

Análisis de distribuciones espectrales de energía de AGN

Cédric Prieels
Mayo 2017

Resumen

Esta práctica tiene por objetivo principal el estudio de las distribuciones espectrales de energía de diferentes AGN, para encontrar y estudiar el origen físico del continuo de emisión de estos objetos a lo largo del espectro electromagnético. Queremos también encontrar una manera de poder clasificar y encontrar el tipo de diferentes AGN a partir de la forma general de estas distribuciones de energía. Por fin, se estudia un poco la determinación del redshift fotométrico de los objetos estudiados a partir de sus distribuciones de energía.

1. Introducción teórica

Los *Active Galaxi Nuclei* (AGN) son agujeros negros supermasivos (del orden de $10^6 - 10^8 M_\odot$) situados en el centro de algunas galaxias (se estima que el 5 % de las galaxias contienen un AGN), que van acretando materia de la galaxia misma. Son objetos muy luminosos (del orden de $10^{10} L_\odot$) y bastante pequeños (tienen un radio del orden de 100 pc solamente, muy pequeño comparado con la escala típica de las galaxias). Los AGN son objetos muy interesantes en el Universo porque son fuertes emisores a lo largo del espectro electromagnético, de radio a rayos γ . Por lo tanto, en esta práctica se estudian las distribuciones espectrales de energía (SED) de este tipo de objeto, que permiten representar la energía emitida en función de la frecuencia, de la longitud de onda o de la energía.

Los AGN tienen distribuciones espectrales muy distintas, pero se pueden sacar unas características que se suelen observar en todas las distribuciones. Una SED típica se representa en la figura 1, donde vemos claramente la presencia de dos máximos de emisión: el IR Bump y el Big Blue Bump. Vemos también claramente en esta figura que pueden existir dos tipos de AGN, llamados *radio quiet* o *radio loud* (que no vamos a considerar en esta práctica), dependiendo de si se puede observar una emisión fuerte o no en el rango de frecuencia correspondientes a las ondas radio.

Se puede descomponer el espectro de emisión en diferentes zonas, para estudiar el origen físico de las diferentes emisiones que podemos detectar a frecuencias distintas.

- **Óptico-UV.** Esta zona coincide con el máximo de emisión del AGN. El Big Blue Bump de emisión cae justamente en esta zona, y proviene de la emisión térmica del disco de acreción (zona central del AGN, muy caliente y pequeña). Esta emisión está formada por la superposición de diferentes cuerpos negros de temperaturas distintas, porque la temperatura del gas de este disco depende mucho de la zona de emisión (las zonas más cercanas del AGN están más calientes y emiten por lo tanto más en el UV, mientras que las zonas externas más frías emiten en el visible).
- **IR medio.** Es una zona de emisión muy importante también, que coincide con el IR Bump. Esta emisión proviene de la emisión sincrotrón de los jets de los AGN radio-loud, o bien de una simple emisión térmica que proviene del calentamiento del polvo del toro que está rodeando casi todo el AGN. Esta emisión también parece a una ley de potencia pero no lo es porque, como en el óptico, el bump que se observa está formado por la superposición de cuerpos negros de

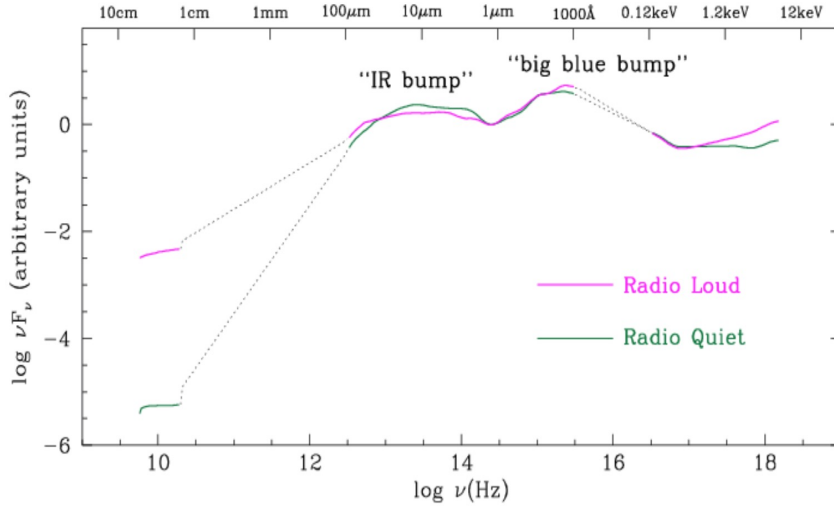


Figura 1: Distribución espectral de energía típica en νF_ν de un AGN.

diferentes temperaturas. Esta zona del espectro puede sumar hasta un tercio de la luminosidad bolométrica total del AGN.

