

# Informe sobre las SED de Brown et al. (2019)

Laura Natalia Martínez

## 1. Distribuciones espectrales de energía

La primera observación es que hay dos archivos: uno llamado **brown2018\_obs\_agnfitter.txt** y otro **brown2018\_syn\_agnfitter-2.txt**, y no se indica cuál es la diferencia entre estos. Al observar sus distribuciones espectrales de energía, estas lucen muy similares (figura 1) aunque parece que la **syn** presentan **más puntos**.

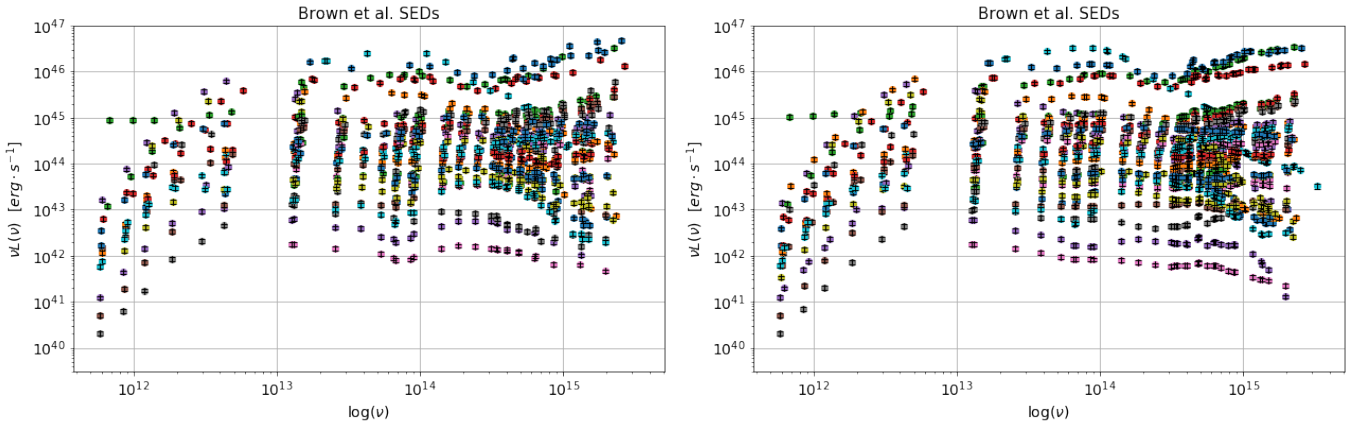


Figura 1: Distribuciones espectrales de energía de las 41 galaxias.

Al graficarse las SED observada y sintéticas juntas (figura 2), se evidencian con claridad los **puntos extra** que aparecen en los datos sintéticos y los **pequeños corrimientos** de algunos datos (más adelante se ahondará en este aspecto). Por otro lado, se observa una **gran número de datos en el óptico y el UV**, y **pocos datos en el FIR**, como se menciona en el sitio web de los datos <https://archive.stsci.edu/hlsp/agnsedatlas#section-2e53544e-eae6-4a7a-bf4c-45df17de56d4>, lo que permite acotar las galaxias candidatas de acuerdo al dominio en frecuencia de sus SED.

