

Gaia: II Reunión Científica de la REG

Santillana del Mar, 19-21 septiembre 2011

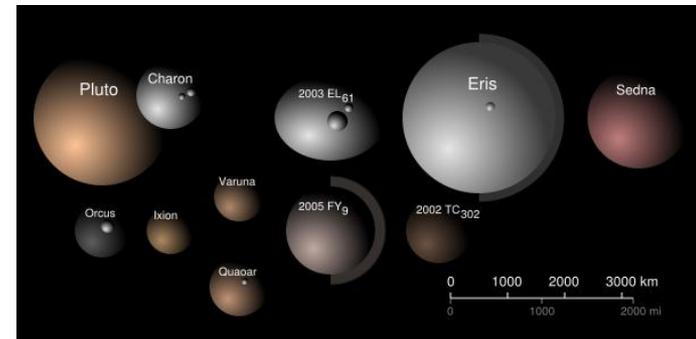
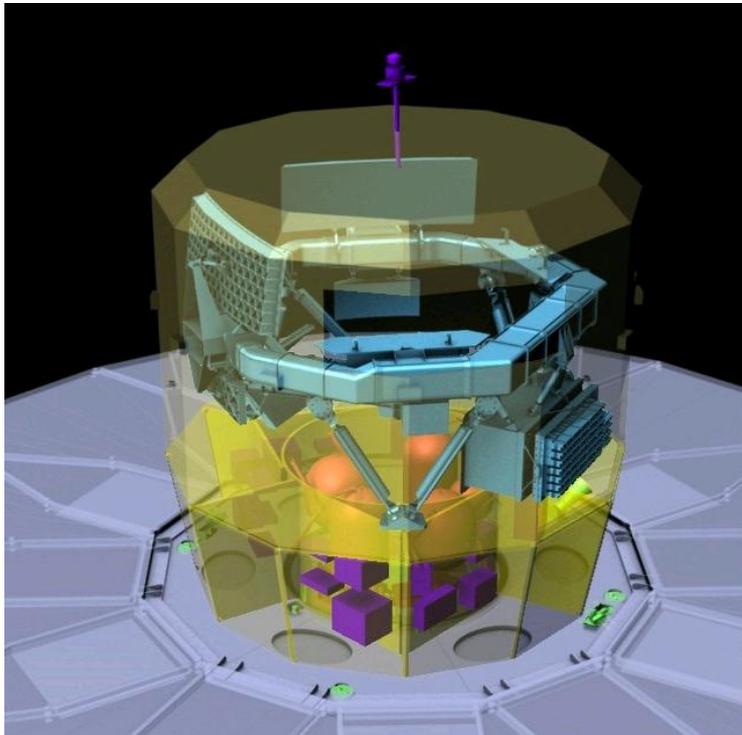


Gaia en el Sistema Solar

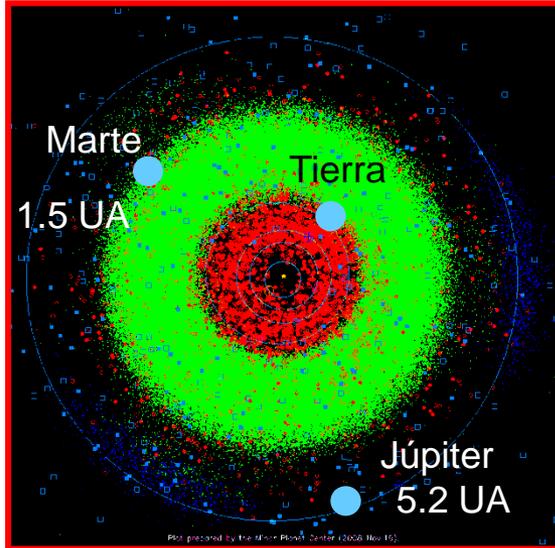
René Duffard

Julia de León

Instituto de Astrofísica de Andalucía - CSIC



Cuerpos menores del Sistema Solar



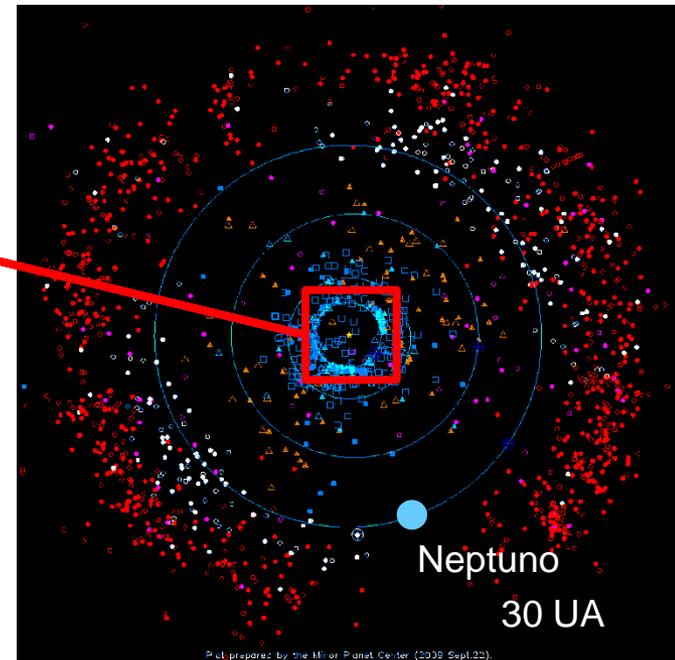
Sistema Solar Interior

- Asteroides Cercanos a la Tierra (NEAs) - 8000
- Asteroides del Cinturón Principal (MBs) - 500000
- Troyanos de Júpiter - 4000

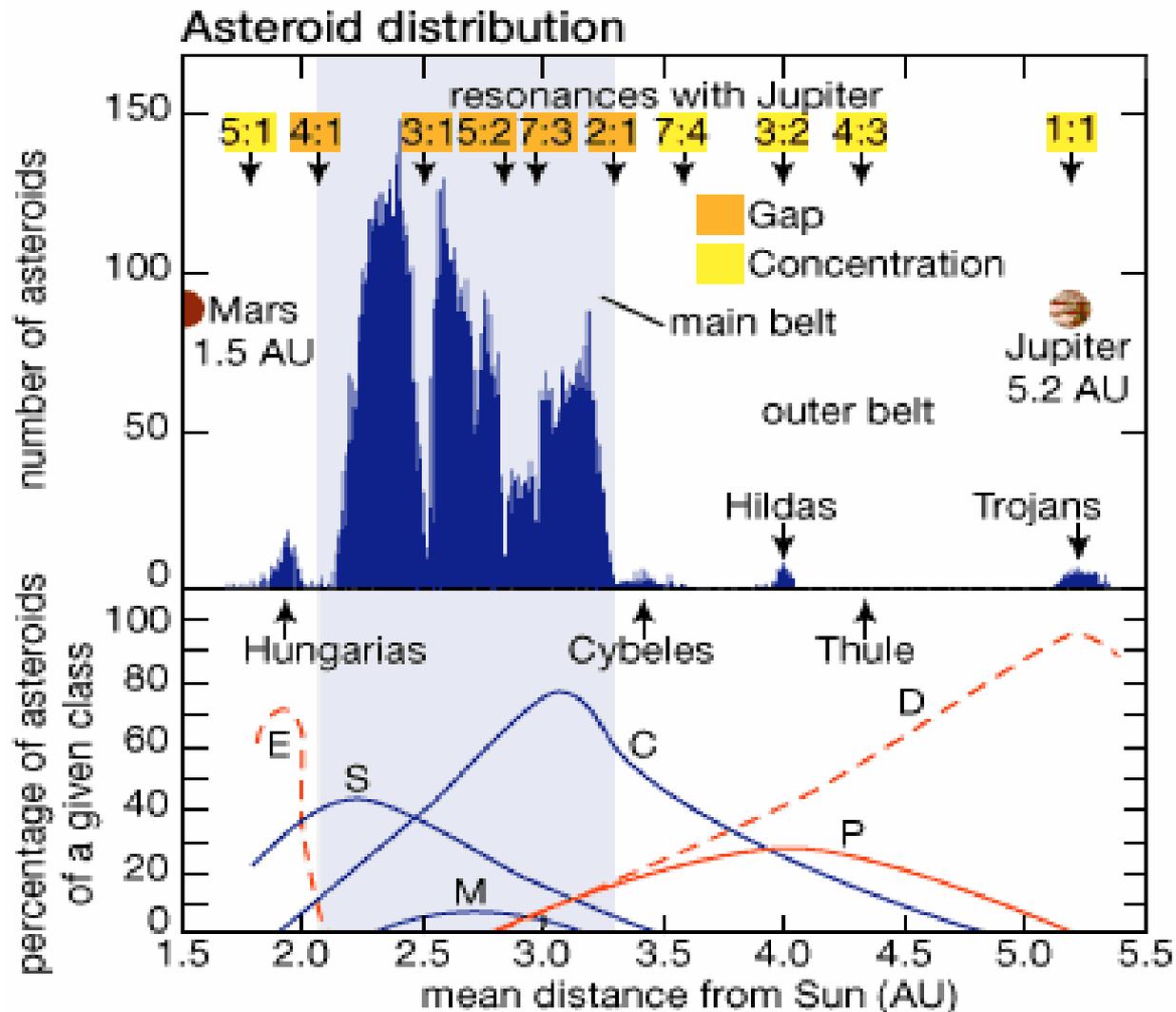
Objetos Trans-Neptunianos (TNOs) - 1200
 [Cinturón de Kuiper – KB, 30-55 UA]
 [Scattered Disk – SD, 100 UA]

