

Estimación de la fracción de superficie activa en cometas de largo período

Andrea Sosa y Julio A. Fernández
Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias
Uruguay

Resumen

- ▶ En base a un modelo simple de núcleo cometario, estimamos la fracción de superficie activa para una muestra de cometas de largo período ($P > 1000$ años) y distancias perihélicas pequeñas ($q < 2$ UA).
- ▶ También analizamos la pendiente de la curva de luminosidad heliocéntrica y su correlación con la edad dinámica, así como la relación entre tamaños y magnitudes absolutas.
- ▶ Discutiremos aquí los resultados preliminares.

Método

- ▶ A partir de la conservación del momento lineal (Whipple 1950), estimamos la masa cometaria:

$$M = \frac{Qm_{\text{H}_2\text{O}} \langle u \rangle}{J}$$

- ▶ La aceleración no-gravitacional la determinamos a partir de modelos semi-empíricos (e.g. Marsden et al 1973):

$$J = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2} g(r(t - DT))$$

Método

- ▶ Suponiendo una cierta densidad media, estimamos el tamaño del núcleo.
- ▶ Por otro lado, estimamos la tasa de producción de agua a partir de una correlación empírica con las magnitudes visuales:

$$\log Q = a_1 m_h + a_0$$

- ▶ Finalmente, y asumiendo una cierta función de la tasa de sublimación por unidad de superficie, estimamos la fracción de superficie activa:

