

Propiedades superficiales de los planetas enanos del cinturón transneptuniano

Autor: Noemí Pinilla Alonso

(noe.pa@hotmail.com)

Tesis doctoral dirigida por: Javier Licandro Goldaracena y Humberto Campins

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias; Universidad de La Laguna

Fecha de lectura: 3 de abril de 2009

Los objetos transneptunianos (TNOs) son objetos helados que se mueven alrededor del Sol en órbitas más allá de la de Neptuno. Estos cuerpos, con diámetros que van desde varios metros hasta los 2000 kilómetros, pasan la mayor parte de su vida a distancias del Sol alrededor de las 40 UA, donde las temperaturas se mantienen bajas. Los materiales que los forman, gran parte de ellos hielos condensados de la nebulosa presolar, conservan información muy valiosa acerca de las condiciones primigenias en el Sistema Solar.

Los estudios físicos acerca de los TNOs, realizados en los últimos 15 años, revelan la existencia en épocas muy tempranas del Sistema Solar de una gran población de planetesimales, mucho más densa que en la actualidad, en la que las colisiones eran frecuentes. Hablan también de interacciones con los planetas externos y de dispersiones hacia las zonas internas y externas del Sistema Solar. Por otro lado, sus características físicas actuales hablan de procesos de acreción, de irradiación, de colisiones, de retención de volátiles y de fenómenos criovolcánicos.

Esta tesis abarca el estudio de la superficie de los TNOs mayores, los "planetas enanos" helados, a partir del análisis de datos espectroscópicos en el rango visible e infrarrojo. Los "planetas enanos" son básicamente objetos transneptunianos de tamaño suficientemente grande como para alcanzar el equilibrio hidrostático por autogravedad, pero no lo suficiente para despejar su órbita de otros cuerpos menores. Su tamaño, de más de mil kilómetros de diámetro, los sitúa en la cola superior de la distribución de masas (y tamaños) de los TNOs.

Hasta el momento son cuatro los TNOs que se han identificado como planetas enanos helados, Plutón, (136199) 2003 UB₃₁₃ (Eris), (163472) 2005 FY₉ (Makemake) y (136108) 2003 EL₆₁ (Haumea). Tanto los programas extensivos de observación del cinturón transneptuniano (TNb), como los cálculos de la función de distribución de tamaños, sugieren que no existen muchos más, tal vez unos 10 planetas enanos.

Los artículos que integran esta tesis (ver lista al final) suponen el primer estudio en detalle de las superficies de los planetas enanos helados reconocidos hasta el momento por la UAI. Este estudio no sólo nos proporciona las primeras conclusio-

nes sobre su composición sino que además sienta las bases de los trabajos a desarrollar en el futuro tanto para ampliar el conocimiento acerca de los planetas enanos ya conocidos como para caracterizar los planetas enanos por descubrir. Las principales aportaciones de esta tesis al conocimiento de las superficies de los planetas enanos helados se resumen en los siguientes puntos:

- Los planetas enanos helados forman un grupo diferenciado dentro del TNb, tanto por su gran tamaño como por su composición superficial.
- Todos los planetas enanos helados muestran gran cantidad de hielo sobre su superficie aunque la composición de cada uno de ellos es diferente en algún sentido, lo que nos lleva a pensar que ninguno de estos objetos puede ser entendido completamente sin tener en cuenta su formación y evolución dinámica.
- Dos de ellos (Makemake y Eris), muestran mucha semejanza con el otro planeta enano helado conocido, Plutón, con lo cual este objeto deja de ser un cuerpo único en el Sistema Solar (ver figura 1). Así, como Plutón, estos cuerpos son fuertes candidatos a poseer atmósfera gaseosa al menos en los puntos de sus órbitas más cercanos al Sol y a que los volátiles presentes en su superficie experimenten procesos estacionales de sublimación y condensación.