Centauros – 300 (6-30 UA)
 Planetas Enanos - 6

Sistema Solar Exterior (> 6 UA)



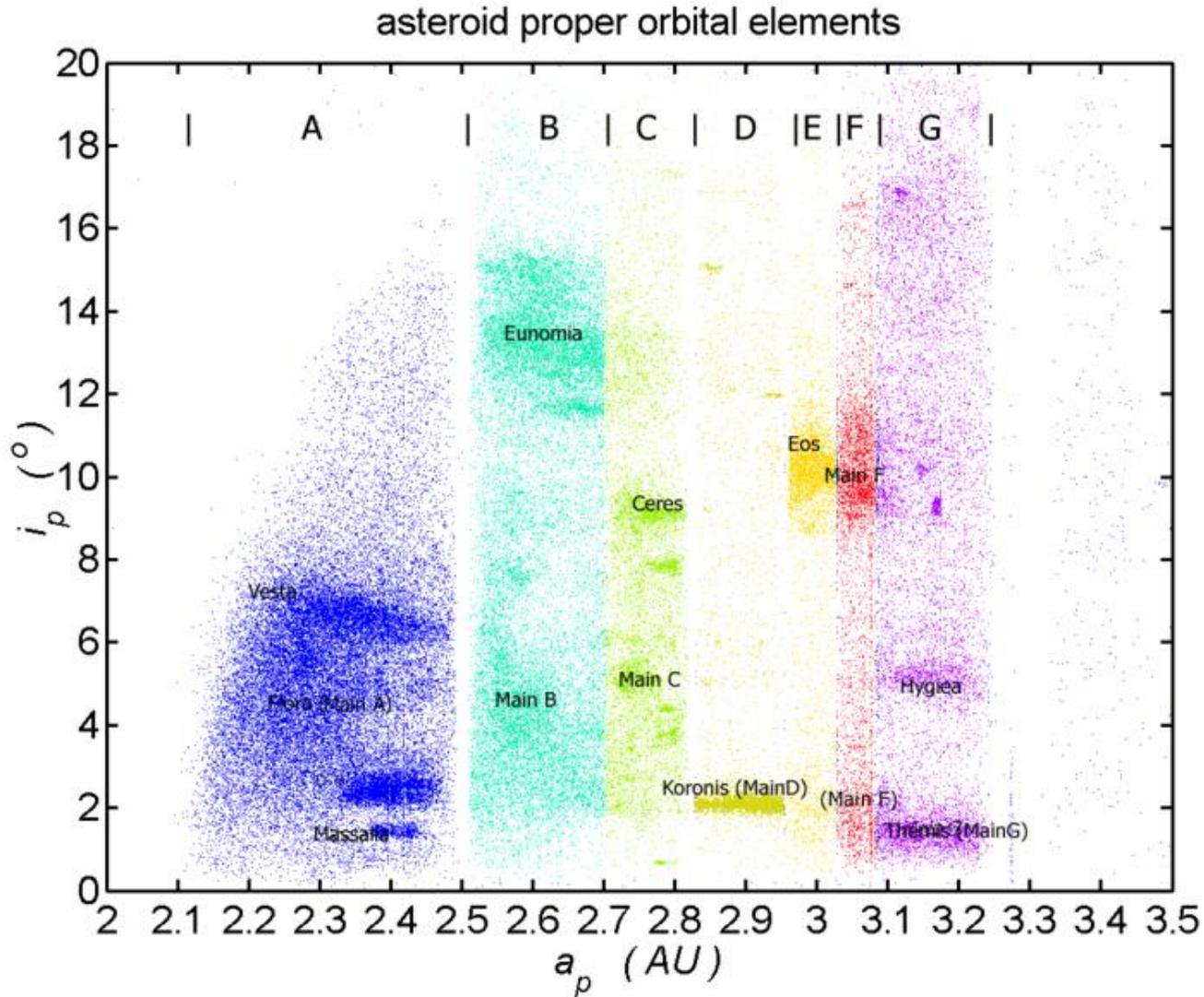
Cuerpos menores del Sistema Solar (interior)



