajo las siguientes hipótesis:}$$

1. La variable *respuesta* y_i depende de la variable explicativa x_i de forma lineal (con pendiente a y ordenada en origen b), más un factor residual aleatorio e_i .
2. Los residuos tienen distribución normal de media 0 y varianza σ^2 desconocida.
3. Estos factores aleatorios son independientes entre sí.

Los parámetros de la recta de regresión, a y b , se calculan siguiendo el criterio de los mínimos cuadrados, lo que lleva a los siguientes resultados:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$$

siendo

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

y

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

las medias de ambas variables estadísticas.

La varianza residual σ^2 es desconocida, siendo su estimador insesgado

$$s_R^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - a x_i - b)^2$$

Definiendo el coeficiente de correlación como

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

que sólo toma valores en el intervalo $[-1, 1]$, nos da una idea de hasta qué punto el ajuste lineal es razonable:

- Si r es próximo a -1 : el ajuste es aceptablemente bueno, distribuyéndose las observaciones (x_i, y_i) alrededor de una recta de pendiente negativa.
- Si r es próximo a 0 : el ajuste no es aceptable, indicando que no existe relación lineal entre las variables.
- Si r es próximo a $+1$: el ajuste es aceptablemente bueno, distribuyéndose las observaciones (x_i, y_i) alrededor de una recta de pendiente positiva.

ELABORACIÓN DE UNA CURVA DE LUZ VISUAL

A continuación vamos a utilizar un cometa ejemplo, nuestro caso será el cometa 2004 Q2 MACHHOLZ, para empezar diré que la herramienta para el cálculo y la introducción de datos así como los gráficos están hechos con el software excel

El primer paso consiste en recoger todas las magnitudes visuales disponibles, las fuentes pueden ser: ICQ, JPL/NASA, u otras bases de datos disponibles..

Antes de esto hay que convertir las fechas normales a fecha juliana, la tabla A contiene 142 estimaciones de brillo o magnitudes visuales del cometa 2004 Q2 MACHHOLZ:

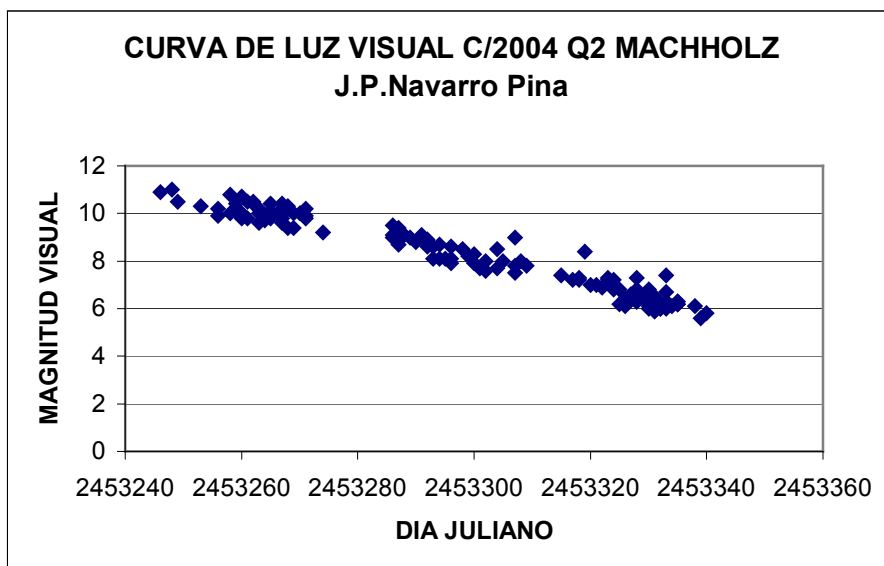
DIAJULIANO MAGNITUD **TABLA A**

2453246	10.9
2453248	11
2453249	10.5
2453253	10.3
2453256	10.2
2453256	9.9
2453258	10
2453258	10.8
2453259	10.1
2453259	10.4
2453260	10
2453260	10.7
2453260	9.8
2453261	9.8
2453261	10.5
2453262	10.5
2453262	10.4
2453263	10
2453263	10.2
2453263	9.6
2453264	9.7
2453265	10.1
2453265	9.8
2453265	9.9
2453265	10.4
2453267	9.6
2453267	10
2453267	10.4
2453267	9.8
2453267	10.2
2453268	10.2
2453268	10.2
2453268	9.4
2453268	10.3
2453269	9.4
2453269	10
2453270	10
2453271	9.8
2453271	10.2
2453271	9.9
2453274	9.2
2453286	9.5
2453286	9.1
2453286	9
2453287	9.4
2453287	8.7
2453288	9.1
2453289	9
2453290	8.8
2453291	9.1
2453292	8.8
2453292	8.6
2453292	8.9
2453293	8.1