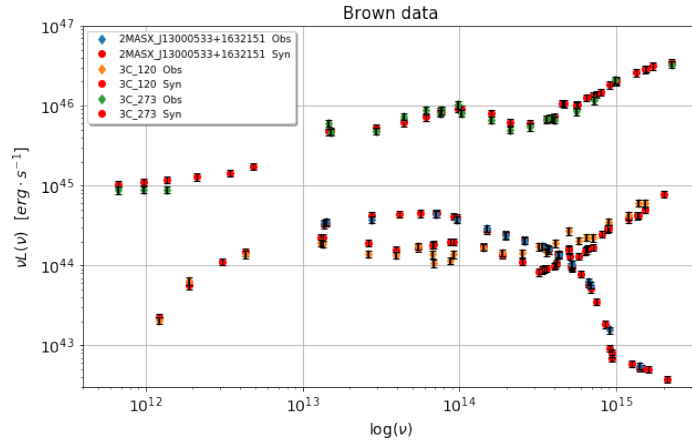
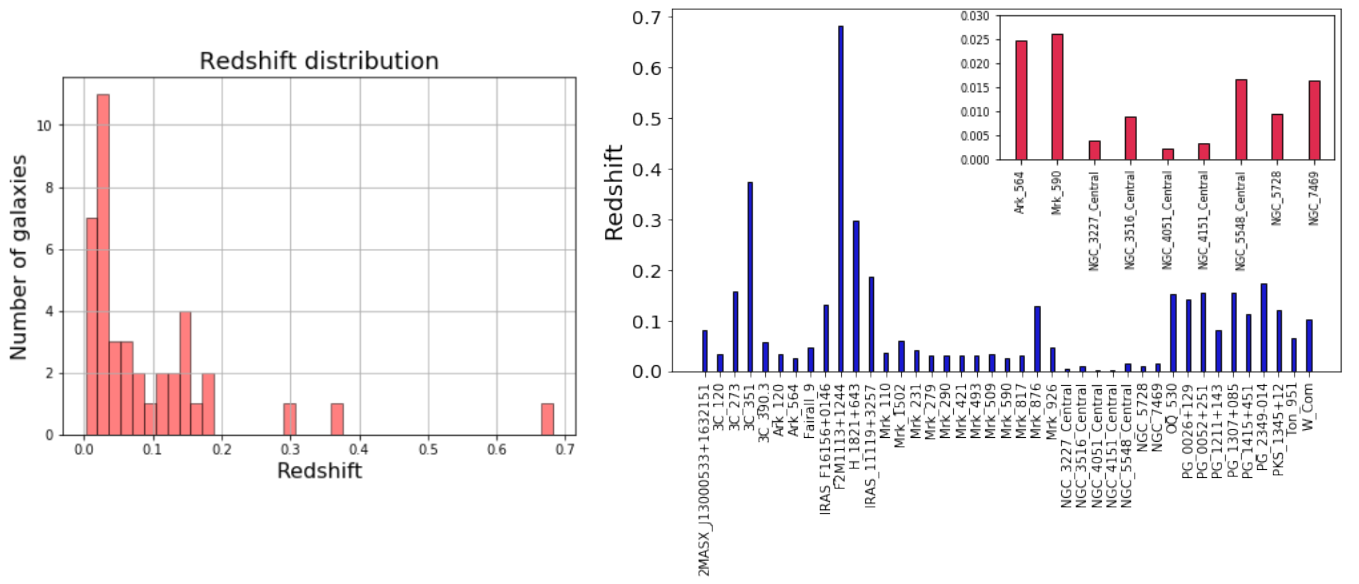


Figura 2: Distribuciones espectrales de energía observadas y sintéticas de las 3 primeras galaxias.

## 2. Redshift

A continuación se procede a estudiar la distribución de los **redshift** de la muestra, encontrándose una distribución concentrada alrededor de  $z = 0,1$ , pero con un pico en  $0,0170 < z < 0,0339$  (figura 3 (a)).