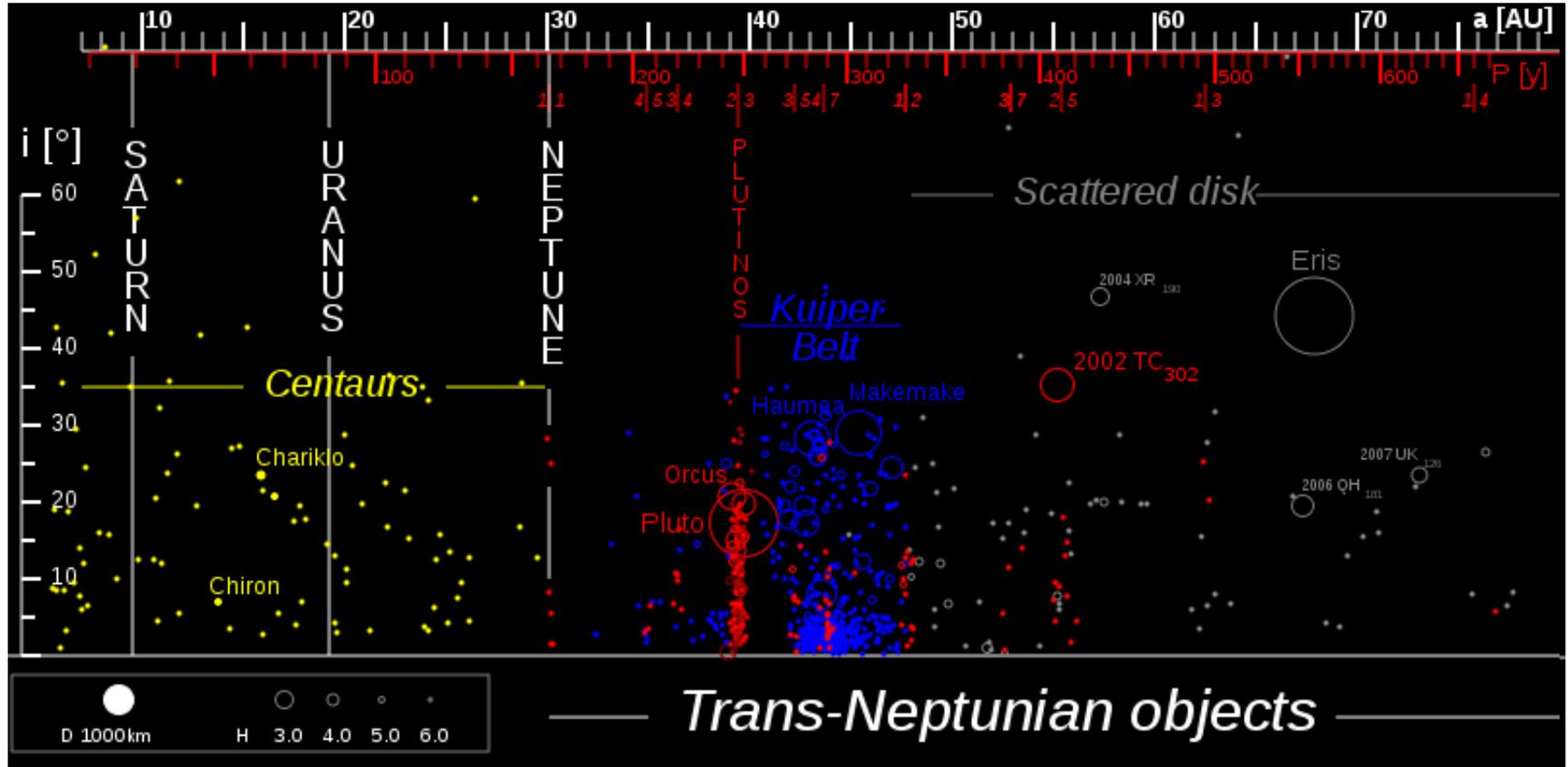


gaia

Cuerpos menores del Sistema Solar (interior)

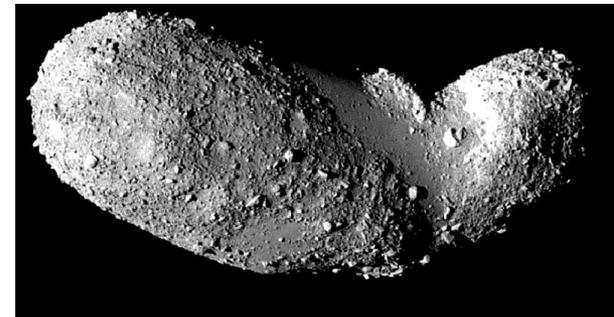
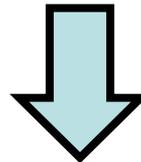
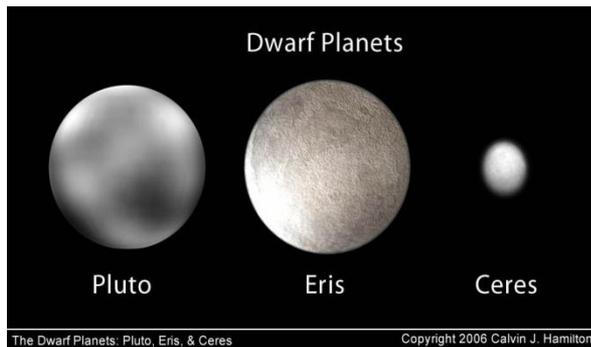


Cuerpos menores del Sistema Solar (exterior)



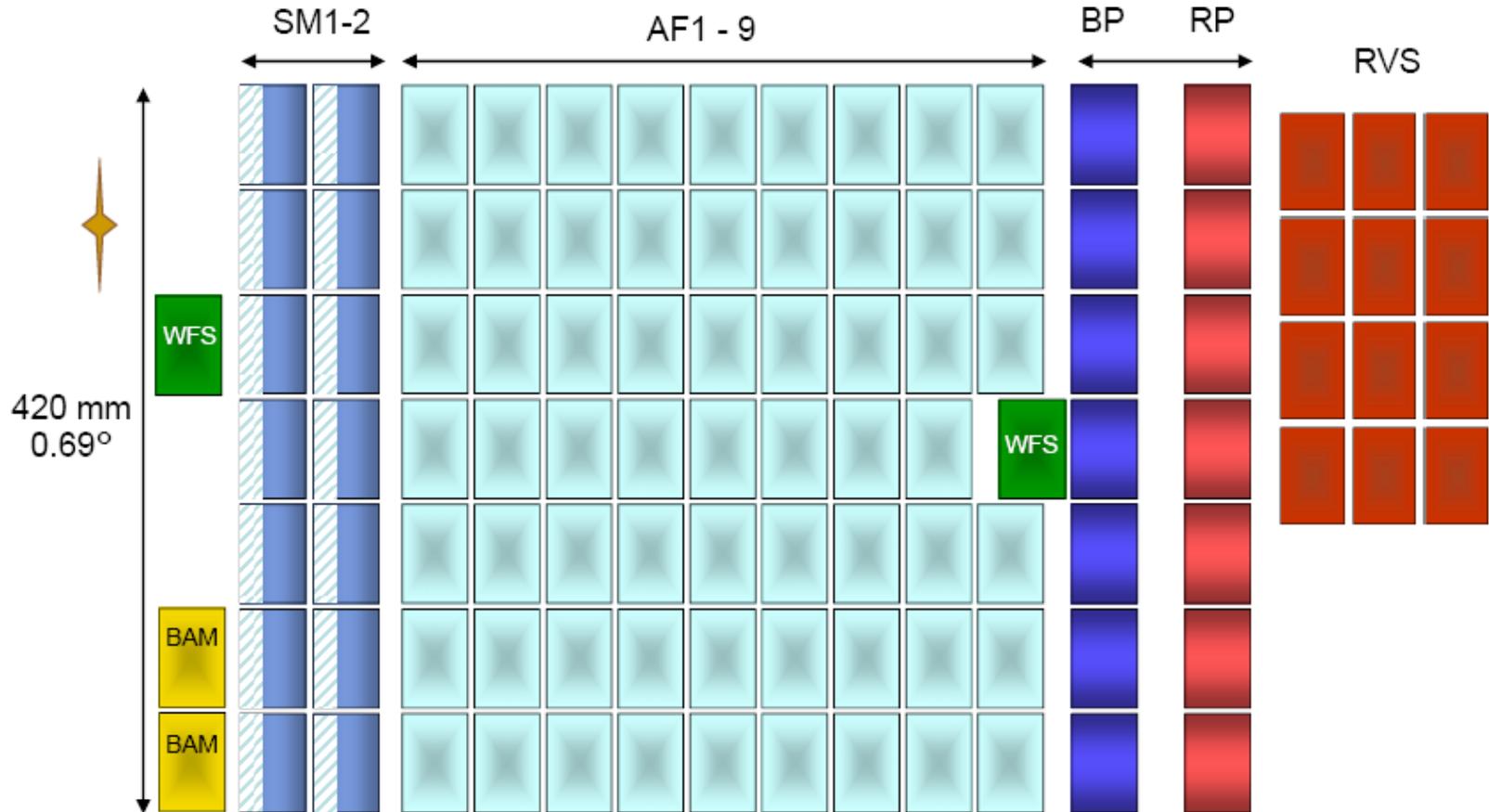
Cuerpos menores del Sistema Solar

- Variedad de composición (cuerpos rocosos y objetos helados)
- Variedad de tamaños y formas (cuerpos sólidos, *rubble-pile*, ...)
- Estructura interior (densidad, porosidad, ...)
- Historias colisionales