Estas afirmaciones se sustentan en los siguientes evidencias:

1. Sus espectros están dominados por la presencia de bandas de metano, tanto en el visible como en el infrarrojo cercano.
2. La profundidad de estas bandas es mayor en estos nuevos objetos que en Plutón y en particular las de Makemake son las más profundas del TNb. Esto puede indicar o bien que la abundancia de metano en la superficie de estos cuerpos es mayor que en la de Plutón, o bien que la capa de metano depositada es más gruesa (también es posible una combinación de ambos efectos).
3. El estudio de los centros de las bandas de metano en el espectro visible de Eris, permite una detección indirecta de hielo de nitrógeno en su superficie y proporciona asimismo evidencias de un gradiente composicional con la profundidad, lo que sería indicativo de existencia de procesos estacionales de sublimación y condensación de los hielos superficiales.

El cuarto planeta enano helado sin embargo, Haumea, no tiene comparación, en cuanto a su composición, dentro de la población de TNOs, a excepción de un grupo de objetos en el TNb ligados dinámicamente a él (ver figura 2). Este grupo, que ha sido propuesto por otros trabajos como la primera familia colisional del cinturón, es objeto de un detallado estudio en esta tesis, el primero que cuantifica sus principales características superficiales. Las principales conclusiones de este estudio son las siguientes:

1. El espectro de Haumea muestra grandes similitudes con el espectro del hielo de agua puro. La composición que se deduce en esta tesis para la superficie de Haumea indica que esta está compuesta, al menos, por un 92% de agua. En particular descartamos la presencia de más de un 8% de orgánicos evolucionados.

2. La ausencia de hidratos de amoníaco nos permite descartar que el criovolcanismo sea el proceso que mantiene la superficie cubierta de hielo de agua.

3. La presencia de una mezcla de agua amorfa y cristalina en una proporción aproximada de 1:1 (ver figura 3), nos lleva a descartar que estemos ante una superficie joven y nos permite datar la edad de esta superficie en al menos 108 años.

4. La ausencia de orgánicos complejos en una superficie vieja como la de Haumea, es un hecho analizado en esta tesis. A partir de las observaciones no es posible distinguir si esto es un hecho relacionado con la composición original del cuerpo o si puede deberse a un hecho puntual (como una fuerte colisión), por lo tanto, ambos escenarios han de ser considerados como posibles.

Los artículos que comprenden esta tesis son:

- Visible spectroscopy of 2003 UB₃₁₃: evidence for N₂ ice on the surface of the largest TNO? Licandro, J.; Grundy, W. M.; Pinilla-Alonso, N.; Leisy, P., 2006, Letter A&A, 458, L5-L8

- Trans-neptunian object (55636) 2002 TX₃₀₀: a fresh icy surface in the outer solar system. Licandro, J., di Fabrizio, L., Pinilla-Alonso, N., J. de León y E. Oliva., 2006, A&A, 457, 329-333

- The water ice rich surface of (145453) 2005 RR₄₃: a case for a carbon-depleted population of TNOs? Pinilla-Alonso, N., Brunetto, R., Licandro, J. & Gil-Hutton, R., 2007, A&A, 468, L25-L28

- The surface of (136108) Haumea (2003 EL₆₁), the largest carbon-depleted object in the trans-Neptunian belt. Pinilla-Alonso, N.; Brunetto, R.; Licandro, J.; Gil-Hutton, R.; Roush, T. L.; Strazzulla, G., 2009, A&A, 496, 547

- Visible spectroscopy in the neighborhood of 2003EL₆₁. Pinilla-Alonso, N.; Licandro, J.; Lorenzi, V. 2008, A&A 489, 455-458

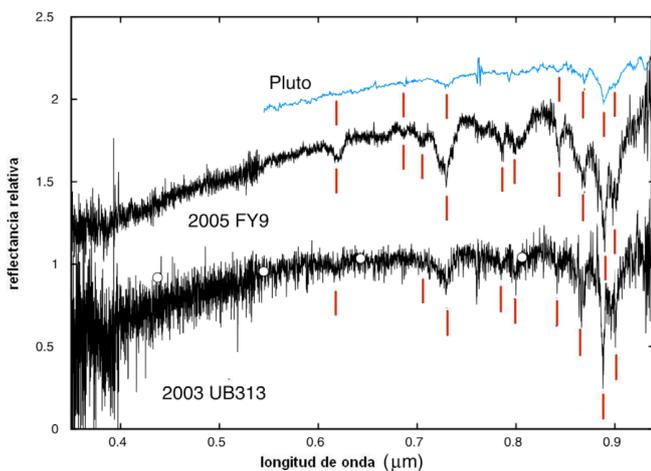


Fig. 1. Espectros en el visible de los planetas enanos, Plutón, Make-make (2005 FY9) and Eris (2003 UB313). Las líneas verticales muestran algunas de las abundantes bandas de hielo de metano presentes en los espectros. Apreciar la diferente profundidad de estas bandas en los tres objetos (ver texto para más detalles).