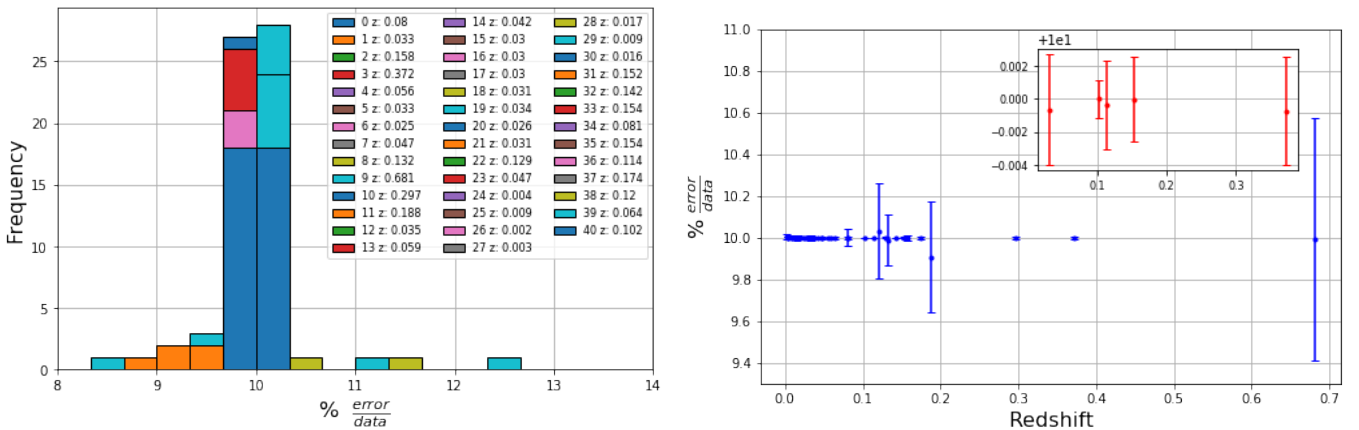


**Figura 3:** (a) Distribución del corrimiento al rojo de las 41 galaxias. (b) Corrimiento al rojo de las 41 galaxias (azul) y corrimiento al rojo de las galaxias con  $z \leq 0,03$  (magenta).

Posteriormente, se decide hacer un barrido más detallado de los redshift de cada galaxia y un acercamiento a las galaxias con  $z \leq 0,03$  (figura 3 (b)). Dentro de este subgrupo de 9 galaxias podrían estar las candidatas a usarse en la tesis, sin embargo es importante estudiar otros factores. La importancia del corrimiento al rojo puede evidenciarse en la calidad de los datos fotométricos, es decir en las barras de error de cada una de las mediciones.

### 3. Barras de error

Para estudiar la calidad de los datos se decidió evaluar para cada una de las galaxias y para cada banda fotométrica, la relación porcentual entre el error y el valor del flujo. Con estos resultados se graficaron histogramas para cada una de las galaxias como se observa en la figura 4 (a). De acuerdo con la gráfica, esta relación porcentual se encuentra alrededor del 10 % sin variar entre las diferentes bandas fotométricas (cuyas mediciones provienen de diferentes instrumentos), ni entre las diferentes galaxias.



**Figura 4:** (a) Histograma de la relación porcentual entre el error y el flujo de cada banda fotométrica, para las 41 galaxias. (b) Promedio por galaxia de la relación porcentual entre el error y el flujo, con su respectiva dispersión.

Además, se decidió graficar el promedio por galaxia de esta relación porcentual como función del corrimiento al rojo para corroborar si existe alguna correlación (figura 4 (b)). No obstante, se encontró que las 5 galaxias con una relación

porcentual menor al 10 % y la menor dispersión, no corresponden a aquellas con el menor corrimiento al rojo. Por tanto, se concluye que:

- La calidad de los datos es alta y homogénea en toda la muestra, pues varía muy poco entre las diferentes bandas fotométricas y galaxias (error del 10 %). Por esto, no es un factor que pueda alterar mucho los ajustes de las SEDs.
- No se evidencia una correlación entre la calidad de los datos y el corrimiento al rojo de la galaxia, por lo que 'z' deja de ser un factor decisivo a la hora de acotar la muestra.

Es importante resaltar que este análisis se realizó en escala lineal, pues es la forma como se manejan los datos dentro de AGNfitter. Por último, se quiere corroborar si las barras de error corresponden a  $\sqrt{\nu L_\nu}$ , para tal fin se grafica error vs  $\sqrt{\nu L_\nu}$  (figura 5(a)). Sin embargo, no se obtiene una recta con pendiente 1 como se esperaría, lo que indica que las barras de error no son obtenidas con la raíz del flujo medido. Al graficar error vs  $\sqrt{\nu L_\nu}$  (figura 5(b)), se observa una recta con pendiente 10 (eje y tiene un orden de magnitud mayor al eje x), por lo que el error es una décima parte del flujo (el 10 %).

