

DUst around NEArby Stars (DUNES): buscando cinturones de Kuiper en torno a estrellas cercanas



Benjamín Montesinos (CAB, CSIC-INTA)
en nombre del consorcio DUNES



El equipo DUNES

Olivier Absil, David Ardila, Jean-Charles Augereau, David Barrado, Amelia Bayo, Charles Beichman, Geoffrey Bryden, William Danchi, Carlos del Burgo, **Carlos Eiroa**, Davide Fedele, Malcolm Fridlund, Misato Fukagawa, Beatriz M. González, Eberhard Grun, Ana M. Heras, Inga Kamp, Alexander Krivov, Ralf Launhardt, Jeremy Lebreton, René Liseau, Torsten Lohne, Rosario Lorente, Jesús Maldonado, Jonathan Marshall, Raquel Martínez, David Montes, Benjamín Montesinos, Alcione Mora, Alessandro Morbidelli, Sebastian Müller, Harald Mutschke, Takao Nakagawa, Göran Olofsson, Göran Pilbratt, Ignasi Ribas, Aki Roberge, Jens Rodmann, Jorge Sanz, Steve Sertel, Enrique Solano, Karl Stapelfeldt, Philippe Thebault, Helen Walker, Glenn White, Sebastian Wolf



DUNES

DUSt around NEArby Stars

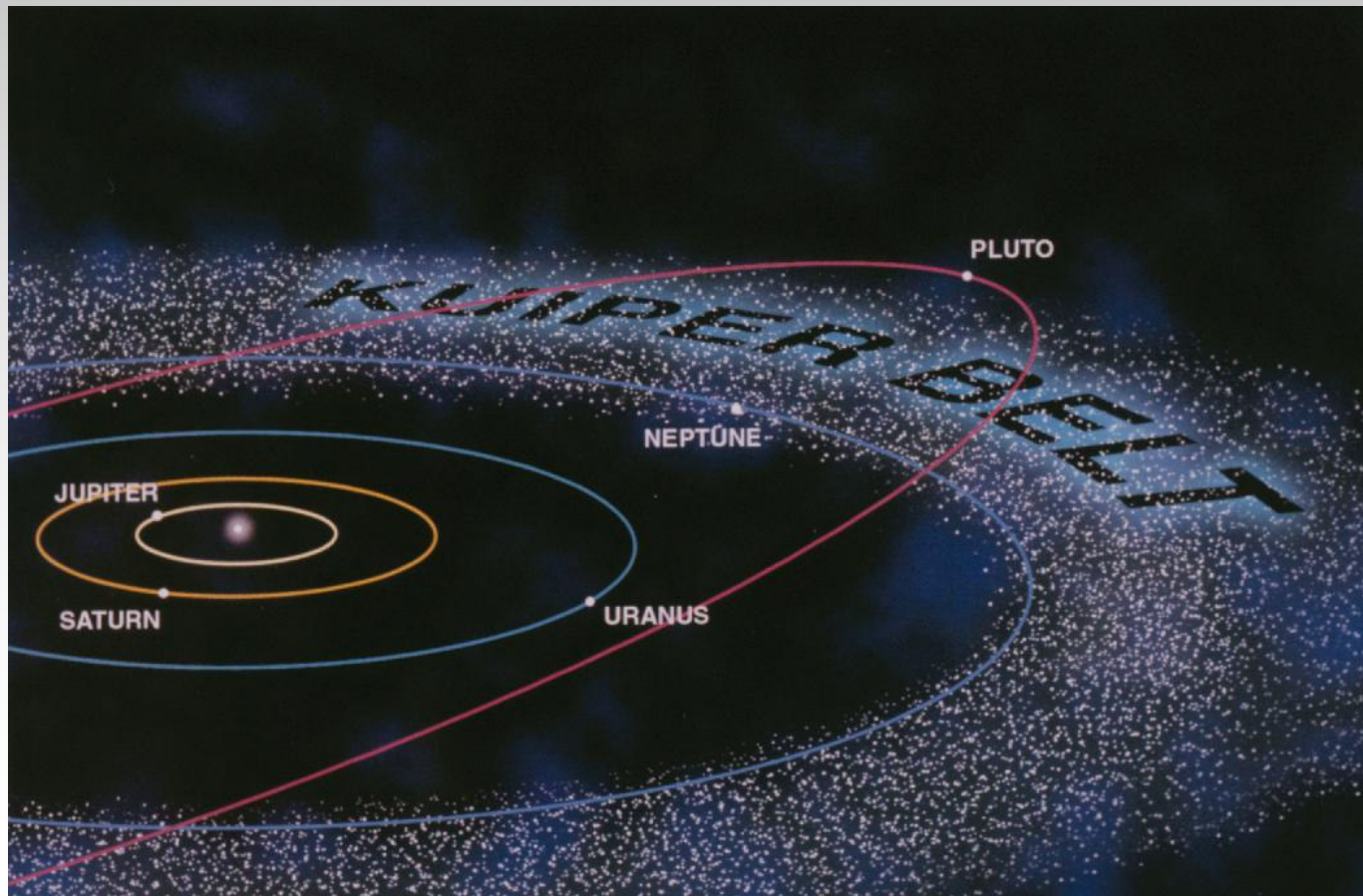
“Cold Disks around Nearby Stars. A Search for Edgeworth-Kuiper Belt Analogues”

- ‘Open Time Key Programme’ de Herschel con el objetivo de detectar y estudiar discos de polvo fríos (análogos al cinturón de Kuiper en el Sistema Solar) alrededor de estrellas de tipo solar en nuestra vecindad.
- Herramientas: fotometría PACS a 70, 100 y 160 μm
fotometría SPIRE a 250, 350, 500 μm



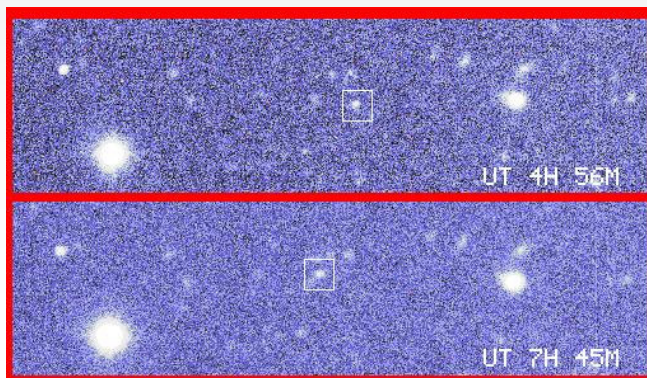
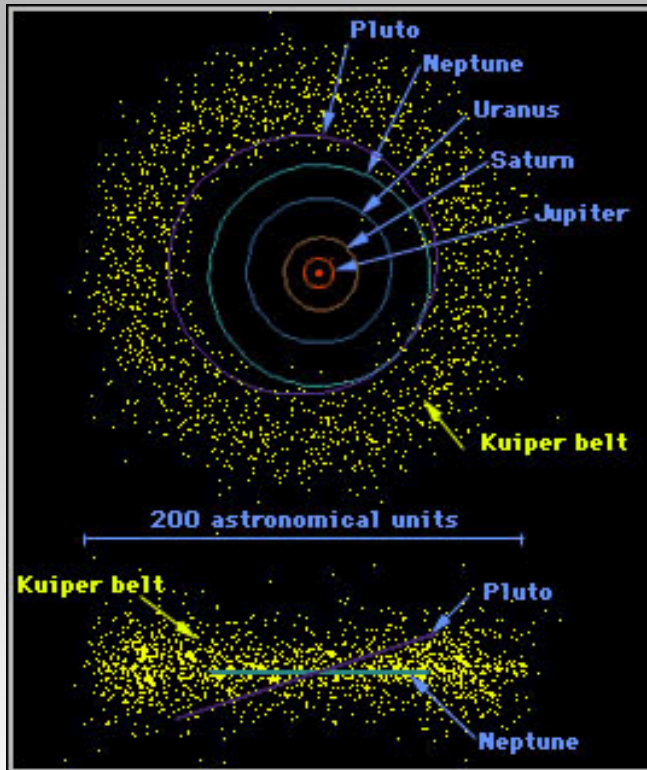
¿Qué es el cinturón de Kuiper?

