

Granada, el 24 de Febrero de 2014

Dra. Audrey Thirouin
Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)
Glorieta de la Astronomía, S/N
18008 GRANADA

Dra. M^a de los Ángeles Gomez Flechoso (Secretaria de la SEA)
Departamento de Matemática Aplicada (Biomatemática)
Facultad de CC. Biológicas
Universidad Complutense de Madrid
C/ José Antonio Novais, 2. E-28040 MADRID

A Dra. M^a de los Ángeles Gomez Flechoso y Jurado al premio a la mejor tesis doctoral Española en Astronomía y Astrofísica,

Por medio de la presente, quisiera presentar mi tesis doctoral al premio a la mejor tesis doctoral Española en Astronomía y Astrofísica. Dicha tesis ha sido defendida el 9 de Julio de 2013 en la Universidad de Granada.

Según las bases de la convocatoria, adjunto mi curriculum vitae, un resumen de la tesis con los resultados obtenidos y sus impactos. Se presenta también una lista de publicaciones en relación o no con la tesis y las futuras líneas de investigación.

La tesis se puede descargar via Dropbox. Un email con el link ha sido mandado a magflechoso@bio.ucm.es.

Atentamente: Audrey Thirouin

La presente tesis titulada "Study of Trans-Neptunian Objects using photometric techniques and numerical simulations" (Estudio de los Objetos Trans-Neptunianos mediante técnicas fotométricas y simulaciones numéricas) fue realizada al Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) bajo la supervisión del Dr. José-Luis Ortiz Moreno y del Dr. Adriano Campo-Bagatin de la Universidad de Alicante. Esta tesis fue defendida a la Universidad de Granada el 9 de Julio de 2013.

Esta tesis doctoral se divide en dos grandes temas: i) un estudio de fotometría relativa de series temporales de los objetos de sistema solar exterior para derivar parámetros físicos de dichos objetos y ii) la génesis de la "*familia collisional*" de Haumea y por extensión la creación de sistemas binarios/múltiples y la formación de pares de objetos.

El objetivo principal de mi tesis era determinar y analizar los rangos de variabilidad, los periodos de rotación, así como otros parámetros físicos que se pueden derivar de la fotometría relativa de series temporales para una gran muestra de Objetos Trans-Neptunianos (TNOs) y Centauros. Dichos estudios permiten determinar la evolución rotacional, dinámica y física de estos objetos. Se han derivado parámetros físicos como razones de ejes, coeficientes de fase, albedo, cohesión interna, densidad, porosidad, etc. para una buena muestra de objetos ya que solamente pocos estudios fueron publicados antes de mi tesis. Se han observado la mayoría de los objetos más brillantes conocidos y se ha recopilado la mayor base de datos de curvas de luz al día de hoy tratando de evitar algunos sesgos observacionales (Thirouin et al (2010, 2012, 2014)). Basándose en un conjunto homogéneo de datos, se pueden apreciar varias conclusiones: i) el porcentaje de objetos con una baja amplitud es mayor de lo que se pensaba ya que más del 80% de los objetos son probablemente esferoides achatados con una superficie muy homogénea, ii) se ha estimado que 0.15mag parece ser una buena medida de la variabilidad típica causada por variaciones de albedo, y que por lo tanto todo objeto presentando una curva de luz con una amplitud mayor debe de ser considerado como un elipsoide triaxial, iii) se ha calculado la densidad de varios TNOs gracias a diversas técnicas y se ha confirmado que los objetos grandes tienen una densidad media por encima de 2 g cm^{-3} lo que implica una razón de hielo/roca de 70/30, mientras que los objetos de tamaño intermedio tienen densidades superiores a 1 g cm^{-3} y por lo tanto que estos objetos están compuestos esencialmente por hielo con algún material rocoso más denso, mientras que los objetos más pequeños tienen densidades inferiores a 1 g cm^{-3} lo que indica un cierto grado de porosidad, iv) se ha mostrado que el material del interior de los TNOs grandes podría tener resistencia a la tracción hasta 1 MPa, pero pueden comportarse como fluidos porque la gravedad supera la resistencia del material. No obstante, para los objetos pequeños se sospecha que son montones de escombros (agregados gravitacionales) y cada fragmento de la pila de escombros puede tener su propia cohesión interna, pero en conjunto, el cuerpo adopta la misma figura de equilibrio que un fluido, en respuesta a su rotación, v) de las curvas de luz no-resueltas de varios sistemas binarios/múltiples, se han obtenido informaciones como el tamaño, y el albedo de cada componente del sistema y se han averiguado evidencias de efectos de marea, vi) se ha notado una barrera de "spin" a $\sim 4\text{h}$, esto probablemente significa que un objeto con un período de rotación más rápido que este límite se rompería. Basándose en este último resultado, se ha planteado la posibilidad de considerar la fisión por rotación para explicar la formación de algunos sistemas binarios/múltiples y en particular para la formación de la familia de Haumea. Haumea es un objeto con un periodo de rotación de 3.9h, tiene al menos 2 satélites y unos 10 objetos presentan una superficie y unos elementos orbitales propios muy similares a Haumea. Varios modelos han sido propuestos para explicar la génesis de dicha familia y las peculiares características de este objeto, pero todos ellos presentan algunas incoherencias. Por lo tanto, parte de esta tesis está dedicada a la elaboración de un nuevo modelo capaz de explicar la formación de dicha familia y también la formación de algunos pares de objetos y algunos sistemas binarios

El principal impacto de esta tesis es el apoyo al key-project (proyecto-clave) "TNOs are Cool!" del Observatorio Espacial Herschel (Herschel Space Observatory, HSO). "TNOs are Cool!" es un proyecto-clave del HSO dedicado a las observaciones de la emisión térmica de 130 TNOs y centauros en ~ 400 h de tiempo de observación. Para el análisis y la interpretación de los datos térmicos del HSO, unos modelos térmicos o termofísicos son necesarios. Para derivar los diámetros y los albedos, todos estos modelos requieren parámetros de entrada como las magnitudes absolutas y los periodos de rotación o restricciones sobre ellos, y todo esto requiere observaciones desde Tierra dedicadas a la fotometría. La mayoría de los objetos de este key-project han sido estudiados en esta tesis y los resultados obtenidos fueron citados en todos los artículos de la colaboración.