2453293	8.6
2453294	8.7
2453294	8.1
2453295	8.1
2453296	7.9
2453296	8.6
2453296	8.1
2453298	8.5
2453299	8.2
2453300	8.3
2453300	7.9
2453301	7.7
2453302	7.6
2453302	8
2453304	8.5
2453304	7.7
2453305	8
2453307	7.8
2453307	7.5
2453307	9
2453308	8
2453309	7.8
2453315	7.4
2453317	7.2
2453318	7.3
2453318	7.2
2453319	8.4
2453320	7
2453321	7
2453322	6.9
2453323	7.2
2453323	7.1
2453323	7.3
2453324	7.2
2453324	6.9
2453324	6.8
2453325	6.2
2453325	6.8
2453326	6.1
2453326	6.4
2453327	6.6
2453327	6.6
2453327	6.5
2453328	7.3
2453328	6.4
2453328	6.3
2453328	6.6
2453328	6.6
2453328	6.8
2453328	6.4
2453328	6.3
2453329	6.5
2453330	6.7
2453330	6.2

2453330	6
2453330	6.1
2453330	6.8
2453331	5.9
2453331	6.4
2453331	6.3
2453331	6.1
2453331	6.5
2453331	6.1
2453331	6
2453331	6.3
2453331	5.9
2453331	6
2453332	6
2453332	6.1
2453332	6.2
2453332	6
2453332	6.1
2453333	6.3
2453333	6.7
2453333	6.2
2453333	6.3
2453333	7.4
2453333	6.1
2453333	6
2453334	6.1
2453335	6.3
2453335	6.2
2453335	6.3
2453335	6.2
2453335	6.2
2453338	6.1
2453339	5.6
2453340	5.8

A continuación , la curva resultante es la siguiente



0.32014629 9.26014188
0.38399479 9.39926857

0.37602918 8.79919732

0.36586222 9.40166528

ELABORACIÓN DE UNA CURVA DE LUZ MAGNITUD
REDUCIDA – DISTANCIA HELIOCENTRICA

Ahora se seleccionan x cantidad de puntos (medidas de brillo) lo mas homogéneos posibles , y se realiza una tabla tal que así

:Día juliano....m1.....Δ.....R.....mΔ.....log R

TABLA B

0.35314655 8.42967774 mΔ es la magnitud reducida , como la variación con la distancia a Tierra no contiene información física sobre el objeto se debe restar y su formula es :

$$m_{\Delta} = m_1 - 5 * \log (\Delta)$$

0.34024576 8.76313779
0.33364876 8.1310835
0.30405947 8.7462178

TABLA B

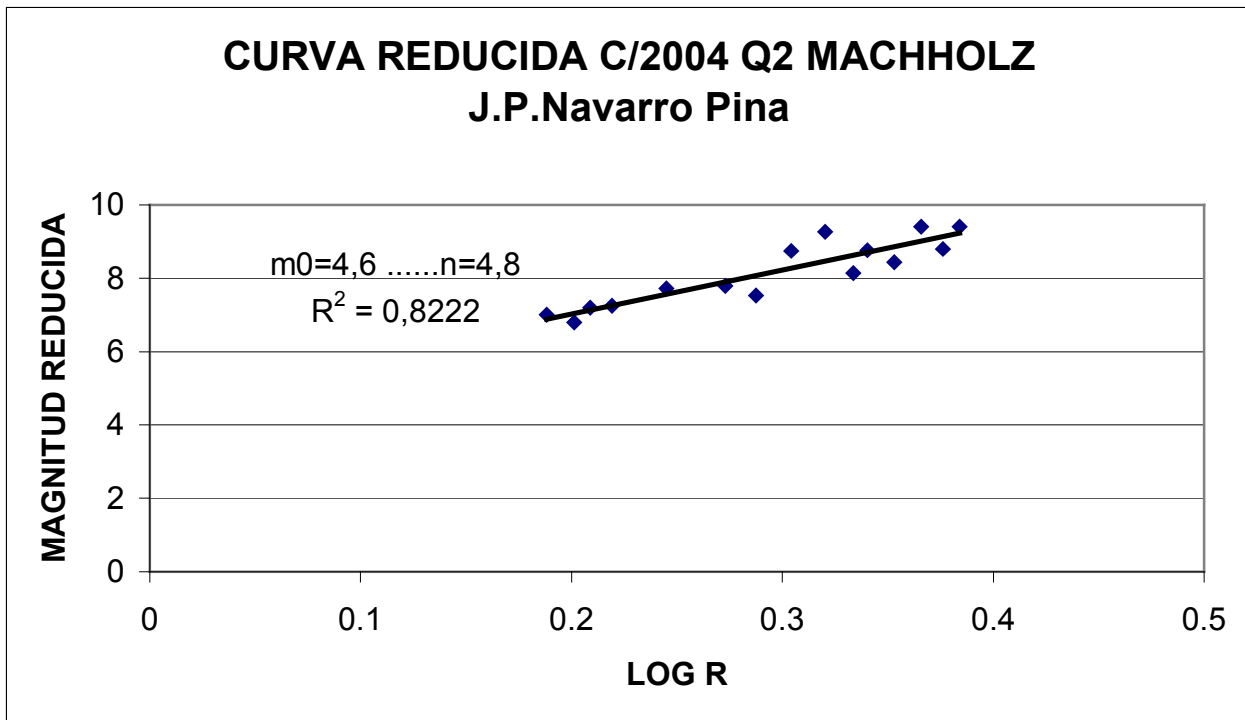
0.28735377 7.52861352 Paso a explicar esta tabla B, la 1ª columna es el logaritmo decimal de la distancia R cometa-Sol , y la 2ª columna es la magnitud reducida .