El cinturón de Kuiper (también llamado de Edgeworth-Kuiper), es una región del Sistema Solar que se extiende desde más allá de la órbita de Neptuno (a 30 UA) hasta unas 55 UA. Es similar al cinturón de asteroides pero 20 veces más ancho y 20-200 veces más masivo.





¿Qué es el cinturón de Kuiper?



El cinturón de Kuiper contiene polvo y cuerpos pequeños, hielos de metano, amoníaco, agua etc. y planetas enanos como Plutón, Haumea y Makemake.

Aunque desde 1930 (F. Leonard), se han hecho *predicciones* acerca de su existencia (K. Edgeworth, 1943; G. Kuiper, 1951; A.G.W. Cameron, 1962; F. Whipple, 1964...) su descubrimiento “oficial” por medio de observaciones no se realizó hasta 1992 cuando D. Jewitt y J. Luu anunciaron la detección de 1992 QB1. Aparte del polvo, en el cinturón de Kuiper hay más de 70.000 objetos con diámetros mayores de 100 km.

Google™ “Kuiper belt page”:

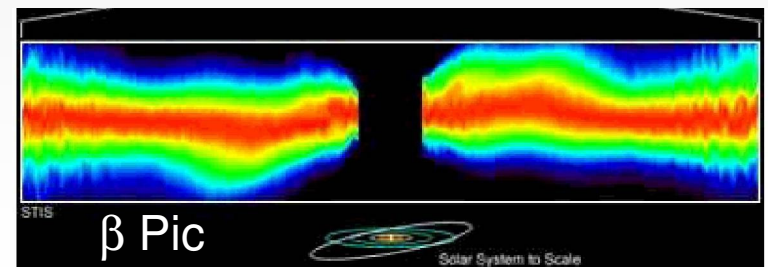
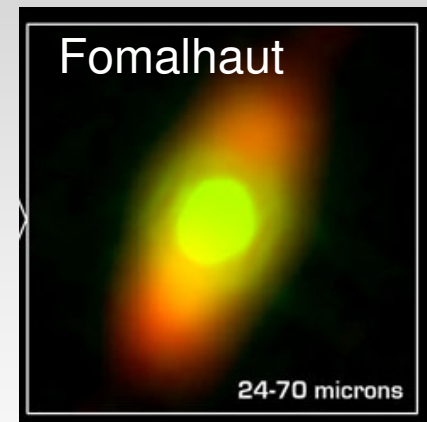
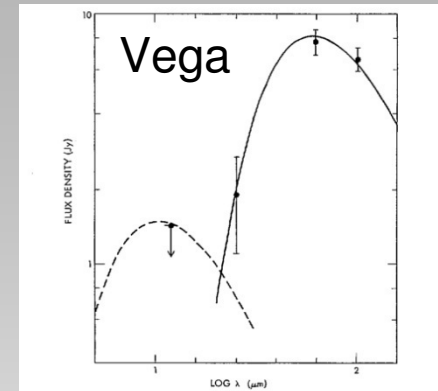
<http://www2.ess.ucla.edu/~jewitt/kb.html>



Contexto

La detección de **excesos IR** alrededor de estrellas MS y PMS fue uno de los principales descubrimientos del observatorio IRAS (1983).

- **Discos debris**: discos de polvo continuamente alimentados por colisiones entre cuerpos grandes.
- Discos de **segunda generación**: el gas primordial ha desaparecido en casi su totalidad.
- Los discos debris nos dan información acerca de la presencia de **planetesimales** y **planetas**.
- Contribuciones relevantes de ISO (1995 - 1998) y fundamentalmente de Spitzer (2003-2009) y telescopios en Tierra.



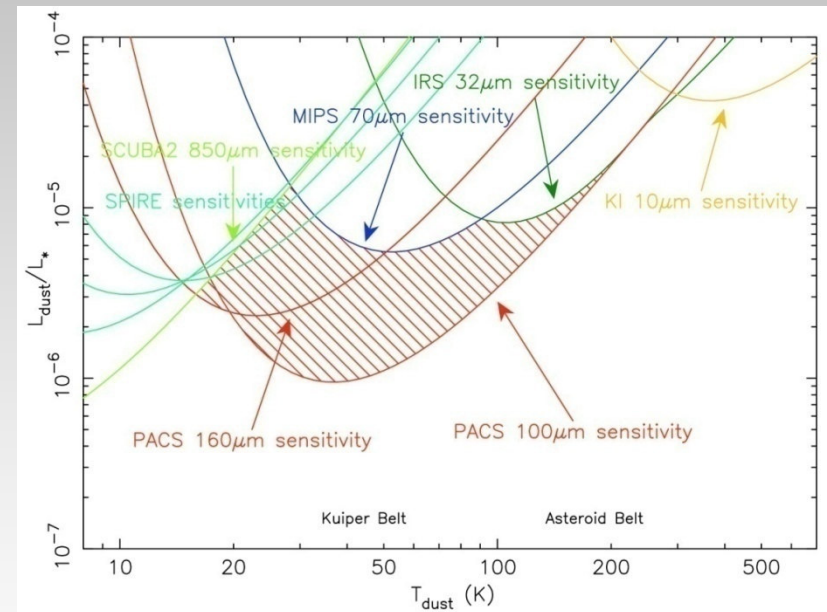


DUNES: objetivos

Detectar y caracterizar análogos exo-solares (débiles) al cinturón de Edgeworth-Kuiper (CEK)

Herschel tiene ventajas comparado con observatorios espaciales anteriores:

- Mayor espejo, menor tamaño del haz, mejor resolución, menor confusión.
- Sensible a $\lambda > 70 \mu\text{m}$. PACS 100 μm es el más adecuado para discos en el rango $T_{\text{polvo}} \sim 20 - 100 \text{ K}$ y óptimo para 30 - 40 K.



Límites de detección (10σ PACS 100 μm) para una estrella G5V a 20 pc frente a T_{polvo}

CEK: $L_{\text{polvo}}/L_{\odot} \sim 10^{-6} - 10^{-7}$



Objetivos adicionales

- Dependencia de la formación de planetesimales con la masa de la estrella.
- Evolución colisional y dinámica de los exo-CEKs.
- Presencia de exo-CEK frente a presencia de planetas.
- Propiedades del polvo y distribuciones de tamaño en los exo-CEKs.

Formación y evolución de sistemas planetarios

Análisis de datos e interpretación usando herramientas y códigos que incluyen aproximaciones radiativas, colisionales, dinámicas...