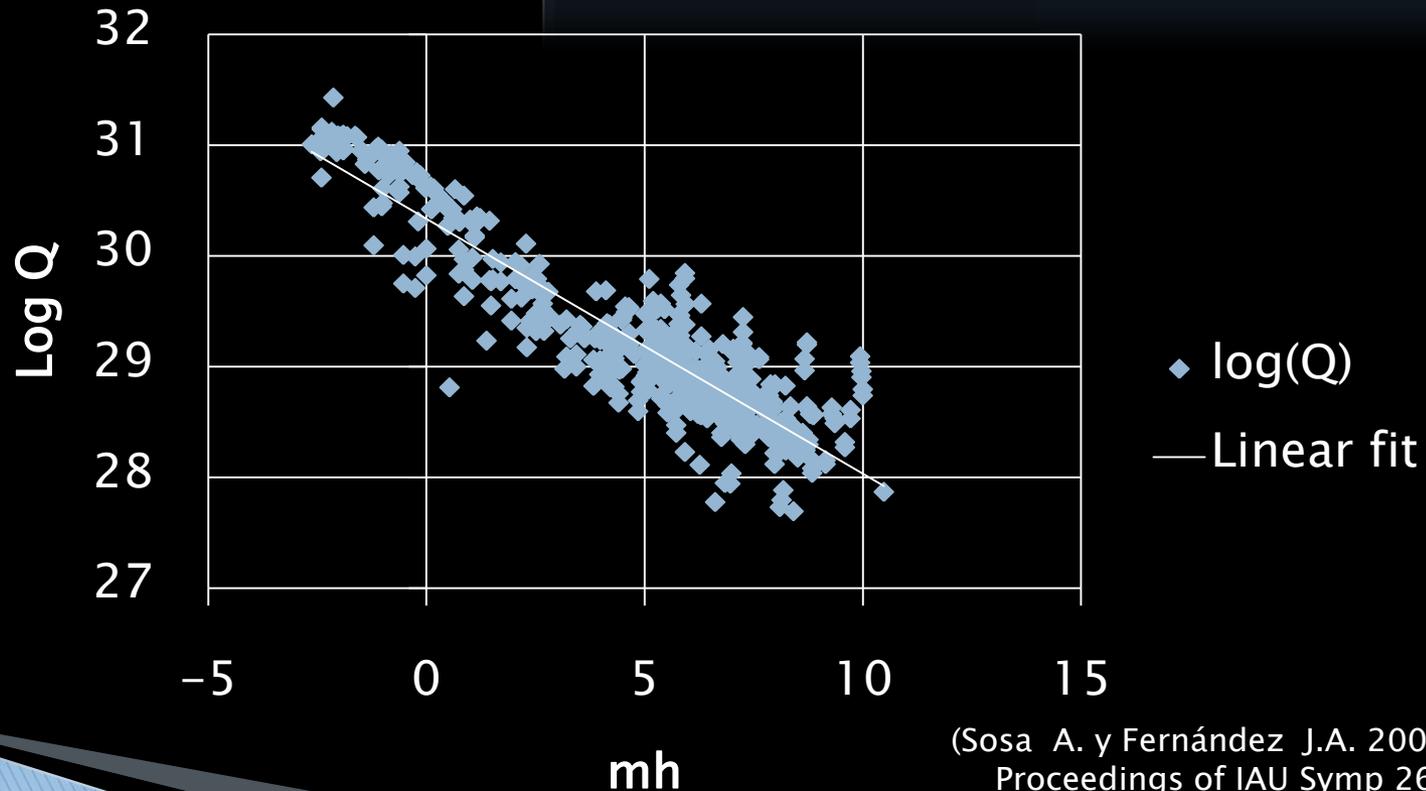
$$f = \frac{Q}{4\pi R_N^2 Z}$$

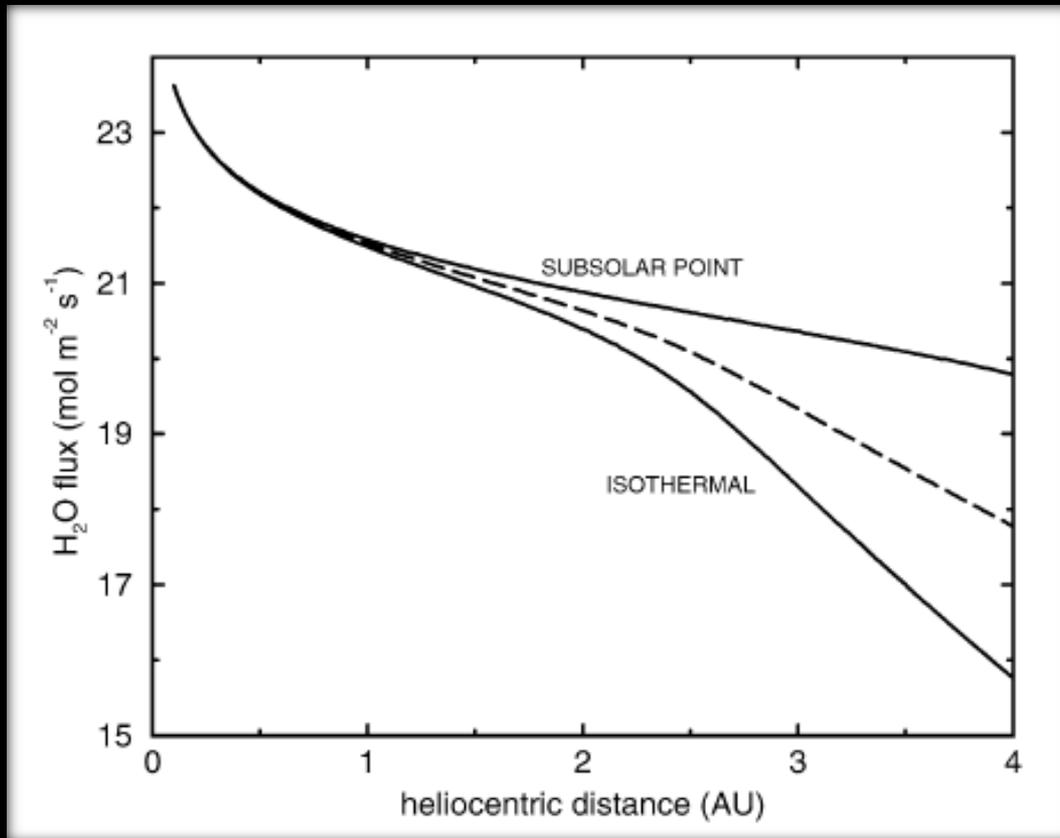
Correlación entre tasas de producción de agua y magnitudes visuales

En base a 30 cometas LP y 585 datos observacionales

Parámetros de la muestra

Parámetro	Mínimo	Máximo
Distancia heliocéntrica (UA)	0.20	2.98
Distancia geocéntrica (UA)	0.10	3.04





$$Z = Z(r) \gg$$

Curvas teóricas de la producción gaseosa de agua por unidad de área superficial como función de la distancia heliocéntrica (Tancredi et al 2006, Icarus 182, 527).