- **Rayos X.** Este tipo de emisión proviene de zonas muy central del AGN, y presenta una variabilidad muy alta (en escala de tiempo de horas, o incluye minutos). La emisión en rayos X proviene del efecto Compton inverso de la corona de electrones muy calientes (más de 10^6K).
- **Radio.** La emisión en radio, que proviene de los chorros de partículas emitidos por algunos AGN, no se considera en esta práctica, porque solamente vamos a considerar AGN radio-quiet.

No se puede hacer una muestra representativa de un AGN en una sola banda, hay que considerar todo el espectro porque cada banda tiene sus propias limitaciones. Por ejemplo, observar en el radio está muy bien porque este tipo de onda no se ve afectado por la presencia de gas, pero el 90 % de los AGN son radio-quiet y casi no emiten en esta banda. Estudiar el IR medio permite estudiar el toro directamente, pero es la zona que presenta la mayor contaminación por parte de la galaxia (el mínimo de emisión en IR alrededor de $1\mu\text{m}$ corresponde justamente al máximo de emisión de la galaxia). Por eso es tan interesante estudiar las SED de los AGN, en todo el rango electromagnético.

Existen dos tipos de AGN. Un AGN de tipo 1 es un AGN del cual podemos observar directamente el núcleo, y tiene por lo tanto un espectro que contiene líneas anchas y estrechas mientras que un AGN de tipo 2 presenta solamente líneas estrechas. Todavía no se sabe hoy en día si los objetos que aparecen en una categoría o en la otra son los mismos o no, porque podría ser que la categoría viene dada solamente por la orientación del objeto (a veces, si el AGN está bien orientado, podemos tener suerte y ver directamente el núcleo mientras que otras veces, vemos directamente el toro y no el núcleo).

Las SED son muy útiles pero en general no proporcionan la información completa sobre un objeto, porque nos falta una información crucial: el valor de su redshift, que solemos observar en el visible. Lo que pasa es que en general, cuesta mucho encontrar la contrapartida en el visible de un objeto observado porque tenemos un problema de identificación de un objeto en diferentes rangos del espectro electromagnético (por ejemplo, podemos determinar la posición y el error de un objeto visible en el IR pero no observar nada en el visible, o bien observar distintos objetos que podrían corresponder al objeto inicial observado). En algunos casos se puede determinar el valor del redshift fotométrico a partir de la SED misma, lo que resulta muy útil, especialmente para objetos muy lejanos que no podemos detectar en el visible.