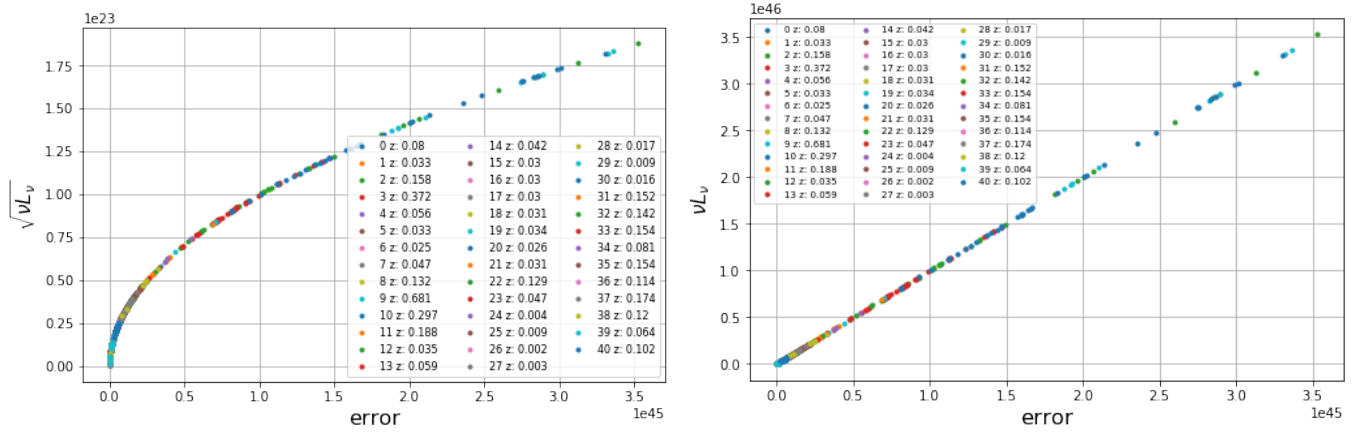
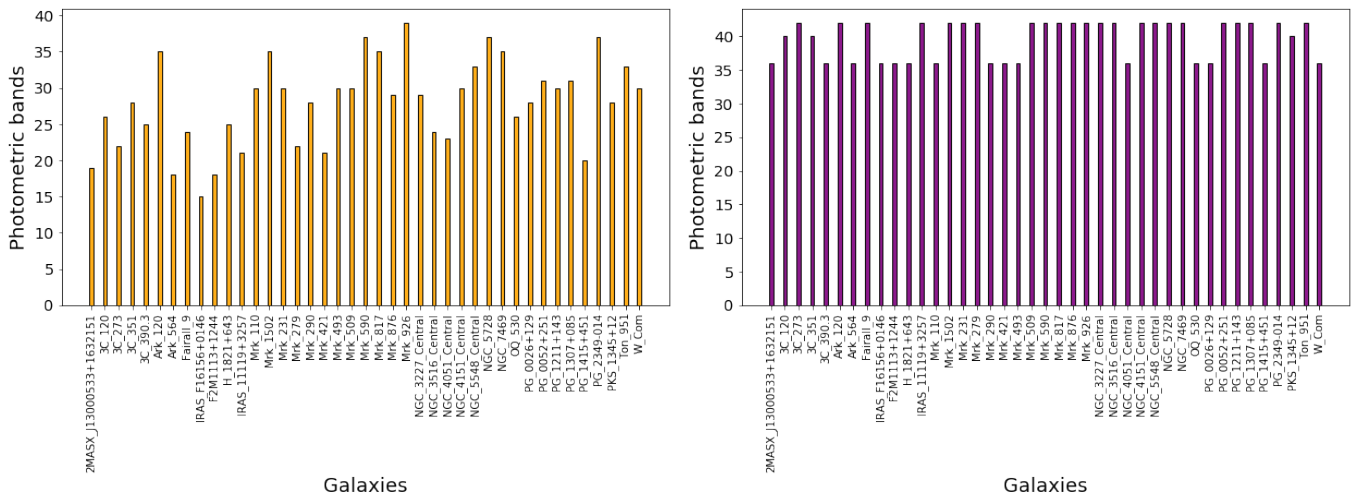