Muestra y estrategia observacional

- **Muestra:** 133 estrellas FGK:
 - Distancia < 20 pc.
 - Estrellas con planetas conocidos ($d < 25$ pc).
 - Discos debris detectados por Spitzer ($d < 25$ pc).
- + 106 estrellas compartidas con OTKP DEBRIS.

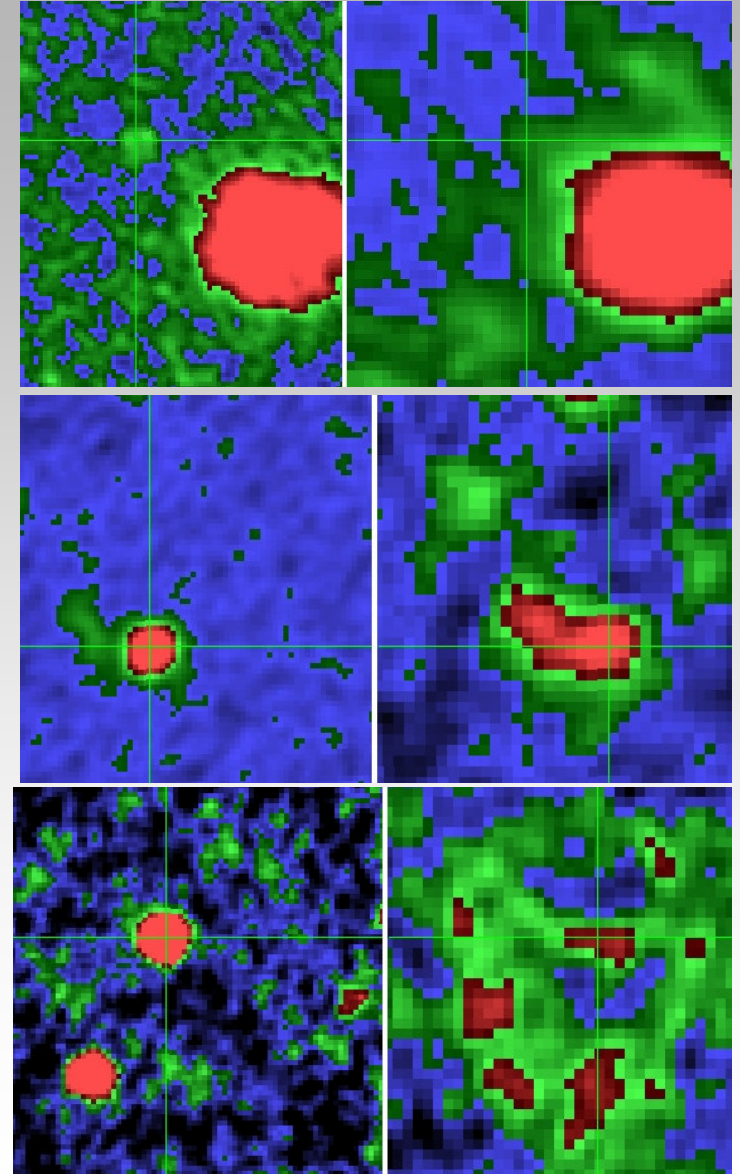
Muestra limitada en volumen

- **Estrategia:** integrar tanto tiempo como sea necesario para alcanzar el flujo *fotosférico* a $100 \mu\text{m}$, con la única limitación de la confusión del fondo. *Hay que detectar muy pocos mJy por encima de fotosferas con flujos del mismo orden y ambos en el límite de detección de Herschel.*
 - $F_*(100 \mu\text{m}) \gtrsim 4 \text{ mJy}$.
 - Un análogo al CEK a 10 pc, $100 \mu\text{m}$: $\sim 7 - 10 \text{ mJy}$.



Confusión

- Confusión causada por:
 - Objetos extragalácticos.
 - Otras estrellas de campo.
 - Estructuras extensas del medio interestelar, por ejemplo cirros.
- La alineación casual es un problema potencial para:
 - Estimaciones de flujo.
 - Identificación de las estrellas problema.
 - Identificación de la emisión extensa.



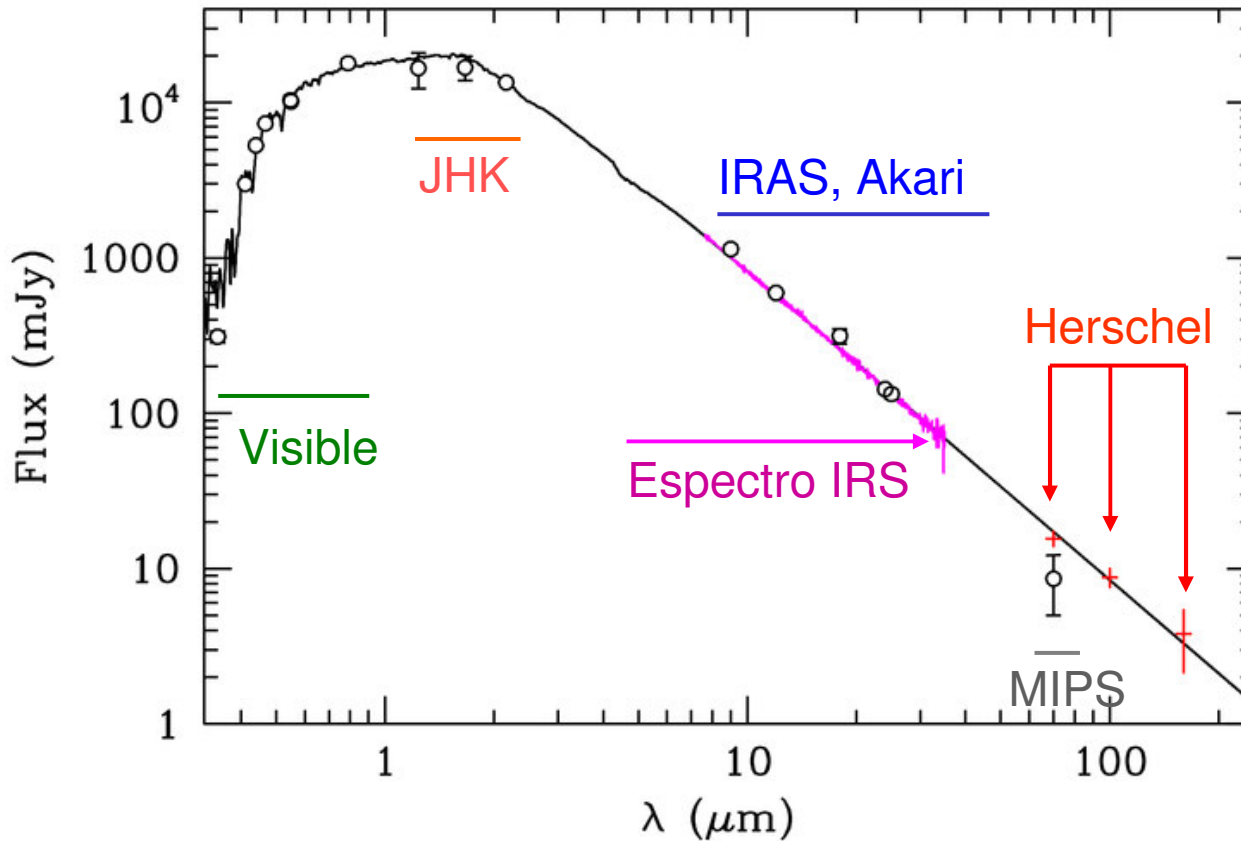


Resumen de resultados (14/9/2010)