Cometa	q (UA)	A1 (UA/d ²)	A2 (UA/d ²)	A3 (UA/d ²)	Ref.
C/1985 R1	0.695	+1.6000E-08	-2.0000E-09		(1)
C/1989 Q1	0.642	+3.4000E-08	+6.0000E-09		(1)
C/1993 Y1	0.868	+1.8000E-08	+6.5000E-10		(1)
C/1995 O1	0.914	+1.2700E-08	+1.1440E-09		(2)
C/1996 B2	0.230	+2.7600E-08	+7.1600E-10		(1)
C/1999 T1	1,172	+3.5200E-08	-1.5563E-08		(1)
C/2000 WM1	0.555	+5.2000E-09	-7.3000E-11		(1)
C/2001 Q4	0.962	+1.4900E-08	-2.9650E-09		(1)
C/2002 V1	0.099	-3.3552E-09	+3.8132E-10		(3)
C/2002 X5	0.190	+5.0000E-09	+7.0230E-09		(1)
C/2003 K4	1.024	+7.8370E-09	-3.4919E-09	-7.5632E-10	(3)

Parámetros No-Gravitacionales

Referencias:

- (1) Catalogue of Cometary Orbits, Marsden & Williams (2008).
- (2) Catalogue of Cometary Orbits, Marsden & Williams (2005).
- (3) JPL Small-Body Database (<http://ssd.jpl.nasa.gov>).

Cálculos

Parámetro	Valor	Unidades
$\langle u \rangle$	270	m/s
$m = m_{\text{(H}_2\text{O)}}$	2.98897E-26	kg
a1	-0.236	(Q en molec/s)
a0	30.36	(Q en molec/s)

Modelo de núcleo cometario	
Forma	esférica
Densidad media	0.4 g/cm ³

Cometa	q [UA]	M [kg]	M [kg] (1)	RN [km]	RN [km)] (Otras estimaciones)	f
1P	0.586	2.2E+14	3.2E+14	5.1	5.2 (2)	0.3
2P	0.333	1.6E+13	9.2E+13	2.1	3 (3)	0.03
6P	1.346	6.4E+11	2.8E+11	0.7	1.7 (4)	0.7
9P	1.506	5.1E+13	2.3E+13	3.1	3.0 (5)	0.07
10P	1.382	1.0E+14	3.5E+14	3.9	4.8 (6)	0.1
19P	1.360	9.1E+12	2.7E+12	1.8	2.4 (7)	0.4
22P	1.578	2.8E+13	5.3E+12	2.5	1.8 (4)	0.3
46P	1.083	1.7E+12	3.3E+11	1.0	0.58 (4)	0.6
67P	1.303	6.1E+12	1.5E+13	1.5	1.98 (8)	0.09
81P	1.584	1.8E+13	8.1E+12	2.2	1.917 (9)	0.3

Test con los cometas SP

Referencias:

(1) Sosa A. y Fernández J.A. 2009, MNRAS, 393, 192, (2) Keller et al 1987, (3) Ver Sosa A. y Fernández J.A. 2009, (4) Tancredi et al 2006, (5) A'Hearn et al 2005, (6) Ver Sosa A. y Fernández J.A. 2009, (7) Lamy et al 1998, (8) Lamy et al 2006, (9) Howington-Kraus et al 2005.