Más estudios de variabilidad a corto plazo se requerirían con objeto de confirmar varias conclusiones preliminares de este trabajo para determinados grupos dinámicos que tienen pocos miembros observados hasta la fecha. Varios grupos, como los Centauros y los pequeños TNOs, en particular, deben ser investigados de forma más completa. Se pretende también mejorar el modelo de la fisión rotacional, estudiar las propiedades rotacionales de los miembros de la familia y compararlas con los fragmentos eyectados de nuestro modelo. Dicho modelo se aplicara también al caso de los asteroides.

Referencias:

Los resultados de esta tesis se han presentado en diversas reuniones científicas nacionales e internacionales (lista completa en el curriculum vitae). Varias publicaciones derivadas de la tesis e incluso publicaciones sin relación con la tesis han sido publicadas, mandadas o son en preparación. La lista completa de las publicaciones es:

Publicaciones derivadas de la tesis

Como primera autora:

1. *Short-term variability of Trans-Neptunian Objects: an update*, Thirouin et al. In preparation.
2. *Rotational properties of the binary and non-binary populations in the Trans-Neptunian belt*, Thirouin et al. Submitted to A&A.
3. *Short-term variability of 10 trans-Neptunian objects*, Thirouin et al. (2012), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 424, Issue 4, pp. 3156-3177.
4. *Short-term variability of a sample of 29 trans-Neptunian objects and Centaurs*, Thirouin et al. (2010), Astronomy & Astrophysics, Volume 522, id.A93, 43 pp.

Como co-autora:

5. *Shape, size, albedo density and spin axis orientation of (20000) Varuna from rotational lightcurves and stellar occultations*, J.L. Ortiz et al. including A. Thirouin., In preparation.
6. *Rotational Fission of self-gravitating aggregate systems*. P Tanga et al. including A. Thirouin, In preparation.
7. *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region. IX. Analysis of classical Kuiper belt objects from Herschel and Spitzer observations* E. Vilenius et al. including A. Thirouin. In press, A&A
8. *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region. VII. Size and surface characteristics of (90377) Sedna and 2010 EK139*. Pál, A. et al. including A. Thirouin. A&A, Volume 541, id.L6, 2012.
9. *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region. VI. Herschel/PACS observations and thermal modeling of 19 classical Kuiper belt objects*. Vilenius, E. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 541, id.A94, 2012.
10. *"TNOs are cool": A survey of the trans-Neptunian region. V. Physical characterization of 18 Plutinos using Herschel-PACS observations*. Mommert, M. et al. Including A Thirouin. A&A, Volume 541, id.A93, 2012.
11. *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region. IV. Size/albedo characterization of 15 scattered disk and detached objects observed with Herschel-PACS*. Santos-Sanz, P. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 541, id.A92, 2012.
12. *Rotational fission of Trans-Neptunian Objects. The case of Haumea*. Ortiz, J.L. et al. including A.Thirouin. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 419, Issue 3, pp. 2315-2324.
13. *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region . III. Thermophysical properties of 90482 Orcus and 136472 Makemake*. Lim, T. L. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 518, id.L148, 2010.
14. *"TNOs are cool": A survey of the trans-Neptunian region. II. The thermal lightcurve of (136108) Haumea*. Lellouch, E. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 518, id.L147, 2010.
15. *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region. I. Results from the Herschel science demonstration phase (SDP)*. Müller, T. G. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 518, id.L146, 2010.
16. *Transneptunian objects and Centaurs from light curves*. Duffard, R. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 505, Issue 3, 2009, pp.1283-1295.

Publicaciones como co-autora no relacionadas con la tesis

17. *The UT 8 February 2013 Sila/Nunam mutual event and future predictions*. S. D. Benecchi et al. including A. Thirouin, Icarus, Volume 229, p. 423-427, 2014.
18. *Size, shape, albedo, density and atmospheric limit of transneptunian object (50000) Quaoar from multi-chord stellar occultations*. F. Braga-Ribas et al. including A. Thirouin. The Astrophysical Journal, Volume 773, Issue 1, article id. 26, 13 pp., 2013.
19. *Albedo and atmospheric constraints of dwarf planet Makemake from a stellar occultation*. J. L. Ortiz et al. including A. Thirouin. Nature, Volume 491, Issue 7425, pp. 566-569, 2012.
20. *A Pluto-like radius and a high albedo for the dwarf planet Eris from an occultation*. Sicardy, B. et al. including A.Thirouin. Nature, Volume 478, Issue 7370, pp. 493-496, 2011.
21. *Integral-field spectroscopy of (90482) Orcus-Vanth*. Carry, B. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 534, id.A115, 2011.
22. *A mid-term astrometric and photometric study of trans-Neptunian object (90482) Orcus*. Ortiz, J. L. et al. including A.Thirouin. A&A, Volume 525, id.A31, 2011.