	Tipo F	Tipo G	Tipo K	Total
Observadas	11	21	18	50
Sin exceso	5	13	12	30
Exceso (Nuevas)	6 (1)	7 (3)	4 (4)	17 (8)
Resueltos (Nuevos)	3 (2)	4 (3)	1 (1)	8 (6)
Discos fríos	1	3	4	8
+Planetas (excesos)	1	3	2	6 (1)
“Peculiares”		1	2	3

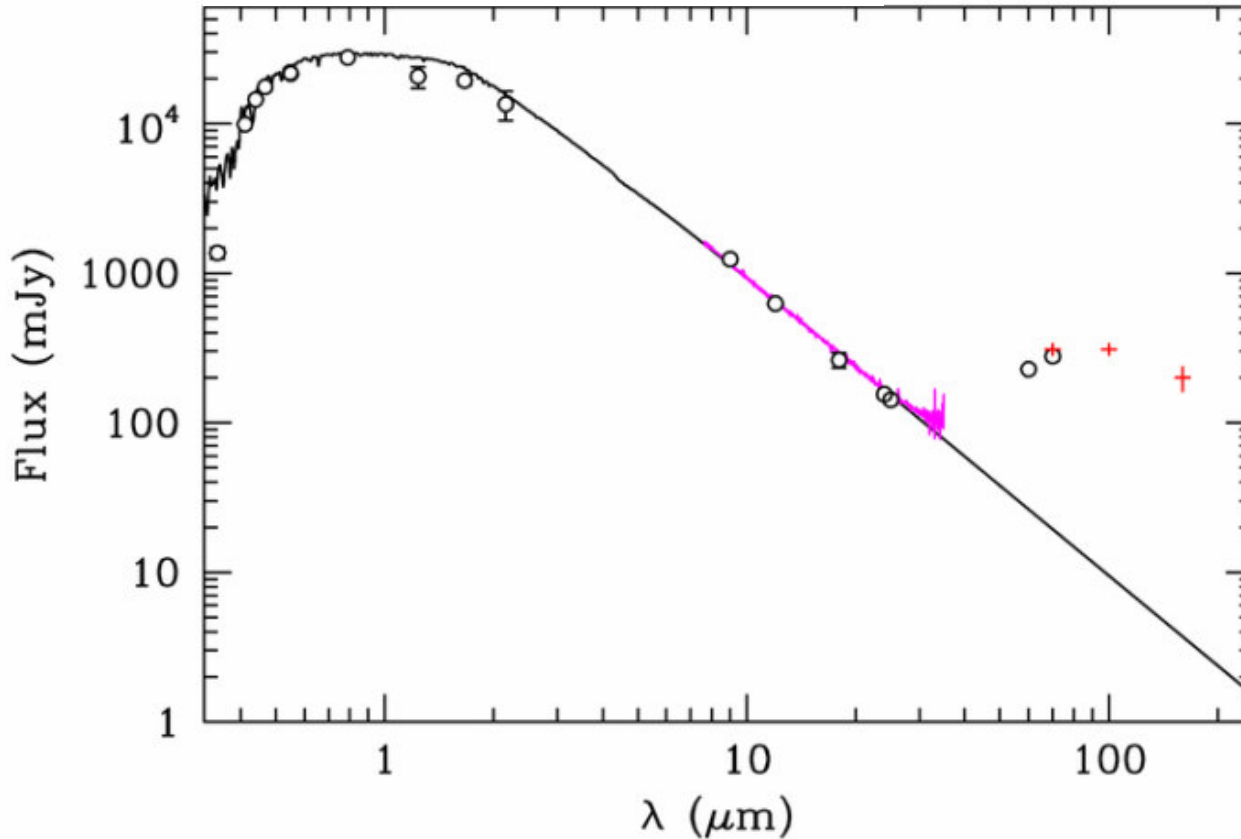


Estrellas sin exceso IR





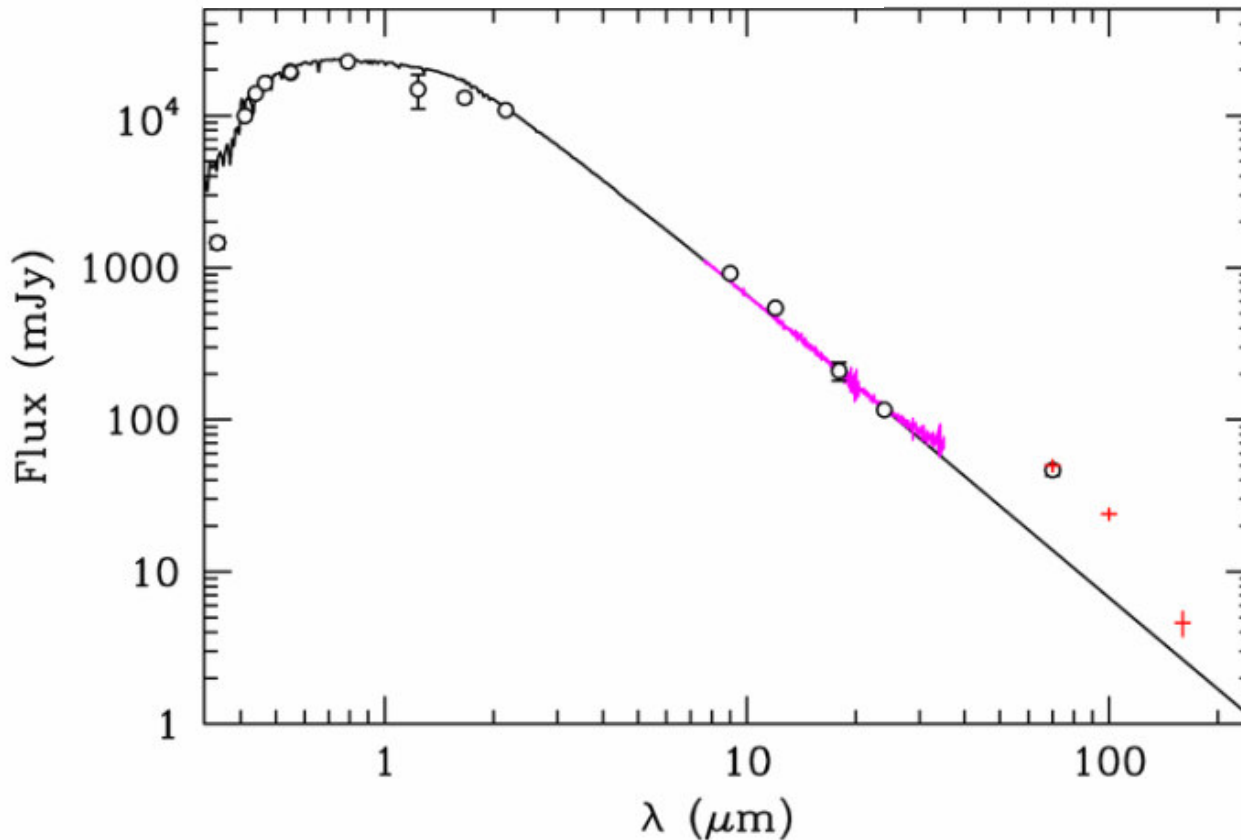
Discos: gran variedad de distribuciones espectrales de energía