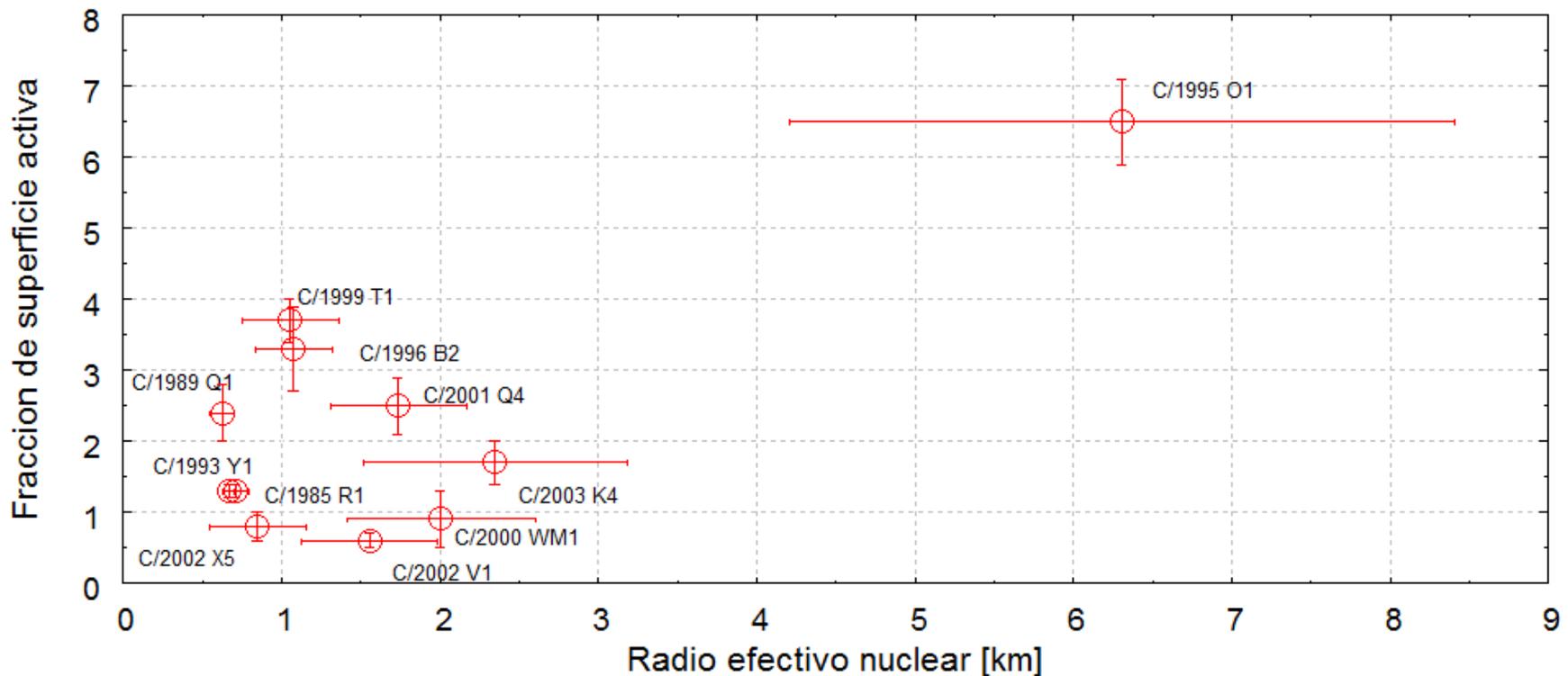
Resultados

- ▶ Masas estimadas

Cometa $\langle M \rangle \pm \sigma$ (kg)

- ▶ Tamaños y fracciones de superficie activa

Muestra de 11 cometas LP



► Parámetros de determinación orbital según distintos modelos de fuerzas no-gravitacionales para C/1995 O1 “Hale–Bopp”