2. Método experimental

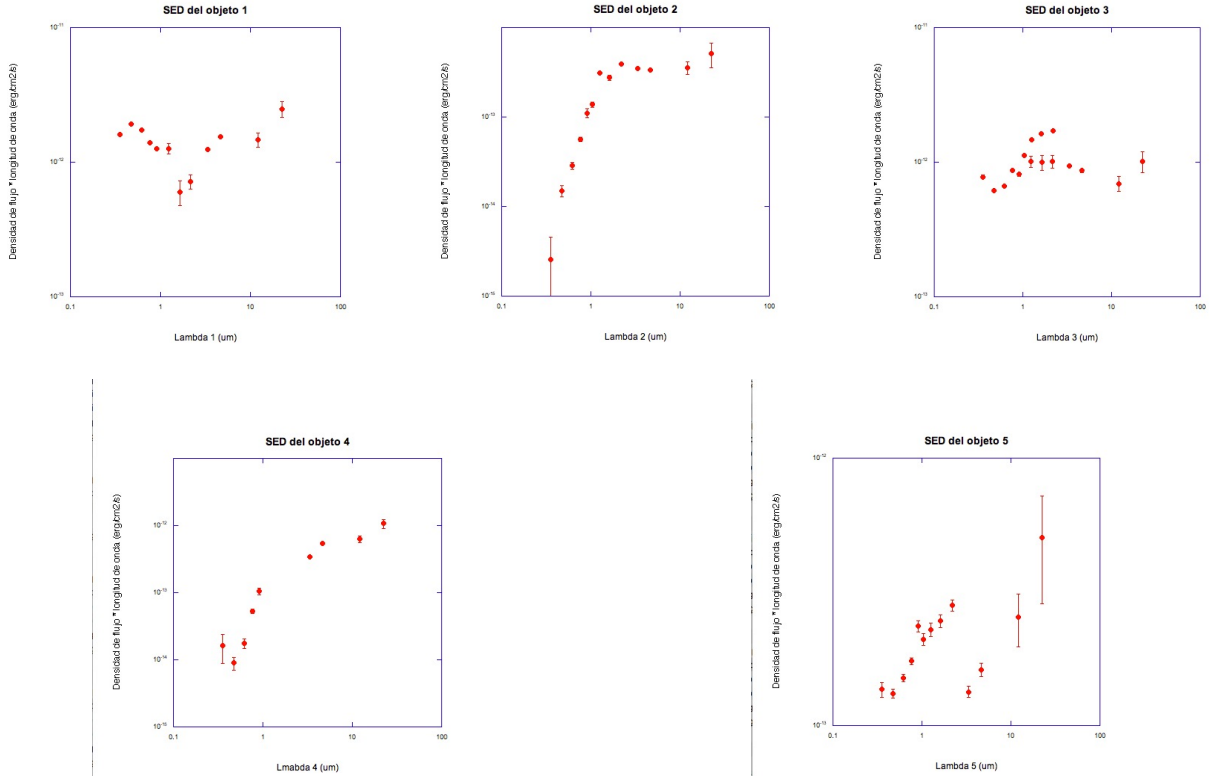
Tenemos a nuestra disposición 10 distribuciones espectrales de energía, que almacenen datos en todo el rango electromagnético y que provienen de diferentes instrumentos de medida (SDSS para el visible, UKIRT para el IR, 2MASS para el IR cercano y WISE para el IR medio), porque no tenemos hasta ahora podido construir algún telescopio que sea capaz de medir correctamente estas distribuciones en todo el rango electromagnético. Cada fichero tiene tres columnas. La primera columna nos da la longitud de onda central del filtro usado para la medida, mientras que la segunda columna contiene las densidades de flujo medidas en Jy y que la tercera columna contiene el error estimado sobre el valor medido.

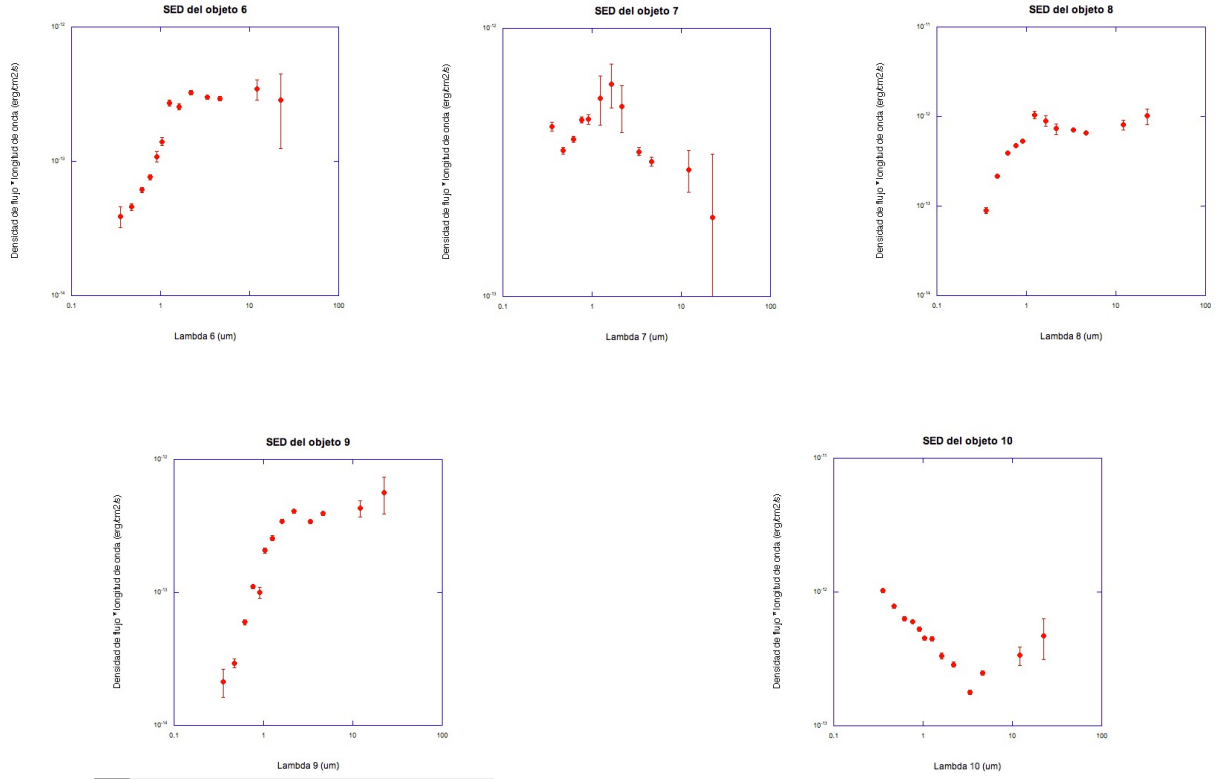
Tenemos también acceso a diferentes modelos de emisión (templates): un modelo de emisión de AGN, y tres modelos distintos de emisión de galaxias con actividades distintas de formación estelar.