Excesos en todas las λ 's



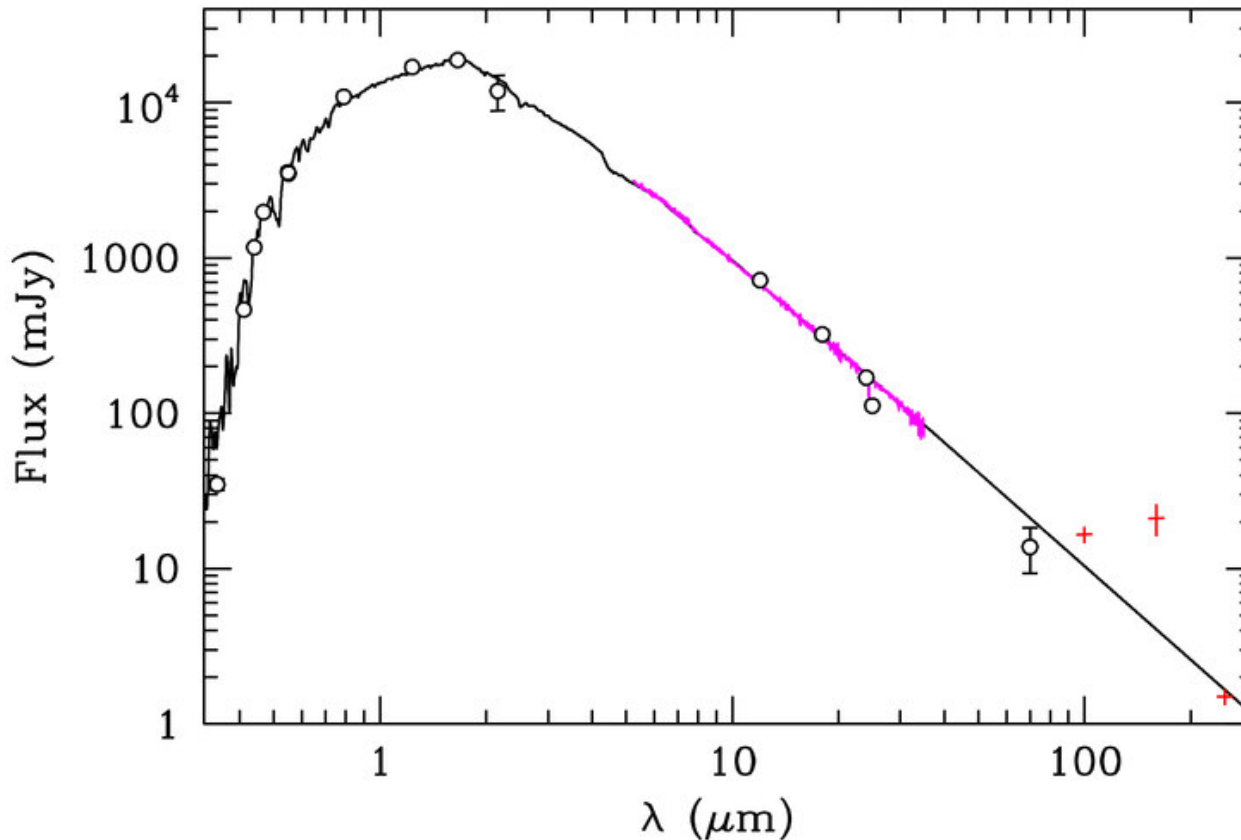
Discos: gran variedad de distribuciones espectrales de energía



Distribuciones de energía que sugerirían una estructura de anillo para la distribución de polvo.



Discos: gran variedad de distribuciones espectrales de energía



Pequeño exceso a 100 μm (disco frío, $T_{\text{polvo}} < 40$ K)

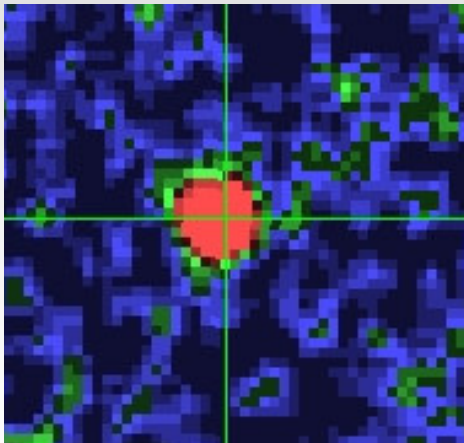


Discos fríos: un resultado de DUNES completamente nuevo

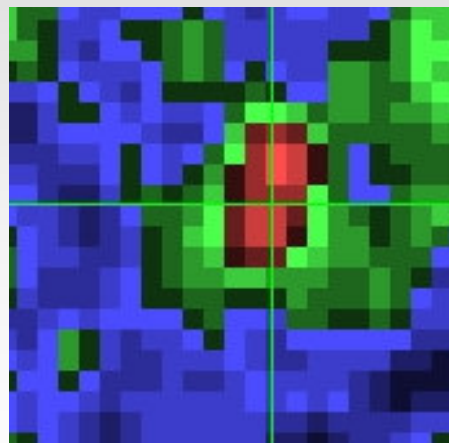
Algunas estrellas muestran excesos solo a 160 μm

Esto implica discos de polvo fríos: $T_{\text{polvo}} \sim 20 - 25 \text{ K} (< 30 \text{ K})$ y débiles $L_{\text{polvo}}/L_* \sim 6 \times 10^{-7} - 10^{-5}$

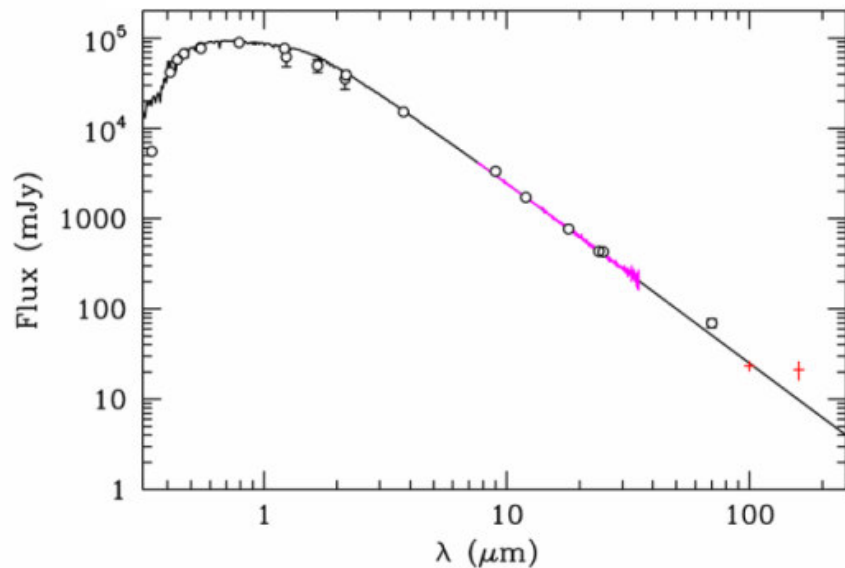
Estos discos no pueden explicarse por ningún escenario conocido. Régimen físico nuevo, diferente al considerado en los discos debris observados con anterioridad.