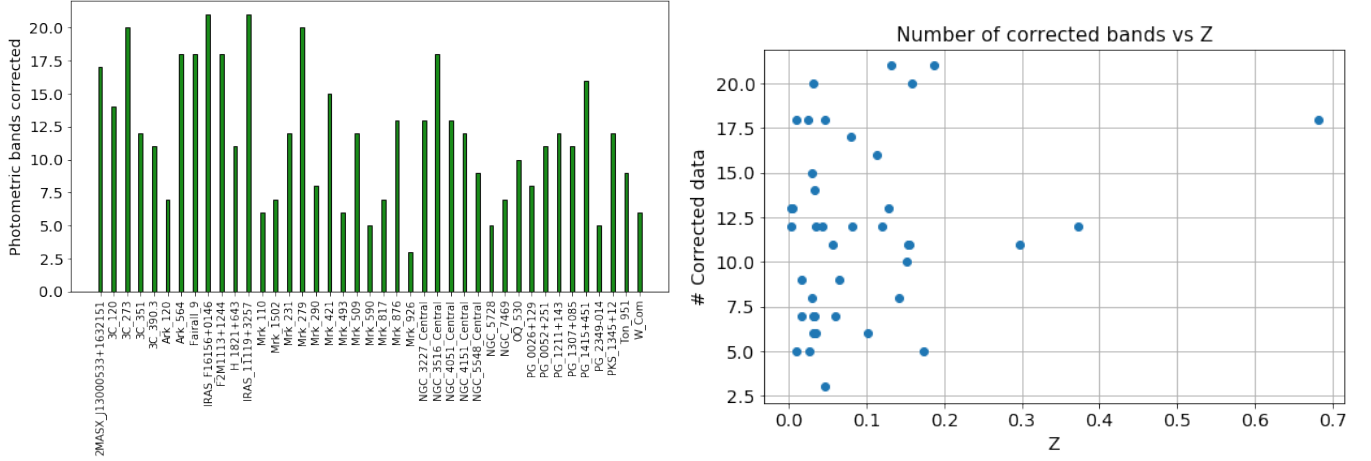
Figura 5: (a) error vs  $\sqrt{\nu L_\nu}$  y (b) error vs  $\sqrt{\nu L_\nu}$ .

## 4. Bandas fotométricas

El siguiente factor a analizar es el número de bandas fotométricas o datos válidos de la SED. Para estudiar este factor se realiza un conteo de los datos válidos para cada galaxia, es decir, aquellos diferentes de -999.9 (o por facilidad los datos positivos). Es interesante evidenciar que los datos observados presentan alrededor de 25 datos válidos de 42 totales, mientras los syn en su mayoría presentan los 42 datos válidos o 36. De acuerdo con esto, lo mejor sería usar los **datos syn**.

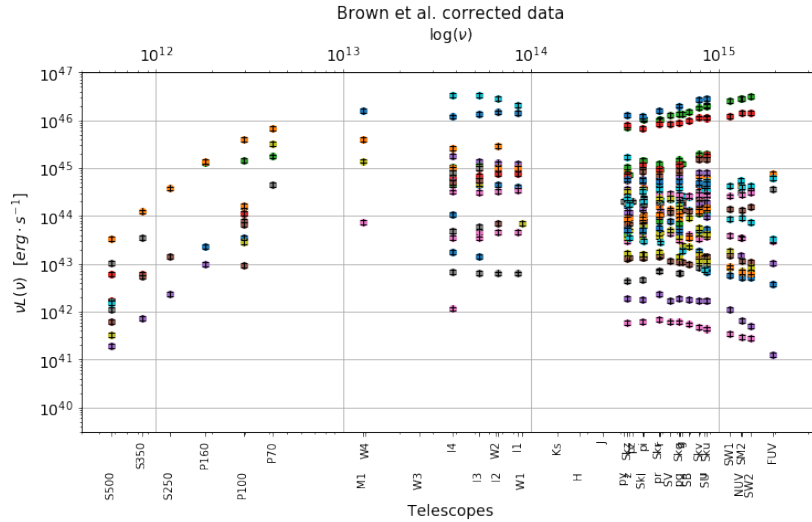


Además, esta observación sugiere que los datos sintéticos presentan correcciones a los datos observados con el fin de validar muchas de las mediciones. Para verificarlo, por un lado, se revisaron las bandas fotométricas que fueron inválidas en obs pero válidas en syn y se realizó un conteo (figura 7 (izquierda)). Por otro lado, se estudió si existe una relación entre el número de bandas fotométricas corregidas y la calidad de los datos, dado por el corrimiento al rojo (figura 7 (derecha)), sin observarse ninguna correlación.



**Figura 7:** (a) Número de bandas fotométricas corregidas por galaxia. (b) Número de datos corregidos en función del corrimiento al rojo de la galaxia.

De la gráfica anterior (figura 7 (izquierda)) se evidencia que los datos sintéticos presentan correcciones para validar los datos, sin embargo al observar la figura (6 (derecha)), se evidencia que no se logran obtener las 42 bandas válidas en todos los datos, sino que se observa una división entre 42 y 36 bandas, lo que sugiere la falta de mediciones en 6 bandas fotométricas (en el FIR). Al graficar estos datos corregidos se evidencian correcciones en casi todas las bandas con una densidad alta en la región del ultravioleta y baja en la región del infrarrojo, lo que se debe al bajo número de mediciones.