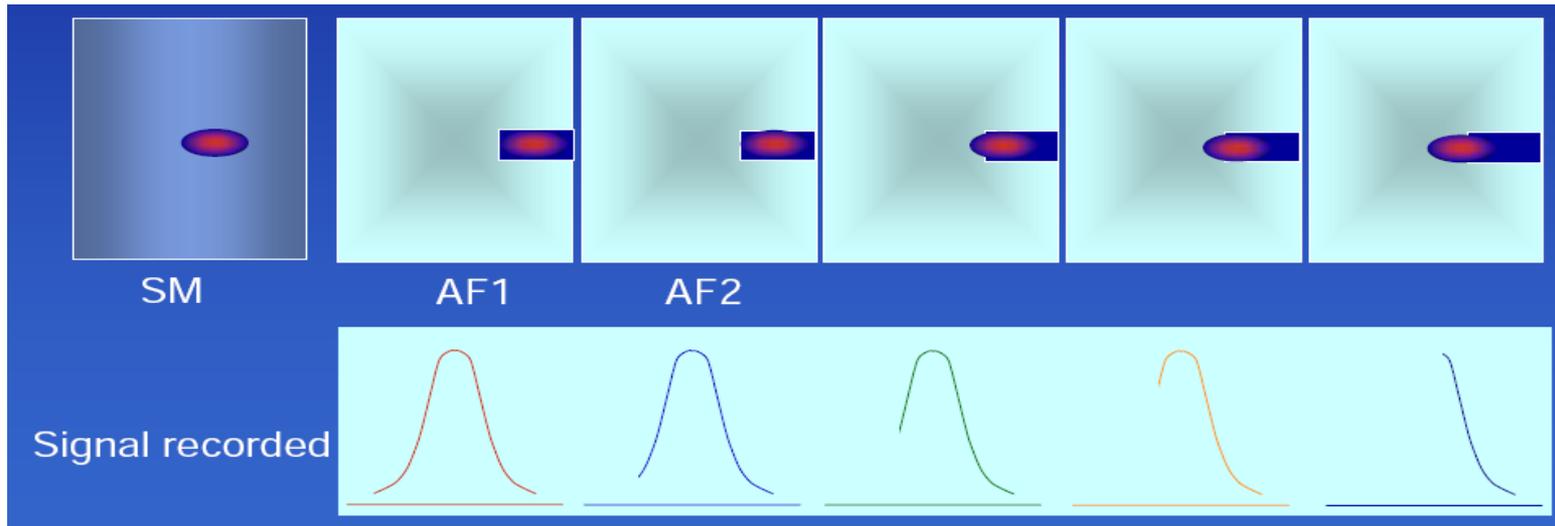
Remanentes de las primeras etapas
de formación del Sistema Solar

Focal Plane Assembly



P. Tanga (2011)

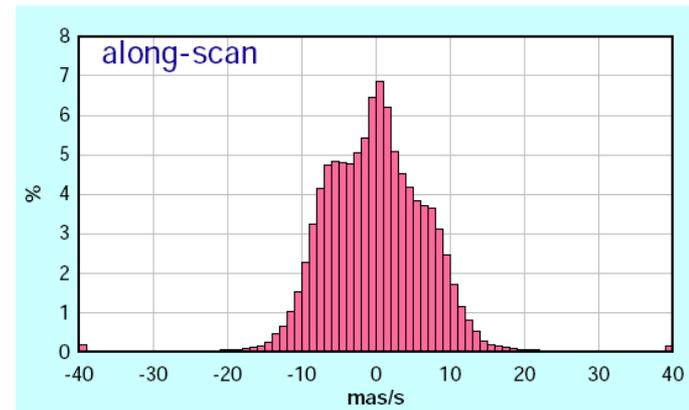
Ventanas sobre objetos en movimiento: detección



P. Tanga (2011)

Distribución de velocidades (respecto a las estrellas) en el plano focal

NEAs, MBs --> $\sigma \sim 7$ mas/s (AL)
 $\sigma \sim 12$ mas/s (AC)





Misión GAIA y el Sistema Solar



Objetivos científicos

- Survey sistemático de NEAs y MBs hasta magnitud 20 ~ 300000 objetos
- Órbitas: mayor precisión (mejora x30 de la mejor resolución actual en las familias dinámicas)
- Determinación de masas a partir de encuentros cercanos (100 objetos)
- Diametros de unos 1000 asteroides: forma, densidad
- Asteroides binarios
- Datos fotométricos: clasificación taxonómica (espectros baja resolución)
- “Curvas de luz” durante 5 años: rotación, orientación eje, forma (10000)
- Distribución espacial vs. propiedades físicas



Misión GAIA y el Sistema Solar



Objetivos científicos

	Hoy	GAIA
Astrometría	~0".5	0".005
Periodo rotación	3000	~100000
Formas, orientación	~200	~100000
Tipo espectral	~1800	~200000
Masas, $\sigma < 60\%$	~40	150
Tamaño, $\sigma < 10\%$	~500	1000
Satélites	~20 (MB)	?

GREAT

F. Mignard
P. Tanga
A. Dell'oro
W. Thulliot
D. Bancelin
M. Todd
K. Muinonen
D. Hestroffer
A. Fienga
H. Vargoglis
B. Carry

F. Colas
A. Cellino
P. Pravec
A. Carbognani
J. Hanus
H. Campins
M. Delbó
J. Gayon-Markt
F. DeMeo
M. Mueller

P. Paolicchi
D. Oszkiewicz
J. E. Arlot
M. W. Buie
B. Sicardy
G. Tancredi
L. Beauvalet
G. P. Tozzi
H. Rickman

“Solar System science before and after Gaia”

Pisa, Italy, May 4-6



Misión GAIA y el Sistema Solar: PROYECTOS



Determinación de masas

- Análisis de la órbita de un (posible) satélite
- Análisis de las perturbaciones producidas en un encuentro cercano a otro cuerpo.
- Gaia observará todos los sistemas binarios (múltiples) del CP, Troyanos y Centauros.
- Para aprox. 100 objetos las masas se determinarán por el método de encuentros cercanos

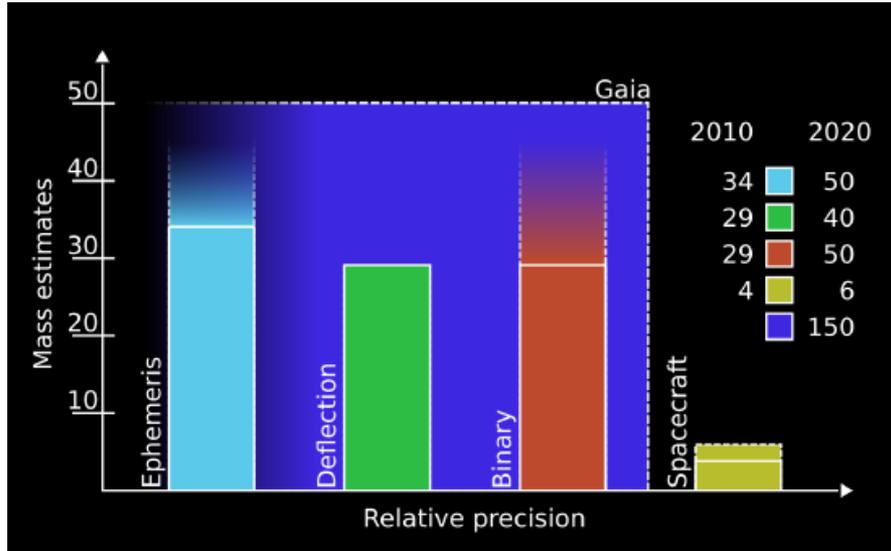


gaia

Misión GAIA y el Sistema Solar: PROYECTOS



B. Carry et al.: densidades



- Breakthrough in mass estimates
- **Deflection & Binary**
- About **200-300** masses
- Coherent set
- Span taxonomy

- **Very-high precision photometry**
 - ▶ 3-D shape reconstruction
 - ▶ Minor contribution for volume
- ▶ **Ground-based support**
 - ▶ **Lightcurves** (dense) campaigns
 - ▶ Dedicated **imaging** on large telescopes
 - ▶ **Stellar occultations**