100 μm

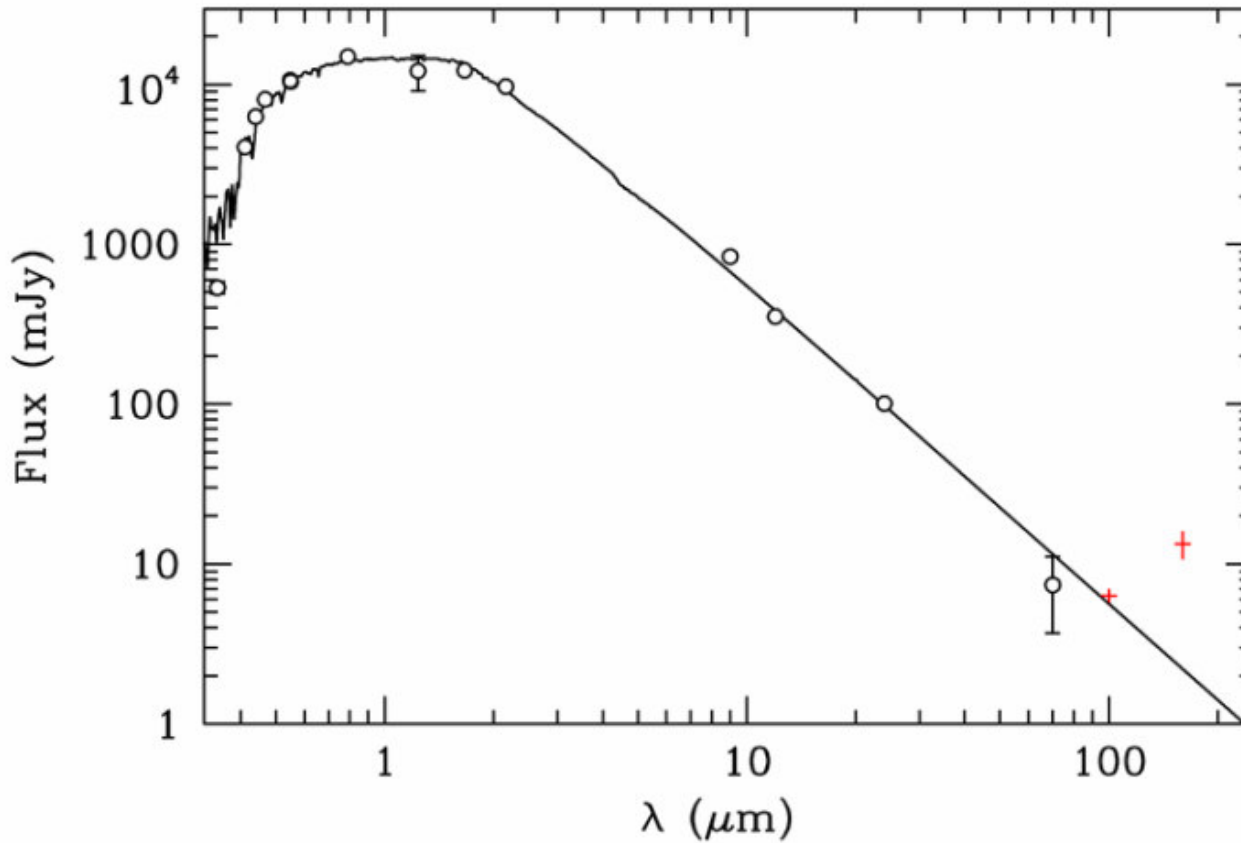


160 μm





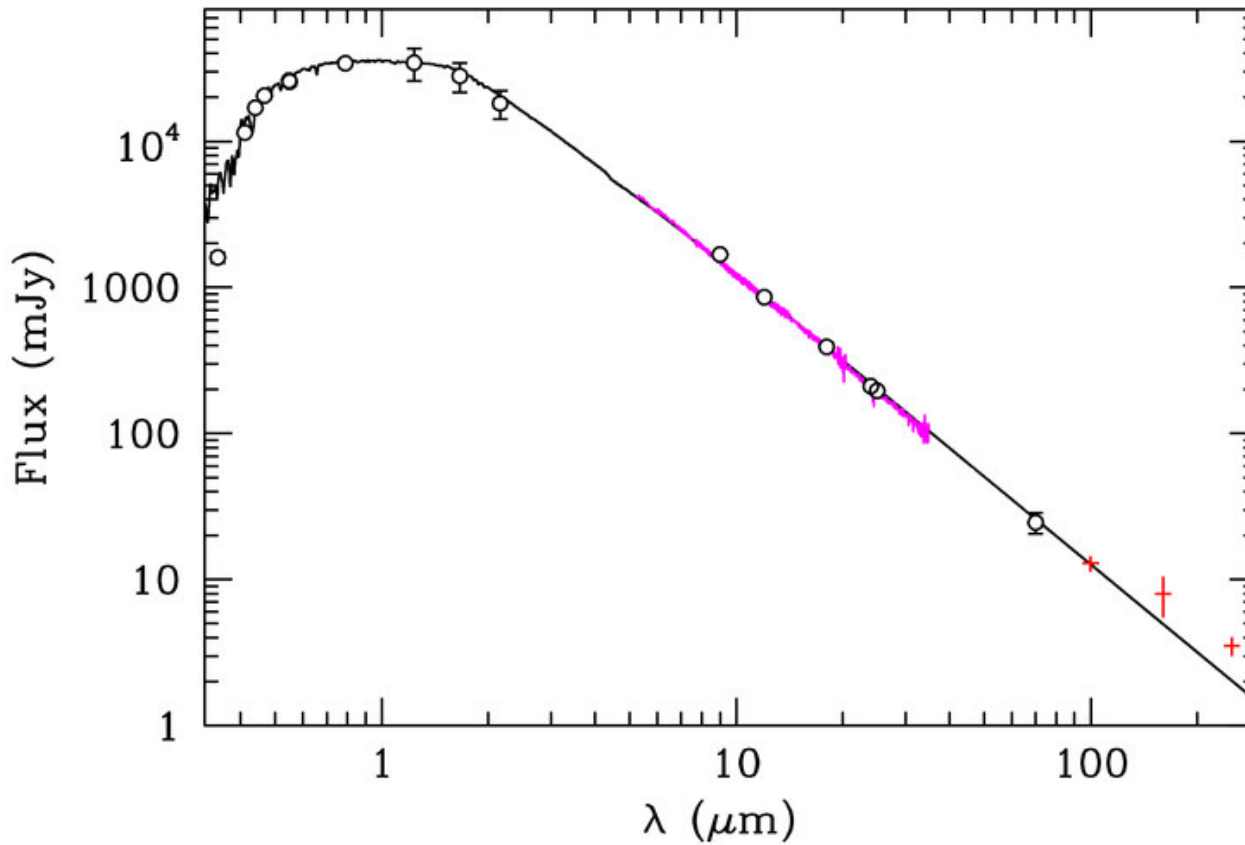
Discos fríos



Exceso a 160 μm (disco frío, $T_{\text{polvo}} < 30$ K)