0.27276959 7.79326346 El grafico resultante es la siguiente curva de luz reducida , donde la ecuación de la recta nos daría como resultado los siguientes parámetros fotométricos visuales pre-perihelio del cometa :

...m0=+4.6
...n=4.8

ecuación de la recta $y = a x + b$ ----> convertido a la curva de luz reducida quedaría ... $m\Delta = n * \log (R) + m_0$

con un coeficiente de correlación fuerte de $R=0.82$, esto indicaría que nuestros puntos de dispersión estarían aceptablemente bien correlacionados .



Por supuesto estos parámetros fotométricos no serían definitivos , otro dato importante es que estos parámetros fotométricos son pre-perihelio , nos indicarían mediante una extrapolación que posible magnitud visual teórica máxima podría alcanzar el cometa .

A la ecuación general de cálculo de la magnitud visual teórica se le sustituirían los parámetros obtenidos :

$$\dots m_1 = m_0 + 5 * \log \Delta + 2.5 n \log R$$

Obteniendo la siguiente ecuación fotométrico-visual pre-perihelio del cometa 2004 Q2 MACHHOLZ :

$$\dots m_1 = 4.6 + 5 * \log \Delta + 2.5 * 4.8 \log R$$

En el caso de este cometa la fórmula nos daría que para las fechas de máximo brillo el cometa alcanzaría $m_1 = +3.4$, que se aproximaría muy cerca de la magnitud real visual alcanzada que fue de $m_1 = +3.5$, con una diferencia máxima de $+0.1$ magnitudes .

El parámetro de tasa de incremento en brillo $n=4.8$, nos dice que el cometa se aproxima mucho a la media de este parámetro $n=4$ para muchos cometas , y que su magnitud se mantendría constante a lo largo de la curva de luz , si nos fijamos en la curva de luz visual vemos como se cumple , también nos indica un componente alto de sublimación de volátiles (CO , CN , C2 , C3...) .

$$\dots n = m_1 - m_0 - 5 * \log \Delta / \log R$$

Calculo del Tamaño del núcleo

Una vez obtenido el parámetro m_0 , es posible relacionarlo con el tamaño del núcleo según Delsemme (1987) con la siguiente ecuación :

$$r(\text{núcleo}) = 10 e^{(1.59 - 0.199 * m_0)} \dots \dots e = \text{elevado a}$$

obtendríamos que el radio efectivo del núcleo sería :

$$r(\text{núcleo}) = 10 e^{(0.6746)} \text{ mts.}$$

De todas formas , he encontrado que esta ecuación de Delsemme , necesita una revisión , y es susceptible de variaciones según el tipo de Cometas y su función de distancia al Sol .

BIBLIOGRAFÍA :

- Lunar and Planetary Science (2005) , Churyumov , Filonenko .
- Manual del Cometa Halley (1986) : I.Ferrin , S. Edberg
- METEORS , SOMYCE , Mayo –Junio (1998) , Fotometría visual cometa 55 P/Tempel Tuttle , J.P.Navarro Pina .
- The 1991 Outbursts of comet P/Metcalf-Brewington : a study of the light curve . (1993) , M.Kidger (IAC).
- “Estudio de la curva de luz del cometa 2004Q2 MACHHOLZ” , (2005) , J. P. Navarro Pina .
- “Estadística y Análisis de parámetros fotométricos de Cometas tipo periódicos “...Navarro Pina , (1990)” .
- www.aerith.net (Base de datos de curvas de Luz de Cometas , Seichii Yoshida)