Cellino, Hanuš, Carbognani

Tanga, Delbò

M. Mueller et al.: modelos de forma

Thermophysical modeling (TPM)

- Detailed model of shape, spin, thermal conduction, roughness
- Need: high-quality multi-wavelength thermal data from multiple nights / epochs; **model of shape + spin state**
- **Thermal inertia**
- For now: only doable for ~single objects at a time

Current largest data set from IRAS

- All-sky survey in 1983 (!) at 12, 25, 60, 100 μm
- Coarse D and p_v of 2,288 (bright) asteroids
- Latest analysis: *Ryan & Woodward (2010)*

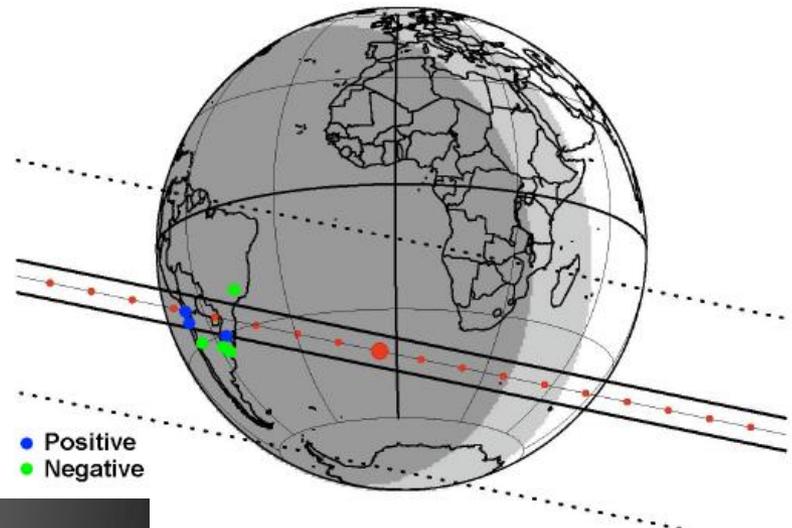
WISE data have just been taken (2010—2011)

- All-sky survey at 3.6, 4.5, 12, and 25 μm
- 100,000's of asteroids
- Waiting for first useful calibrated data release...
- Nominal data analysis based on assumed spherical shape
- **With Gaia shapes, we can do better!**



TNOs: ocultaciones

- **Very few discoveries of bright TNOs**
 - May be a few close to the galactic plane
- There will be ~60-80 objects with $V < 20$ to follow-up
- **Astrometric measurements of these 60-80 objects**
 - Improvements in the orbits
 - Very accurate predictions of occultations
- Reanalysis of previous astrometric measurements of faint TNOs with a better catalogue



- Sources of uncertainties:

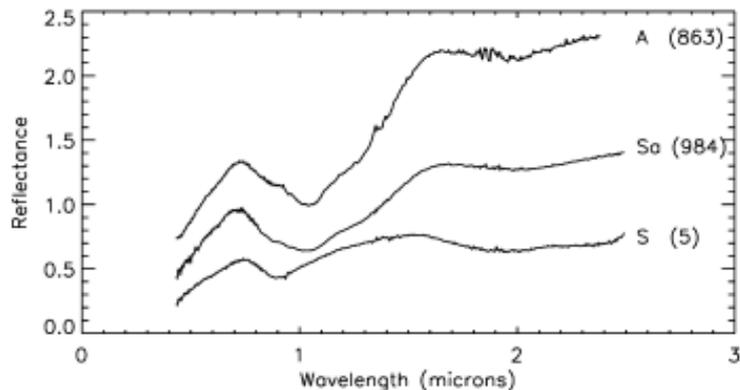
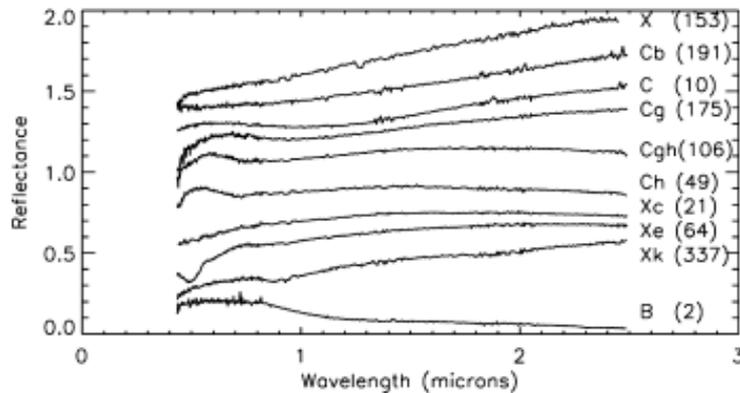
- Proper motion and position of star - GAIA
- Ephemeris of TNO
 - Large ones
 - Small ones



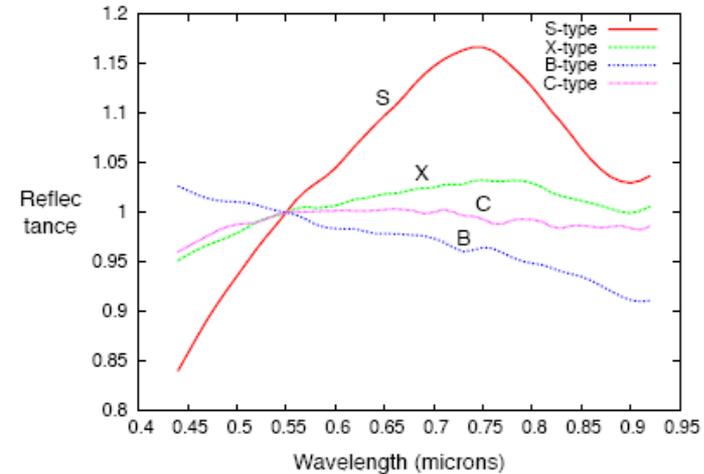
Tancredi et al. (2011)

M. Delbó et al.: clasificación taxonómica

- Taxonomías actuales (Bus & Binzel 2002) basadas en el visible/NIR (0.43 - 2.5 μm)



- ▶ C-group (carbonaceous) with a featureless spectrum
 - ▶ B-type (featureless and blue)
- ▶ S-group (stony) with silicate absorption bands
- ▶ X-group of mostly metallic objects including enstatite-chondrite like spectra

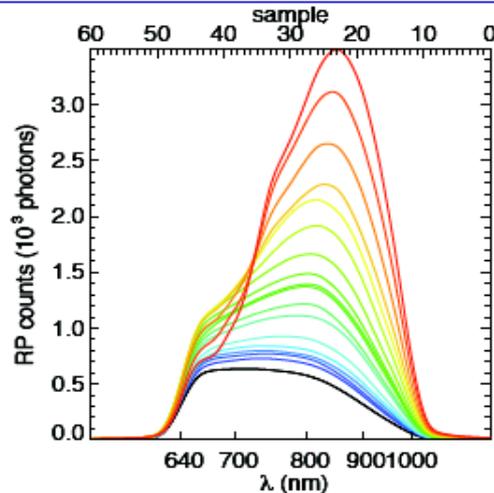
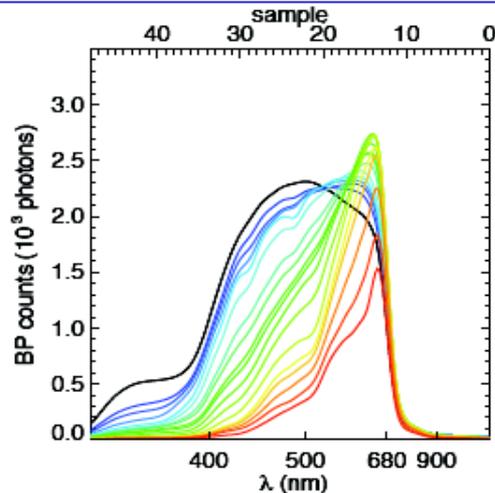
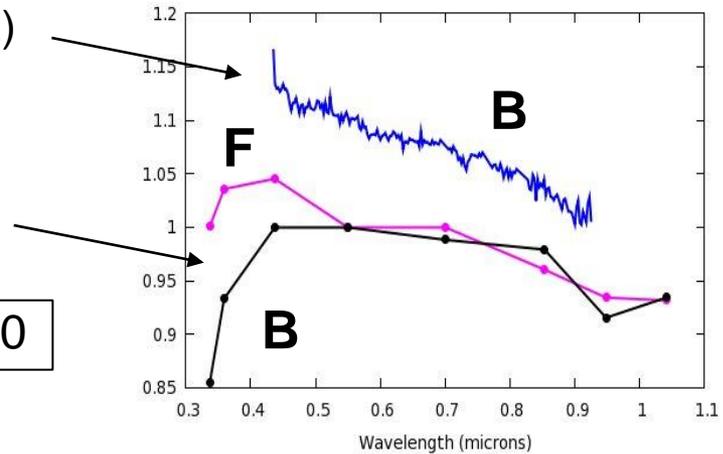