Discos fríos



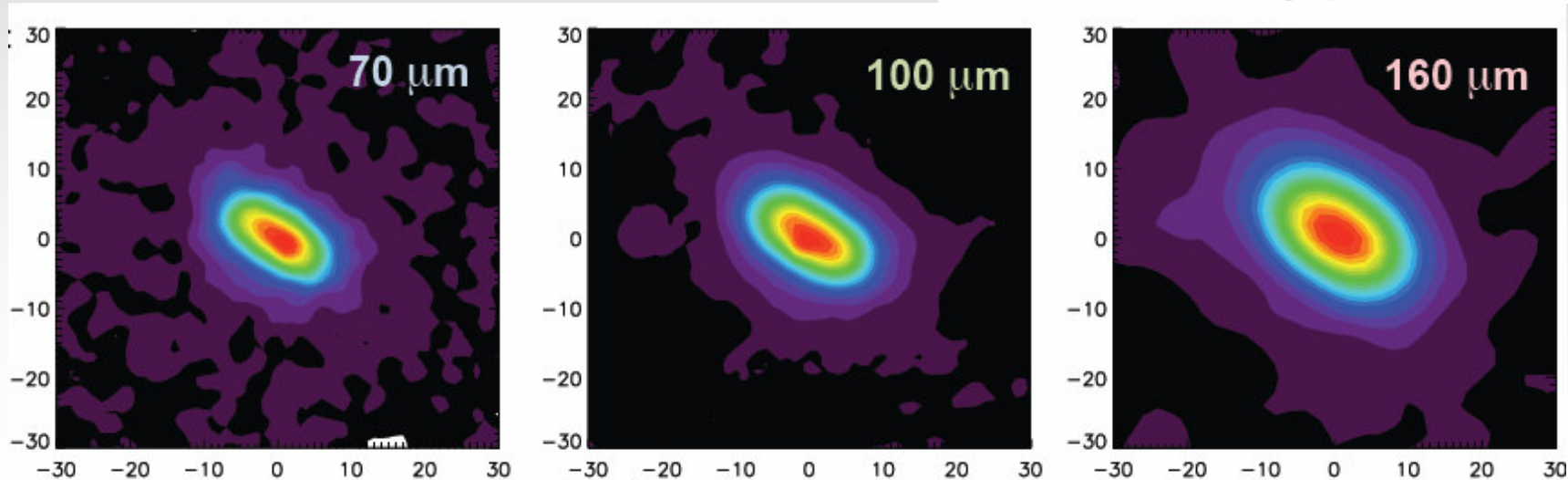
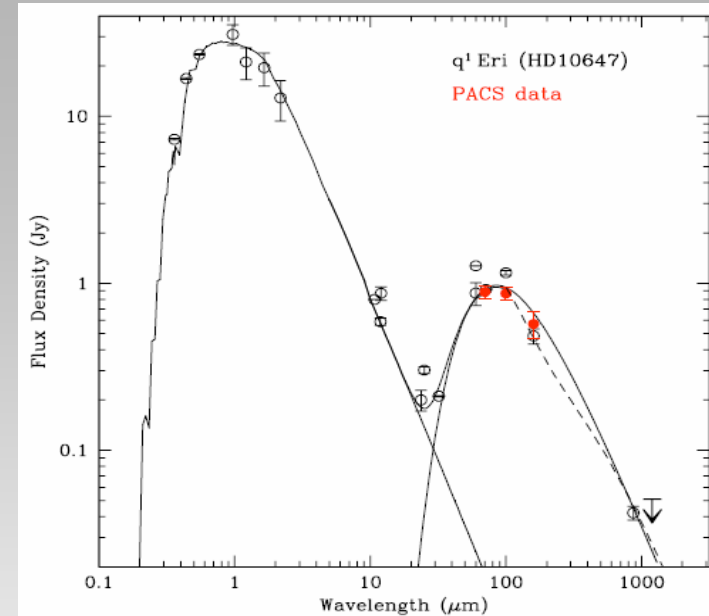
Exceso a 160 μm (disco frío, $T_{\text{polvo}} < 30$ K)
(se incluye el flujo SPIRE 250 μm)



q¹ Eri: disco resuelto (conocido)

Estrella: F8/9V, $d = 17.35$ pc, $1.2 L_{\odot}$,
edad ~ 2 Gyr, planeta de $0.9 M_{\text{Jup}}$ a 2 UA.

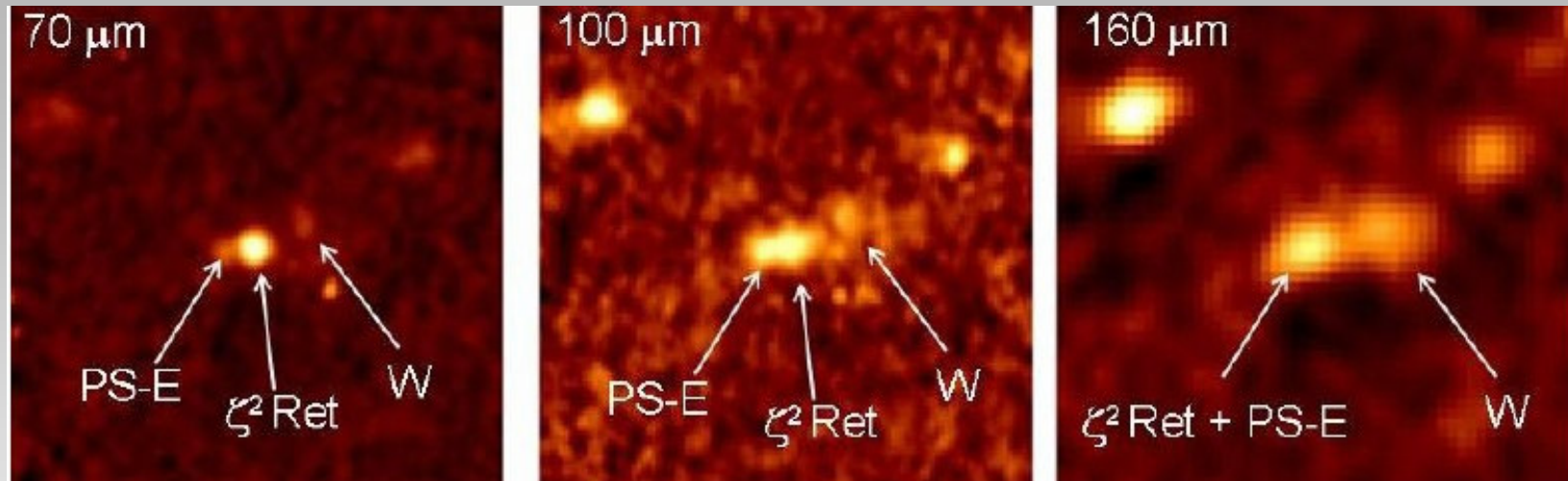
Disco debris alrededor de q¹ Eri:
Anillo de 40 UA de ancho a $d \sim 85$ UA,
 $i \sim 63^{\circ}$ (suponiendo que es circular)
 $T_{\text{polvo}} \sim 60$ K, $L_{\text{polvo}}/L_{*} \sim 10^{-4}$