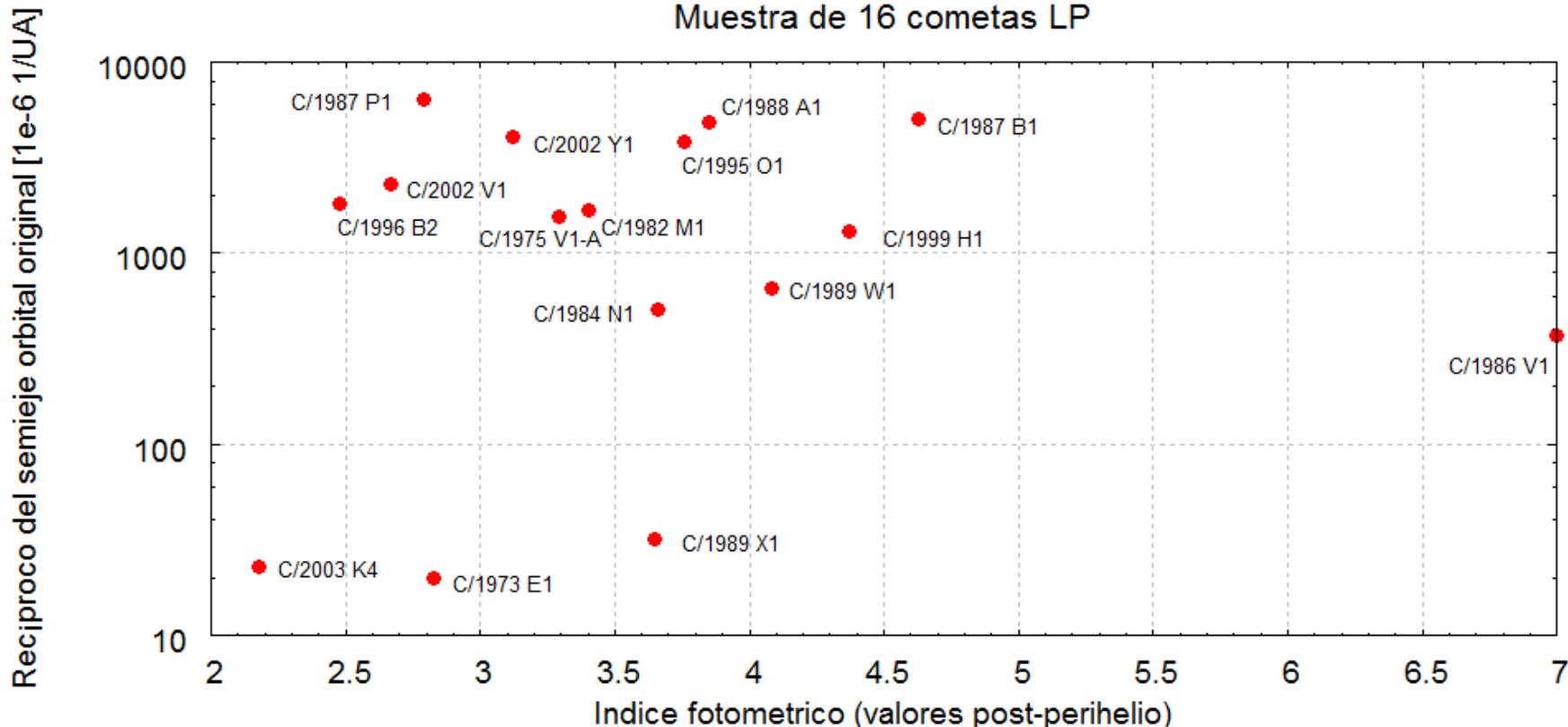
h(r)	A1 (UA/d ²)	A2 (UA/d ²)	A3 (UA/d ²)	Dt (d)	Arco (d)	N obs	rms (")
Standard g(r) (1)	1.52E-08	1.199E-09	-1.98E-10		3125	3550	1.07
Asymmetric g(r) (1)	1.599E-08	-4.25E-10	-3.61E-10	8.230	3125	3550	1.06
Subsolar Outgassing g _s (r) (1)	1.4497E-08	1.144E-09	-2.33E-10		3125	3350	1.10
Asymmetric g _s (r) (1)	1.5044E-08	3.55E-10	-3.25E-10	4.220	3125	3350	1.09
Modified g*(r) (1)	4.878E-08	3.802E-09	-6.70E-10		3125	3350	1.07
Asymmetric g*(r) (1)	5.093E-08	-6.00E-11	-1.093E-09	5.918	3125	3350	1.07
Asymmetric g(r) (2)	1.4302E-08	9.4747E-10			5291	3317	0.93
Standard g(r) (3)	1.2700E-08	1.144E-09					
Standard g(r) (4)					4472	2817	0.90

Referencias: (1) Krolikowska 2004, A&A 427, 1117, (2) JPL Small-Body Database, (3) Catalogue of Cometary Orbits, Marsden & Williams (2005), (4) Catalogue of Cometary Orbits, Marsden & Williams (2008).

El caso de C/1995 O1 “Hale–Bopp”

- ▶ Si partimos del efecto no-gravitacional que le atribuyen los distintos modelos de ajuste orbital (los cuales arrojan valores de masa muy similares), el cometa tendría un tamaño pequeño, de pocos km.
- ▶ Sin embargo, otras estimaciones le atribuyen un tamaño grande, en el rango ~15 – 35 km (Weaver y Lamy 1997, Fernández 2002).
- ▶ Cabrían entonces tres posibilidades:
 - Sería un caso de “hiperactividad”.
 - Nuestro modelo asume algunas hipótesis erróneas.
 - Los parámetros no-gravitacionales serían espúreos.