M. Delbó et al.: clasificación taxonómica

- Taxonomías actuales (Bus & Binzel 2002) basadas en el visible/NIR (0.43 - 2.5 μm)
- El UV es importante (Tholen --> tipo-F)

BP-RP Espectros visibles R ~ 20-90

Fuente puntual (G=15), diferentes colores



Clustering method
Based on Minimal
Spanning Tree (MTS)

+
albedos de WISE

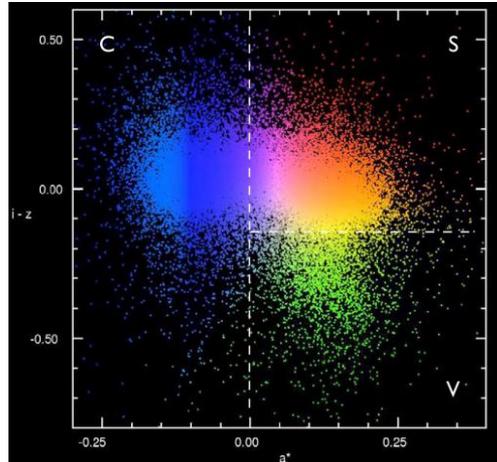


gaia

Misión GAIA y el Sistema Solar: PROYECTOS



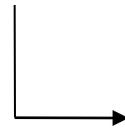
F. DeMeo et al.: comparación con SDSS



$u':354, g':477, r':623, i':763, z':913$

SDSS: 5 filtros (0.355 – 0.893 μm)

- Grupos en función del color
- Correlación con familias
- Asteroides de fondo



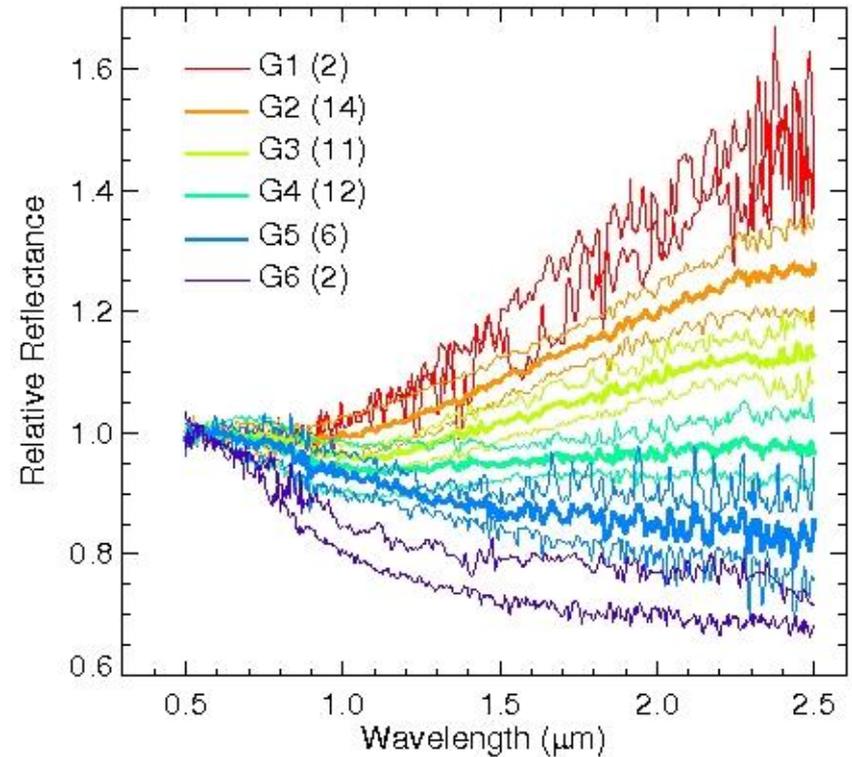
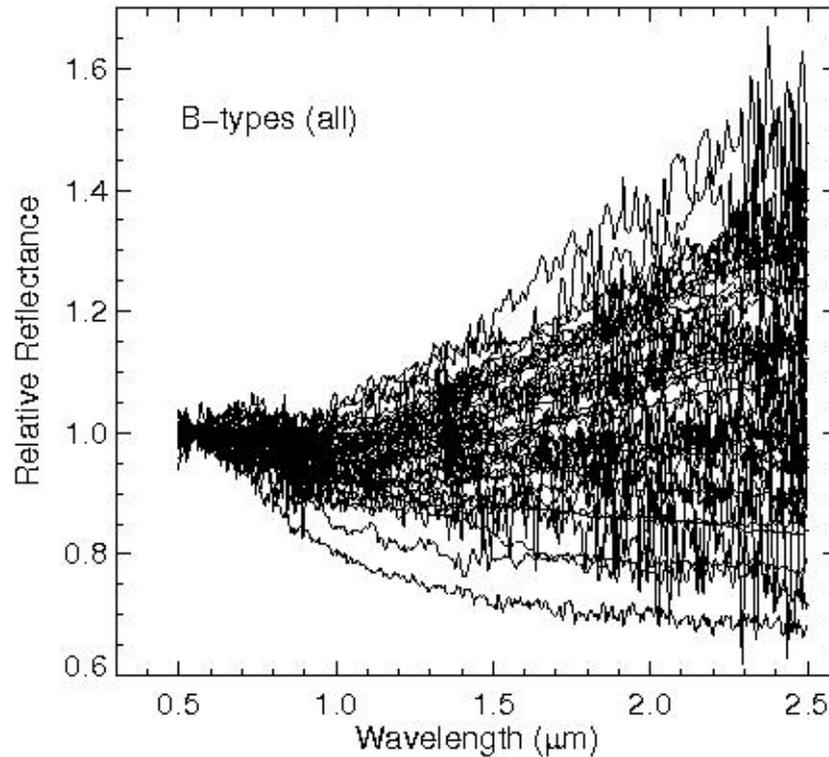
- GAIA tiene mejor resolución
- Medidas de albedo --> no degeneración
- Errores más pequeños