Liseau et al. (2010), Augereau et al., en preparación



ζ^2 Ret: nuevo disco resuelto



Estrella: G1V, $d = 12.03$ pc, $0.97 L_{\odot}$, edad ~ 3 Gyr

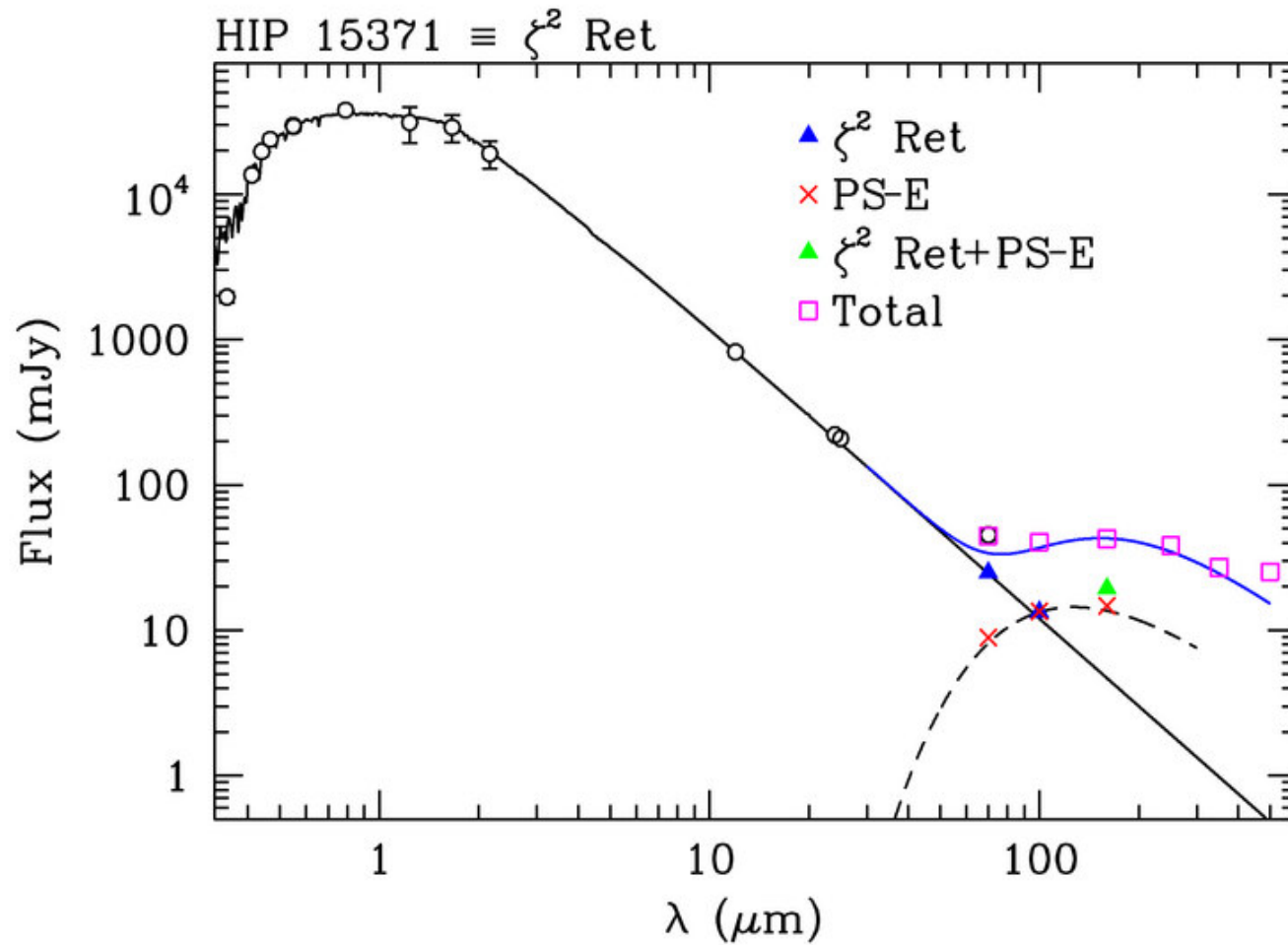
Disco debrís alrededor de ζ^2 Ret: estructura excéntrica parecida a un anillo con $a \sim 100$ UA, $e \sim 0.3$, $T_{\text{polvo}} \sim 40$ K, $L_{\text{polvo}}/L_{*} \approx 10^{-5}$

Asimetría: ¿causada por un planeta?... (en el caso de Fomalhaut, la asimetría del disco se usó para predecir la presencia de un planeta)

(Eiroa et al., A&A, Thebault et al., en preparación)



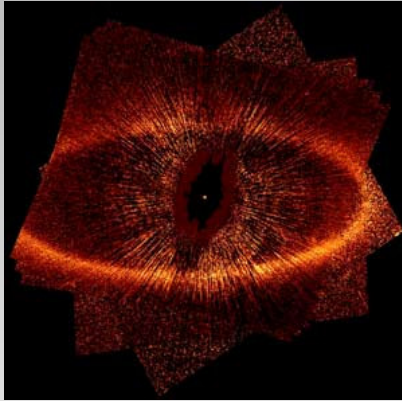
Distribución de energía del complejo ζ^2 Ret



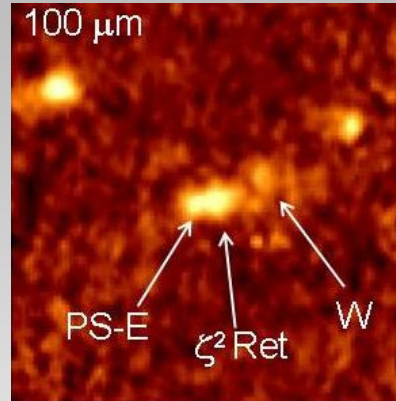


ζ^2 Ret: comparación con sistemas similares

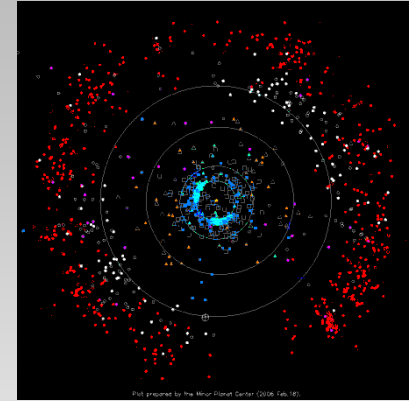
Fomalhaut



ζ^2 Ret



Sol



Estrella	A3 V 2.1 M_{\odot} 16 L_{\odot} ~0.2 Gyr	G1 V 1.0 M_{\odot} 1.0 L_{\odot} ~ 3 Gyr	G2 V 1.0 M_{\odot} 1.0 L_{\odot} 4.5 Gyr
Disco	$L_{\text{polvo}}/L_{*} \sim 10^{-4}$ $T_{\text{polvo}} \sim 75$ K 135-160 UA	$L_{\text{polvo}}/L_{*} \sim 10^{-5}$ $T_{\text{polvo}} \sim 30-40$ K 70-120 UA	$L_{\text{polvo}}/L_{\odot} \sim 10^{-6} - 10^{-7}$ $T_{\text{polvo}} \sim 40$ K 40-55 UA
Planeta	Fomalhaut b $e = 0.1$??? $e = 0.3 ?$	Neptuno $e = 0.01$



Resumen y conclusiones (preliminares)

- Más de 1/3 de la muestra observada.
- 100% de detecciones a 100 μm → estrategia satisfactoria.
- 1/3 discos debrisi detectados: se doblan las estadísticas anteriores.
- Un buen número de discos resueltos (número anterior $\times 3$)
- Niveles de flujo de los CEK alcanzados.
- Nuevo resultado inesperado (**descubrimiento de DUNES gracias a la potencialidad de Herschel**): excesos a $\lambda > 160 \mu\text{m}$, lo que implica discos muy fríos ($T < 30 \text{ K}$) y débiles que podrían enmarcarse en un nuevo régimen físico.

Los objetivos de DUNES se van cumpliendo: análisis de las observaciones y trabajo de interpretación en curso para explicar los diferentes escenarios.

¡Herschel es un observatorio fantástico!



Gracias por vuestra atención