Muestra de 16 cometas LP



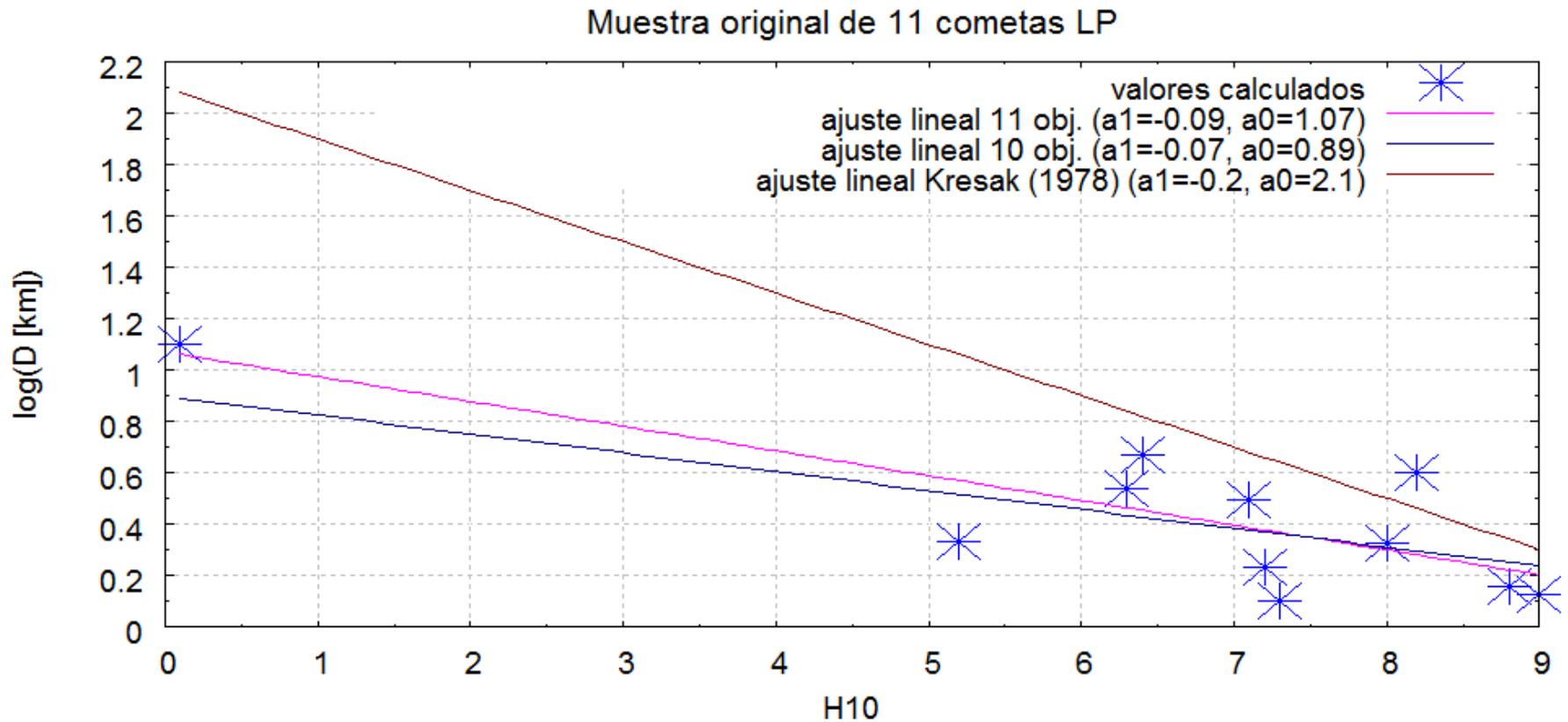
Edad dinámica vs. Índice fotométrico

Clase	$X = (1/a)_{\text{orig}}$ [$\times 10^{-6} \text{ UA}^{-1}$]
Nuevos	$0 < X < 100$
Jóvenes	$100 < X < 1000$
Viejos	$1000 < X < 10000$

$$m_h = H + 2.5n \log_{10}(r)$$



Magnitudes absolutas vs. Tamaños



Conclusiones preliminares

- ▶ Con la precisión astrométrica actual, los efectos no-gravitacionales serían detectables únicamente en cometas pequeños.
- ▶ El C/1995 O1 sería un cometa grande y los efectos no-gravitacionales en su órbita no pueden detectarse.
- ▶ Luego, para dicho cometa el método no es aplicable.
- ▶ Para el resto de los cometas sería válido el método, aunque resta explicar porque algunos de ellos arrojan porcentajes de superficie activa superiores al 100 %.
- ▶ No encontramos una correlación entre el índice fotométrico de actividad y la edad dinámica, aunque la muestra se limita a 17 cometas.
- ▶ Comprobamos que los cometas “viejos” presentan $\langle n \rangle \sim 4$, mientras los cometas “nuevos” mostrarían una mayor variación, tendiendo a valores menores.
- ▶ Respecto a la correlación entre magnitudes absolutas y tamaños, nuestra correlación diverge de la relación empírica encontrada por Krésak (1978).