Lo primero que queremos hacer consiste en representar las distribuciones de energía con diferentes unidades (λF_λ y F_λ). Después, tenemos que identificar qué template representa mejor las observaciones que hemos pintado, para poder determinar el tipo del AGN considerado, y si la emisión está dominada por el objeto mismo o por la galaxia alrededor del AGN. Por fin, queremos identificar los AGN que tienen un espectro que nos permite calcular el redshift directamente, sin tener que medirlo en el óptico, utilizando la forma de la SED.

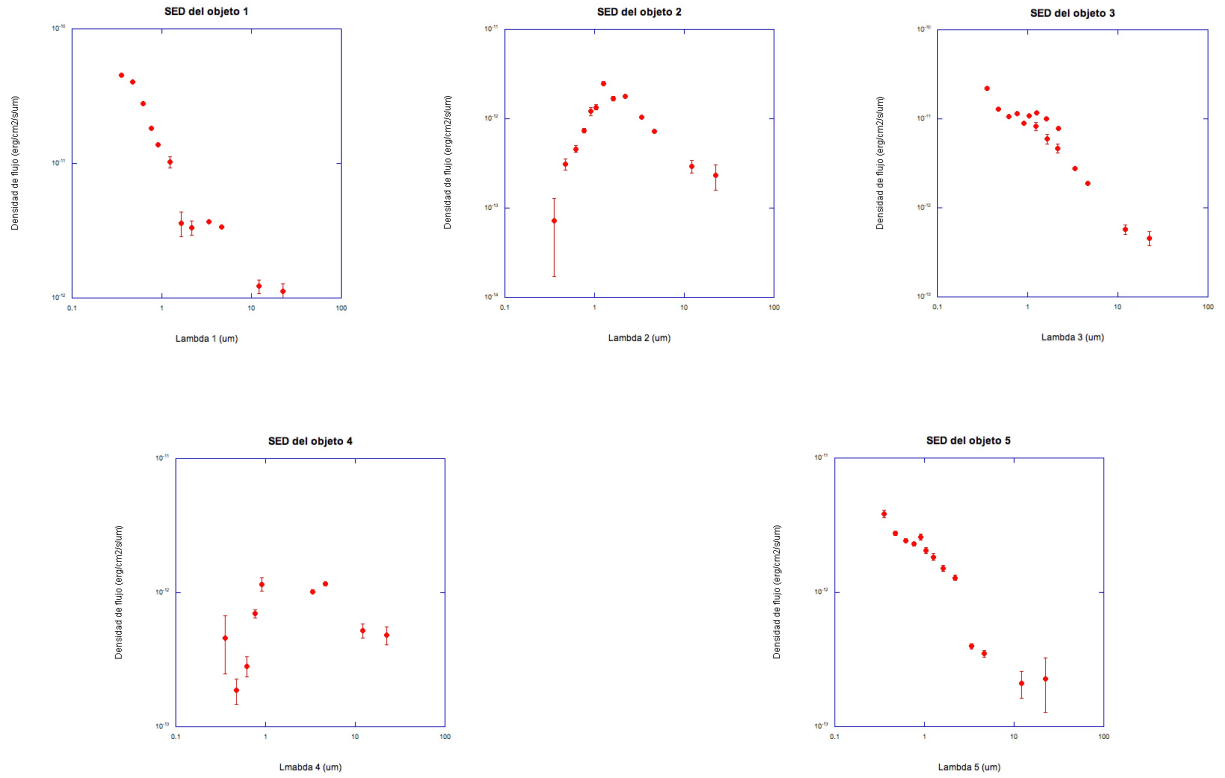
3. Resultados obtenidos

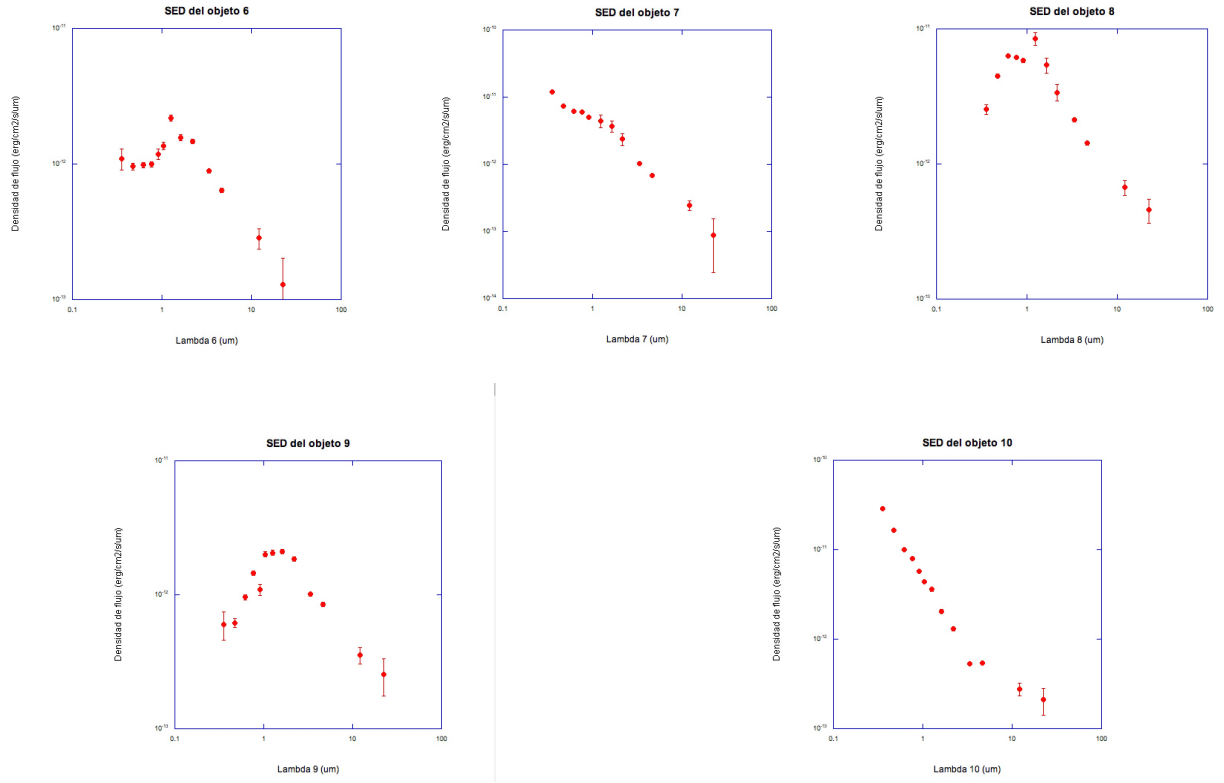
Primero, vamos a representar las 10 distribuciones espectrales de energía en unidades λF_λ , siendo λ la longitud de onda a F_λ la densidad de flujo en unidades de $\text{erg}/\text{cm}^2/\text{s}/\mu\text{m}$. Por lo tanto, tenemos que pasar los Jy a unidades relacionadas con la longitud de onda, y no con la frecuencia.