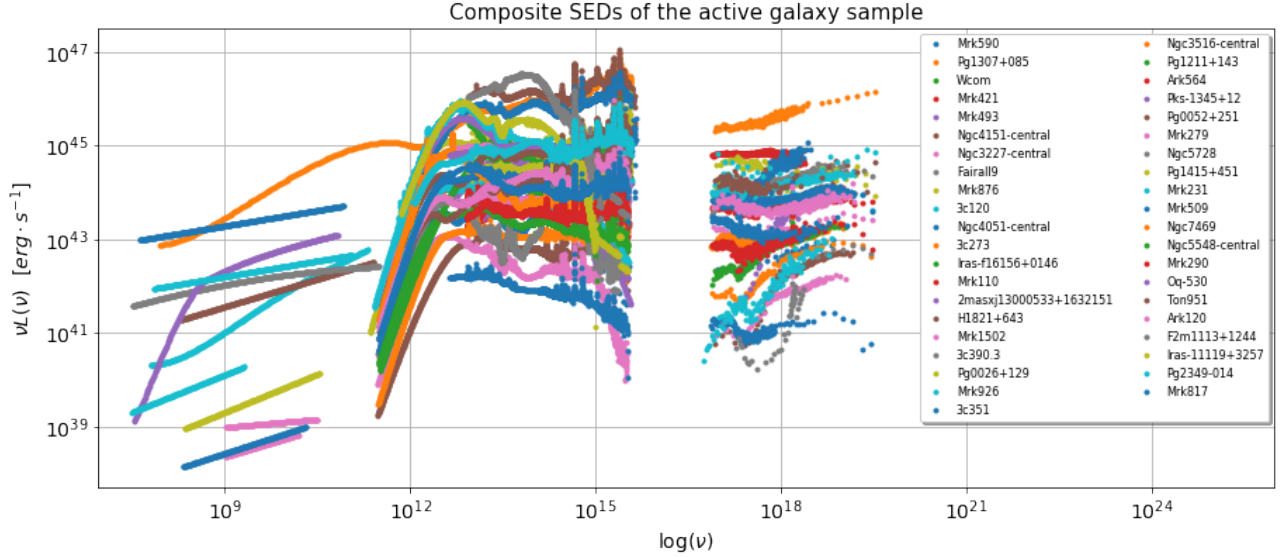


**Figura 8:** Distribución espectral de energía de los datos validados con correcciones.

## 5. Disponibilidad de datos en rayos-X y radio

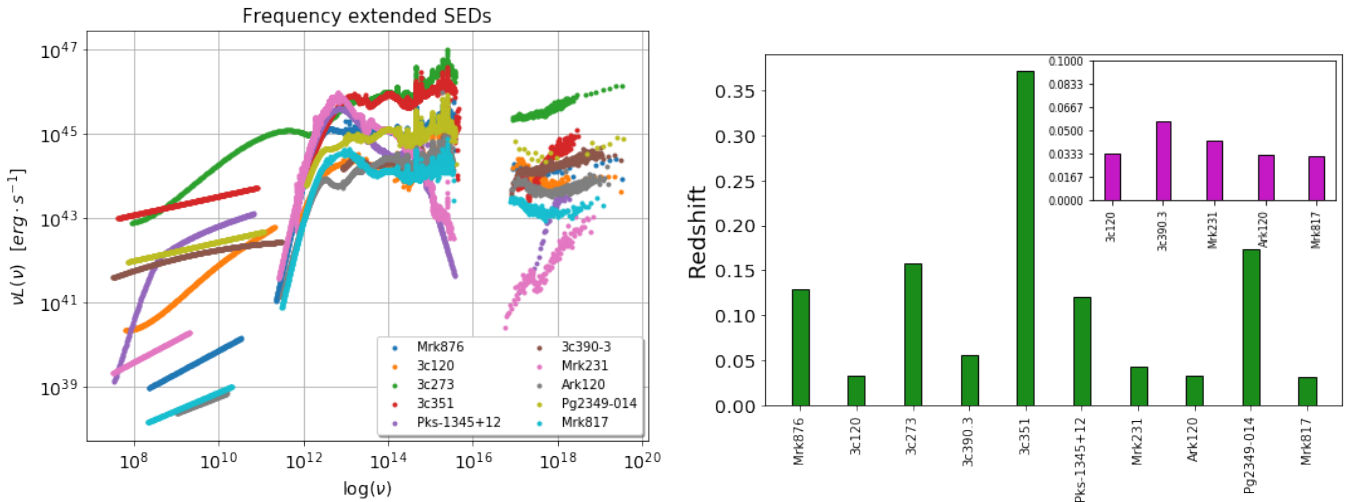
Por un lado, gracias a datos recopilados en otros trabajos como Baumgartner et al. (2013), Ricci et al. (2017), en el marco del proyecto BAT AGN Spectroscopic Survey, Harrison et al. (2013) y algunos modelos; hay disponibilidad de datos en rayos