Artículo incluido como apéndice:

- The methane ice rich surface of large TNO 2005 FY₉: a Pluto-twin in the trans-neptunian belt? Licandro, J.; Pinilla-Alonso, N.; Pedani, M.; Oliva, E.; Tozzi, G. P.; Grundy, W. M., 2006, Letter A&A, 445, L35-L38

Nota: el espectro de Plutón que aparece en la figura 1, procede del artículo Grundy & Fink, 1996, Icarus, 124, 329. El espectro de 1995 SM55 y de 2003 OP₃₂ de la figura 2, proceden de Brown et al. 2007, Nature, 446, 294. El espectro de 1996 TO₆₆ que aparece en la figura 2 procede de Brown et al 1999, ApJ, 519, L101 y Noll et al 2000, AJ, 119, 970.

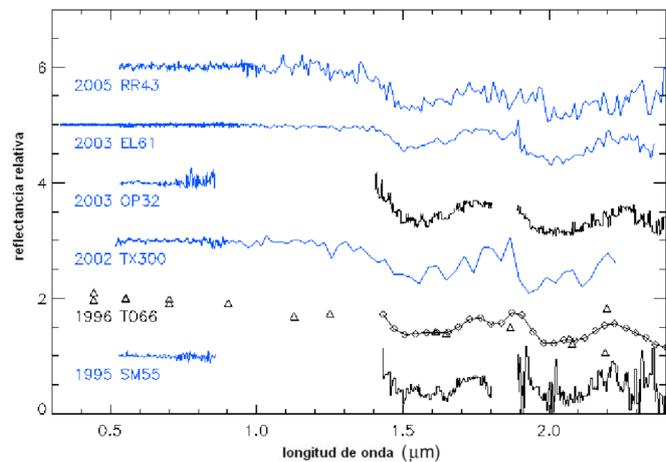


Fig. 2. Espectros de algunos de los miembros de la familia de Haumea (2003 EL₆₁). Obsérvese las fuertes bandas de agua presentes a 1.52 y 2.02 μm . La pequeña banda visible en los espectros de mayor señal en 1.65 μm es característica del agua cristalina. Todos los espectros en azul han sido obtenidos en el transcurso de esta tesis. Ver nota al final acerca del origen de los espectros restantes.

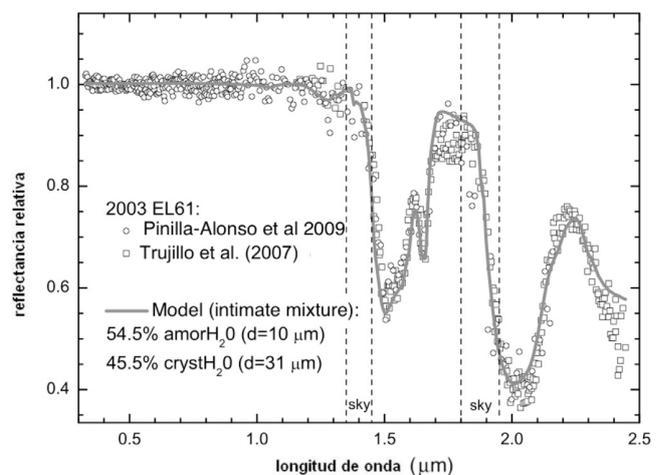


Fig. 3. Superposición del espectro de Haumea y del mejor modelo que se ha obtenido para este objeto. Este modelo revela que la superficie de Haumea está compuesta por una mezcla de agua cristalina y amorfa en una relación aproximada de 1:1. El límite máximo para el contenido de otros compuestos en la superficie de este cuerpo es de un 8%.