

Resumen

Los asteroides pueden considerarse como los restos de los bloques de formación del Sistema Solar. La principal población de estos objetos se encuentra entre las órbitas de Marte y Júpiter, en el "cinturón principal" (*main belt*, MB). Los asteroides cercanos a la Tierra, o NEAs (*near-Earth asteroids*), son de especial interés, no sólo por sus probabilidades de impacto con nuestro planeta, sino porque el análisis de sus propiedades físicas y su composición superficial nos permite comprender mejor las condiciones iniciales de la nebulosa solar. Los NEAs son además, por su tipo de órbita, los objetos precursores más evidentes de los meteoritos, que podemos estudiar en detalle en el laboratorio. Los modelos de dinámica indican que los NEAs provienen fundamentalmente del MB interior y central (2.0-2.5 UA), y que alcanzan sus órbitas cercanas a la Tierra al ser introducidos en resonancias gravitacionales (principalmente v_6 y 3:1). Esta zona del MB está dominada por asteroides de tipo espectral S y Q, que son también los tipos espectrales más comunes entre los NEAs (aprox. 40%), y que corresponden a objetos compuestos de silicatos. Sus espectros de reflexión presentan bandas de absorción muy características que permiten realizar análisis mineralógicos utilizando diferentes métodos. Estas bandas de absorción están presentes también en los espectros de los meteoritos más abundantes, las condritas ordinarias (aprox. 80%). Por tanto, la visión generalizada es que estos meteoritos provienen de los NEAs, que a su vez se originan en el MB. Así pues, el principal objetivo de esta tesis doctoral ha sido comprender mejor la conexión, tanto composicional como dinámica de estos tres grupos de objetos. Para ello, hemos llevado a cabo un survey espectroscópico de NEAs entre los años 2002 y 2007, empleando los telescopios e instrumentación del Observatorio del Roque de los Muchachos, operado por el Instituto de Astrofísica de Canarias. El survey comprende espectros en el rango visible e infrarrojo cercano (0.5-2.5 μm) de un total de 105 asteroides.

Hemos aplicado un método de análisis mineralógico a nuestra muestra de NEAs, así como a una muestra de comparación de MBs y de condritas ordinarias, recopiladas de diferentes bases de datos. Además hemos estudiado las propiedades dinámicas de ambas poblaciones de asteroides. Los resultados más importantes que hemos obtenido son:

- **Al contrario de lo que se creía hasta ahora, los NEAs no presentan una composición similar a la de las condritas ordinarias. Sorprendentemente, los NEAs son en general mucho más ricos en olivina, y su composición se asemeja a un subgrupo muy poco abundante de condritas ordinarias, las condritas LL** (tan sólo el 8% de las caídas). Son los MBs los que más se asemejan a las condritas ordinarias.
- **El 50% de los NEAs proviene de la resonancia secular v_6 .** Esta región está dominada por los asteroides de la familia colisional Flora. El análisis mineralógico de esta familia indica una composición rica en olivina, similar a la que encontramos para los NEAs y para las condritas LL.
- Haciendo uso de los modelos de dinámica y de los desplazamientos en semieje mayor generados por la inercia térmica de los objetos más pequeños (efecto Yarkovsky), planteamos un posible escenario de formación y transporte para los NEAs: al ser objetos del orden de kilómetros, el efecto Yarkovsky no es eficiente en su transporte, así que **deben generarse cerca de una resonancia poderosa**, como la v_6 , de forma que la colisión que los produzca sea capaz de introducirlos en ella. Por su cercanía a dicha resonancia, **la familia Flora parece ser la mejor candidata a ser la progenitora de los NEAs.** Los objetos más pequeños, del orden de metros, son desplazados en cambio de forma más eficiente por el efecto Yarkovsky, y por tanto no tienen que estar cerca de una resonancia. De este modo, "muestran" la composición del cinturón principal. Estos objetos pequeños llegarían a la Tierra y serían las condritas ordinarias. Esto explica su semejanza composicional con los MBs que hemos analizado, distribuidos de forma uniforme por el cinturón principal.

Estos resultados fueron presentados en diferentes congresos (de León et al. 2006, 2007) y confirmados con posterioridad por otros autores (Vernazza et al. 2008). El impacto que han generado dentro del campo de especialidad es muy significativo y está dando lugar a numerosos estudios y publicaciones (Vernazza et al. 2009; Binzel et al. 2010, de León et al. 2010a, de León et al. 2010b), dado que supone una visión mucho más compleja e intrincada de la forma en que los asteroides llegan hasta la Tierra: la interacción de su composición, su tamaño, sus propiedades físicas y la dinámica orbital. Siguiendo esta línea de investigación, estamos analizando la composición de un conjunto de asteroides del cinturón principal localizados en las zonas de procedencia de los NEAs, así como aplicando modelos de materiales para identificar con mayor precisión los minerales presentes en sus superficies.

Referencias

- Binzel, R. P., Morbidelli, A., Merouane, S. et al. 2010, *Nature*, 463, 331-334
- de León, J., Duffard, R., Licandro, J. et al. 2006, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 38, 627
- de León, J., Licandro, J., Pinilla-Alonso, N., Lazzaro, D. 2007, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 39, 481
- de León, J., Campins, H., Tsiganis, K. et al. 2010a, *A&A*, *en prensa*
- de León, J., Licandro, J., Serra-Ricart, M. et al. 2010b, *A&A*, *enviado*
- Vernazza, P., Binzel, R. P., Thomas, C. A. et al. 2008, *Nature*, 454, 858-860
- Vernazza, P., Binzel, R. P., Rossi, A. et al. 2009, *Nature*, 458, 993-995

Publicaciones derivadas de esta tesis doctoral:

- de León, J., Duffard, R., Licandro, J., Lazzaro, D. 2004, *A&A*, 422, L59-L62
- Duffard, R., Lazzaro, D., de León, J. 2005, *M&PS*, 40, 363-375
- de León, J., Licandro, J., Duffard, R., Serra-Ricart, M. 2006, *AdSpR*, 37, 178-183
- Duffard, R., de León, J., Licandro, J. et al. 2006, *A&A*, 456, 775-781
- de León, J., Duffard, R., Licandro, J. et al. 2006, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 38, 627
- Brunetto, R., de León, J., Licandro, J. 2007, *A&A*, 472, 653-656
- de León, J., Licandro, J., Pinilla-Alonso, N., Lazzaro, D. 2007, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 39, 481
- Licandro, J., Alvarez-Candal, A., de León, J. et al. 2008, *A&A*, 481, 861-877
- de León, J., Campins, H., Tsiganis, K. et al. 2010a, *A&A*, *en prensa*
- de León, J., Licandro, J., Serra-Ricart, M. et al. 2010b, *A&A*, *enviado*