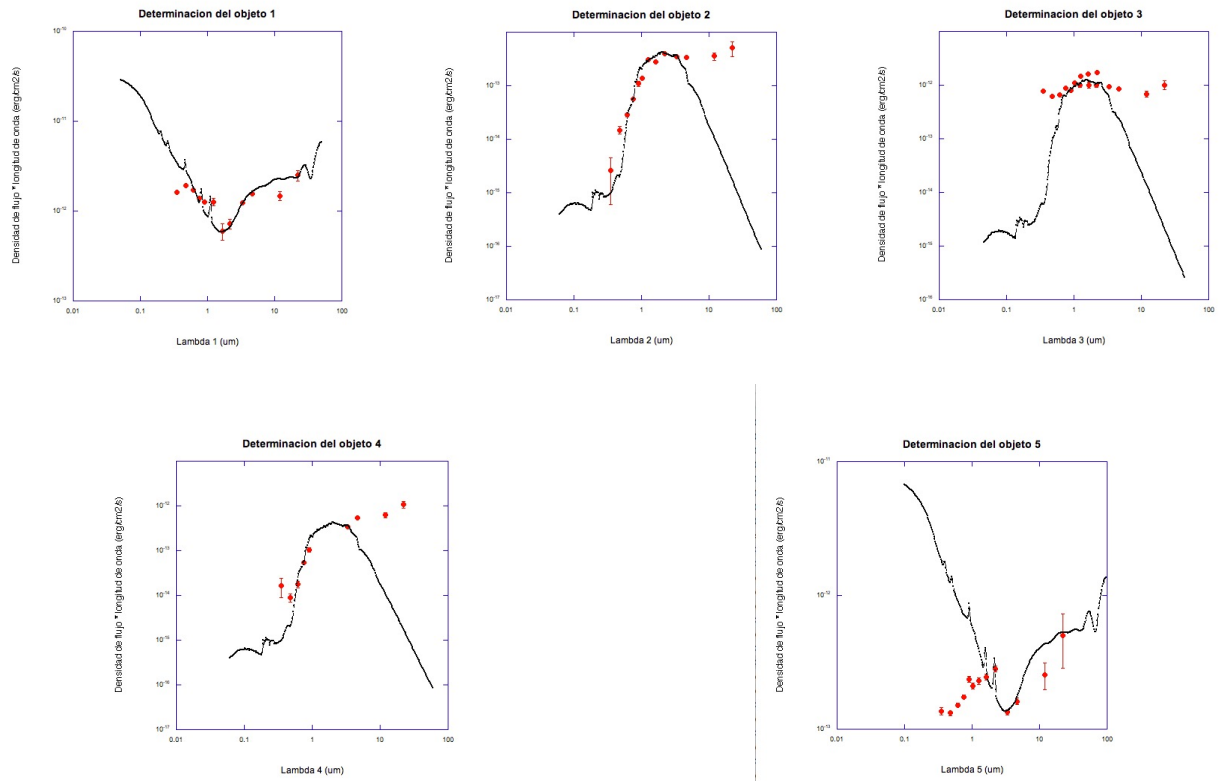


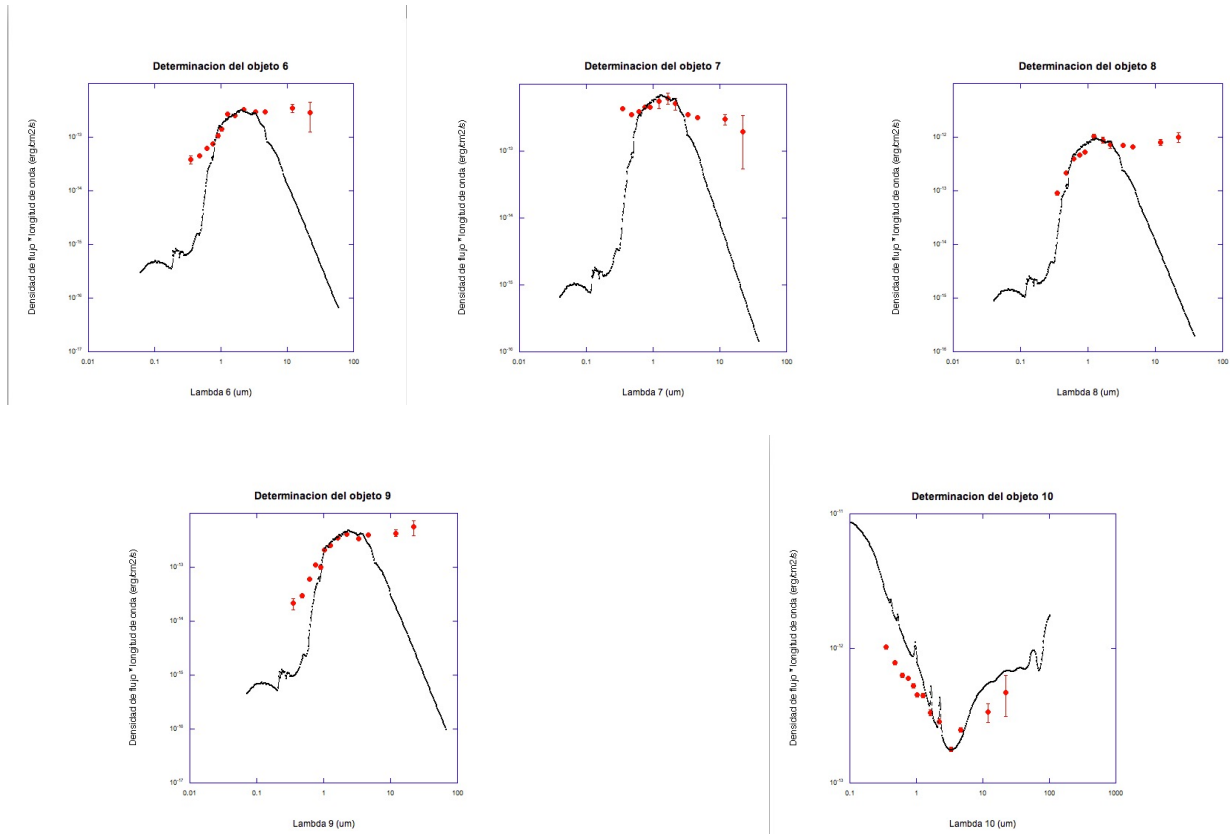
Ahora, representamos otra vez todas las distribuciones precedentes pero esta vez, en unidades de F_{λ} directamente.





Vemos que es más fácil comparar la forma e intensidad de la emisión en el primer caso, porque podemos ver directamente con la forma si la emisión es debida a la galaxia o al AGN mismo. Vamos a usar estos plots para comparar lo observado con las plantillas que tenemos.





Ahora, podemos identificar qué modelo representa mejor las observaciones en cada caso, con los templates que tenemos. Esto nos permite también clasificar todos los objetos considerados. Los resultados encontrados se encuentran en la tabla siguiente. Para esto, pintamos la plantilla más adecuada sobre cada SED obtenido en el apartado precedente.

Objeto	Dominado por...
1	AGN
2	Galaxia
3	Galaxia
4	Galaxia
5	AGN
6	Galaxia
7	Galaxia
8	Galaxia
9	Galaxia
10	AGN

Por fin, podemos intentar identificar los AGN donde podemos poner limites al valor de redshift utilizando directamente la forma de la SED, para evitar los problemas de contrapartida introducidos en la introducción teórica. Con los plots precedentes, vemos que vamos a poder estimar el valor del redshift en todos los casos (aunque por supuesto, en algunos casos, el error sobre este valor será más grande porque la determinación será menos precisa). Para estimar el valor del redshift, solo tenemos que mirar la posición (en longitud de onda) del mínimo o del máximo de emisión, porque sabemos que tiene que estar en más o menos $1 \mu\text{m}$ en el referencial de reposo. Con este valor, podemos determinar el valor del redshift estimado fácilmente.

Objeto	Redshift estimado ($\pm 0,5$)
1	0.7
2	1
3	0.5
4	1
5	2.3
6	1
7	0.3
8	0.3
9	1.3
10	2.5

4. Conclusiones

En conclusión, esta práctica nos permitió estudiar la distribución espectral de energía de 10 AGN distintos con el objetivo principal de estudiar el origen físico del continuo de emisión a lo largo del espectro electromagnético. También hemos podido clasificar los diferentes objetos estudiados comparando la SED medida para cada objeto y comparándola con los templates teóricos que tenemos, para ver si la emisión observada es dominada por el AGN o por la galaxia). Por fin hemos podido poner límites en el valor del redshift de algunos objetos, lo que resulta muy útil en la práctica para evitar el problema de identificación de contrapartidas y para estimar el redshift de objetos no visibles en el óptico (porque demasiado lejanos, por ejemplo).