H. Campins et al.: colores de familias primitivas

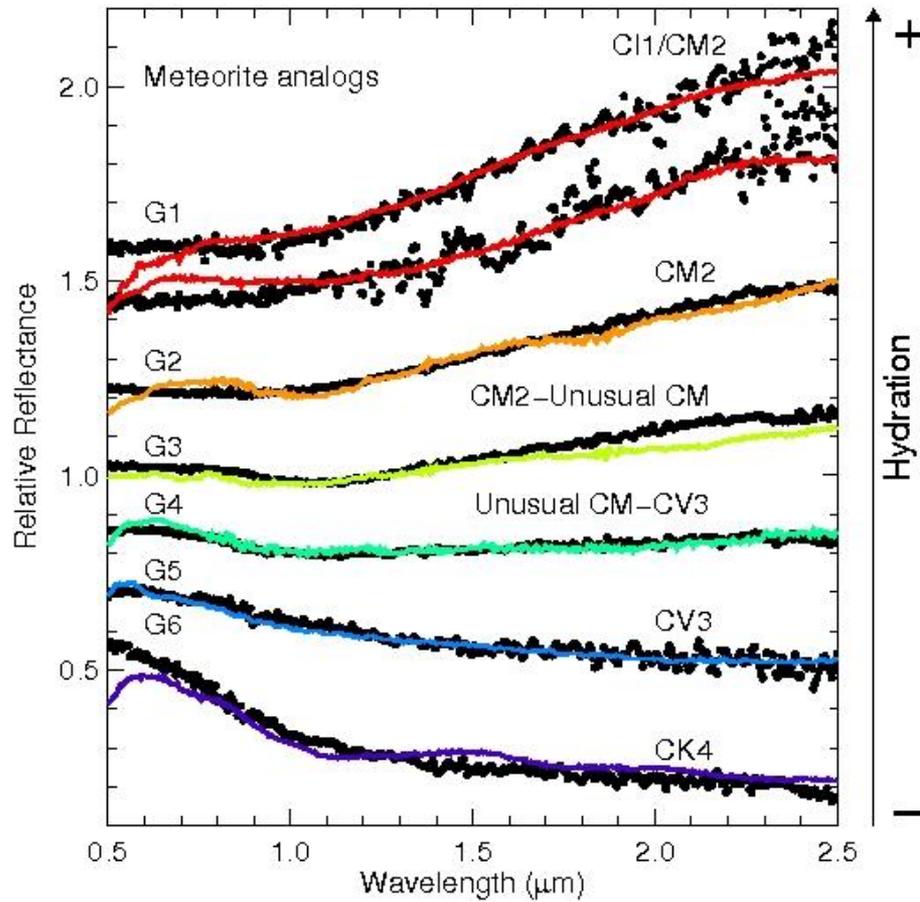
- Homogeneidad/heterogeneidad espectral de las familias
- Test de la acción del “space weathering”: espectros más azules con la edad
- Correlación presencia de bandas de hidratación (0.7 μm) y tamaño asteroide
- Mejora en la búsqueda de cuerpos progenitores de los NEAs
- Familia de Themis particularmente interesante --> Main Belt Comets

J. de León et al.: composición asteroides primitivos

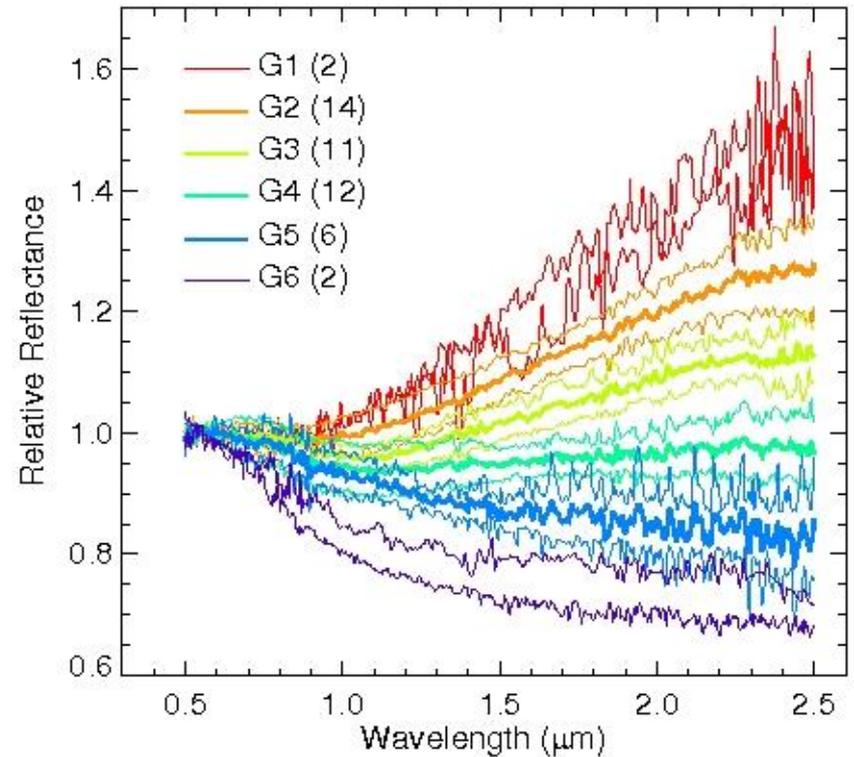
Spectra of the 45 B-type asteroids in the 0.5-2.5 μm show a **continuous** shape variation, from a monotonic negative (blue) to a positive (red) slope



J. de León et al.: composición asteroides primitivos



Carbonaceous chondrites as best meteorite analogs for ALL





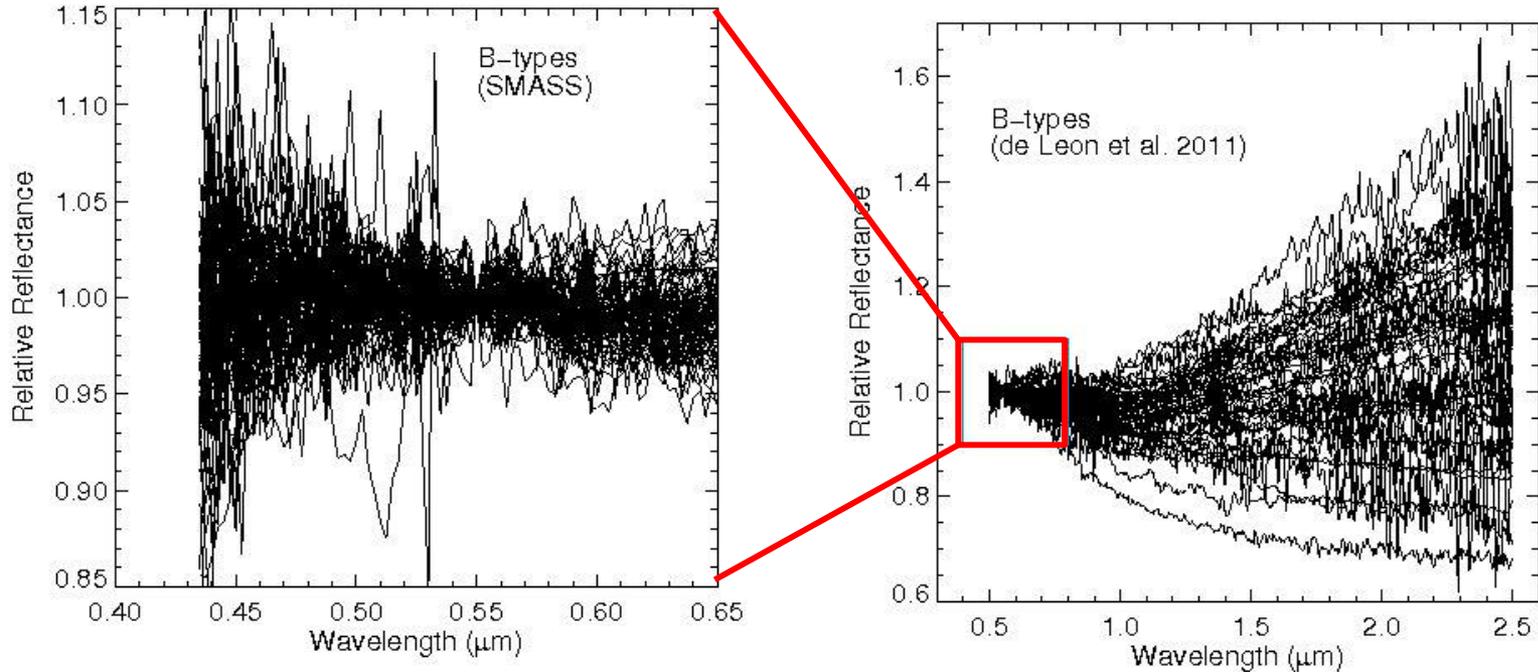
gaia

Misión GAIA y el Sistema Solar: PROYECTOS



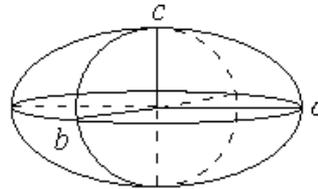
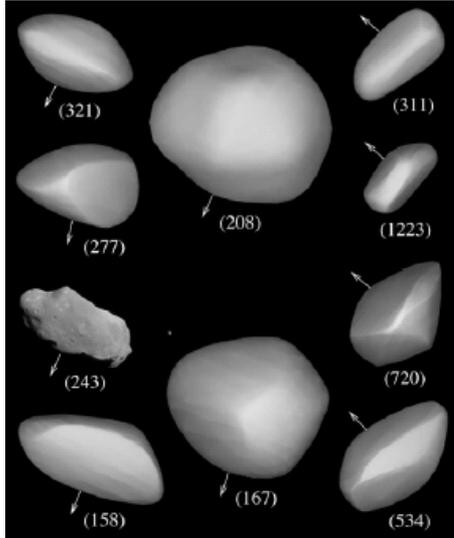
J. de León et al.: composición asteroides primitivos

Propuesta observacional: espectros UV-Vis con DOLORES@TNG



Gradiente espectral/composicional en el NIR → similar en el UV?
Región altamente diagnóstica

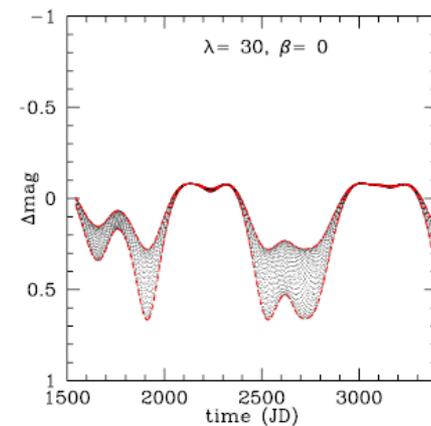
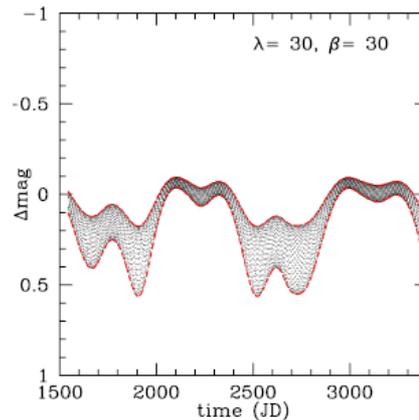
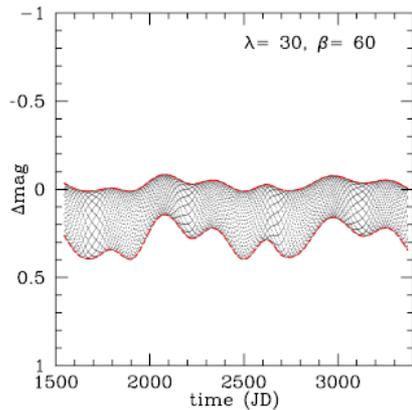
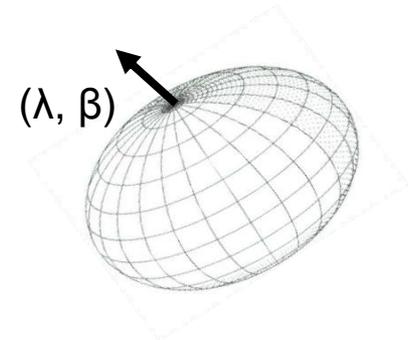
Método de inversión: propiedades rotacionales



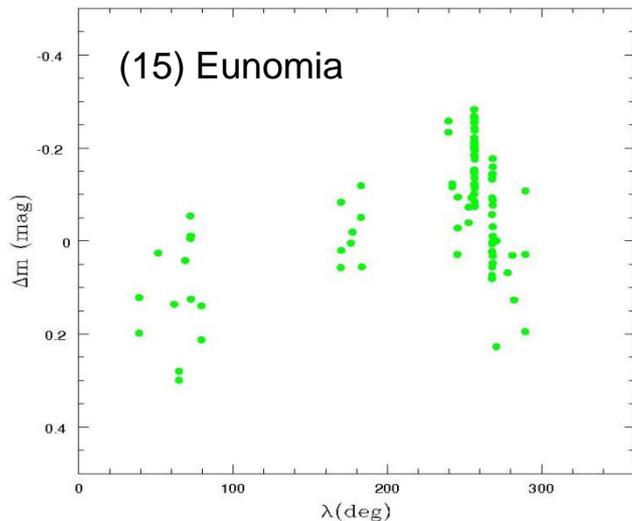
A. Carbognani
 P. Tanga
 A. Cellino
 M. Delbó

La magnitud del objeto depende de:

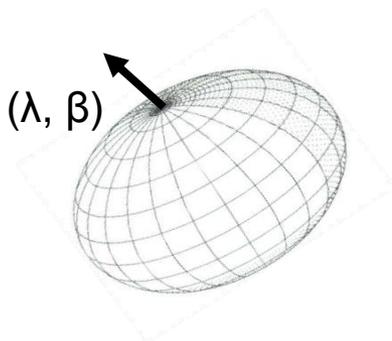
- Periodo de rotación (P)
- Forma (elipsoide triaxial $b/a, c/a$)
- Orientación del eje de rotación (λ, β)



Método de inversión: propiedades rotacionales

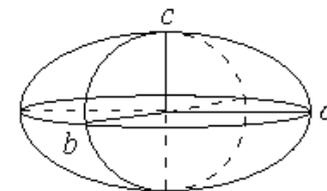
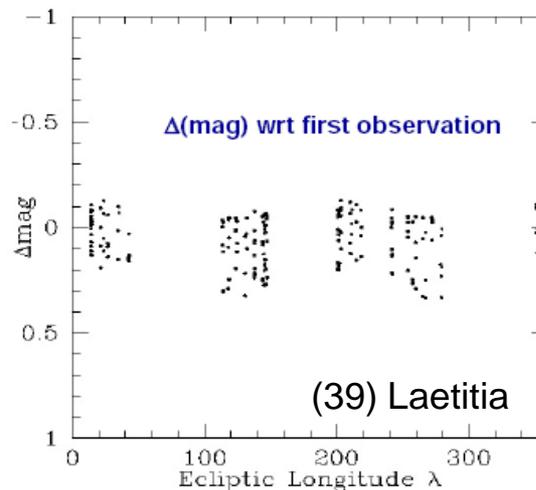


A. Cellino (2011)



- GAIA proporcionará medidas fotométricas de los
- Objetos durante 5 años (50-70 medidas por objeto)
- Buena cobertura de ángulos de aspecto
- Se asume elipsoide triaxial (a,b,c)

Algoritmo genético que resuelve el problema:
P, b/a, c/a, λ , β



Universidad
de Zaragoza



gaia

GRUPOS EN ESPAÑA



- **Valladolid, Barcelona:** dinámica, astrometría.
Determinación de órbitas. Tamaños. (Eugenia y Óscar/Gerard y Ángel)
- **Alicante:** Fragmentación/familias. Distribución de tamaños en el CP/TNOs. Predicción de ocultaciones. (Adriano y Paula)
- **Zaragoza:** determinación de propiedades rotacionales (Eva, Javier y M^a Ángeles)
- **Granada, Canarias:** Espectros. TNOs. Predicción de ocultaciones. Objetos Binarios. Familias (René, Julia)