X para algunas galaxias de la muestra. Por otro lado, a partir del modelamiento de la emisión térmica del polvo caliente con el modelo de cuerpo negro y su ajuste a datos fotométricos en el FIR, se extendieron las SEDs hasta el radio. De esta manera, al agregar otros catálogos fotométricos disponibles, los nuevos datos en rayos-x y las estimaciones en radio se obtienen las siguientes SEDs para las 41 galaxias (figura 9) Estos datos fueron tomados de <https://archive.stsci.edu/hlsp/agnsedatlas#section-2e53544e-eae6-4a7a-bf4c-45df17de56d4> y vienen en un formato de 3 columnas:  $\lambda$  en  $\mu\text{m}$ ,  $L_\nu$  en  $[\text{W/Hz}]$  y  $f_\lambda$  en  $[\text{erg/scm}^2\text{A}]$ .



**Figura 9:** SEDs compuestas de las 41 galaxias de la muestra.

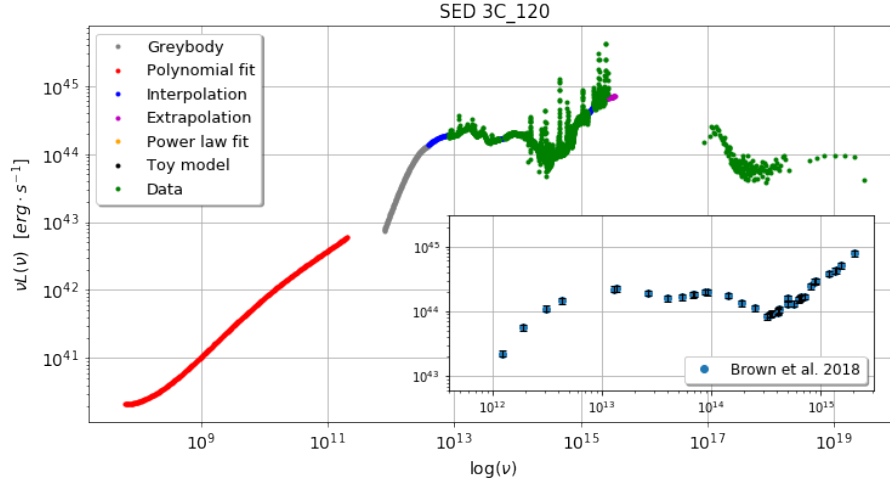
A continuación se aplicaron varios filtros a este nuevo conjunto de datos y se encontraron **12 galaxias con datos en radio**, **27 con datos en rayos-X** y un submuestra de **10 galaxias con datos desde radio hasta rayos-X** (figura 10 (a)). Luego de tener el número de candidatos reducidos a 10, se estudian sus corrimientos al rojo (figura 10 (b)), la variabilidad de las SEDs y la proporción de la SED compuesta por datos.



**Figura 10:** (a) Submuestra de galaxias con una distribución espectral de energía extendida desde radio hasta rayos-x. (b) Corrimiento al rojo de la submuestra y galaxias con  $z < 0,1$  (color magenta).

Como se mencionó anteriormente, las nuevas SEDs tienen una composición variada. En consecuencia, se decidió graficar de diferente color los datos provenientes de 7 tipos de fuentes (modelo de cuerpo negro, modelo de Toy, ajuste polinómico, ajuste por ley de potencias, interpolación, extrapolación y mediciones de espectros) (figura 11), para identificar visualmente

la proporción de la SED conformada por datos y contrastar estos nuevos datos con los previos de Brown et al. 2018. Teniendo en cuenta que los datos corresponden a los puntos verdes, se procede a buscar las galaxias con mayor proporción de datos y variabilidad. (figura 12).



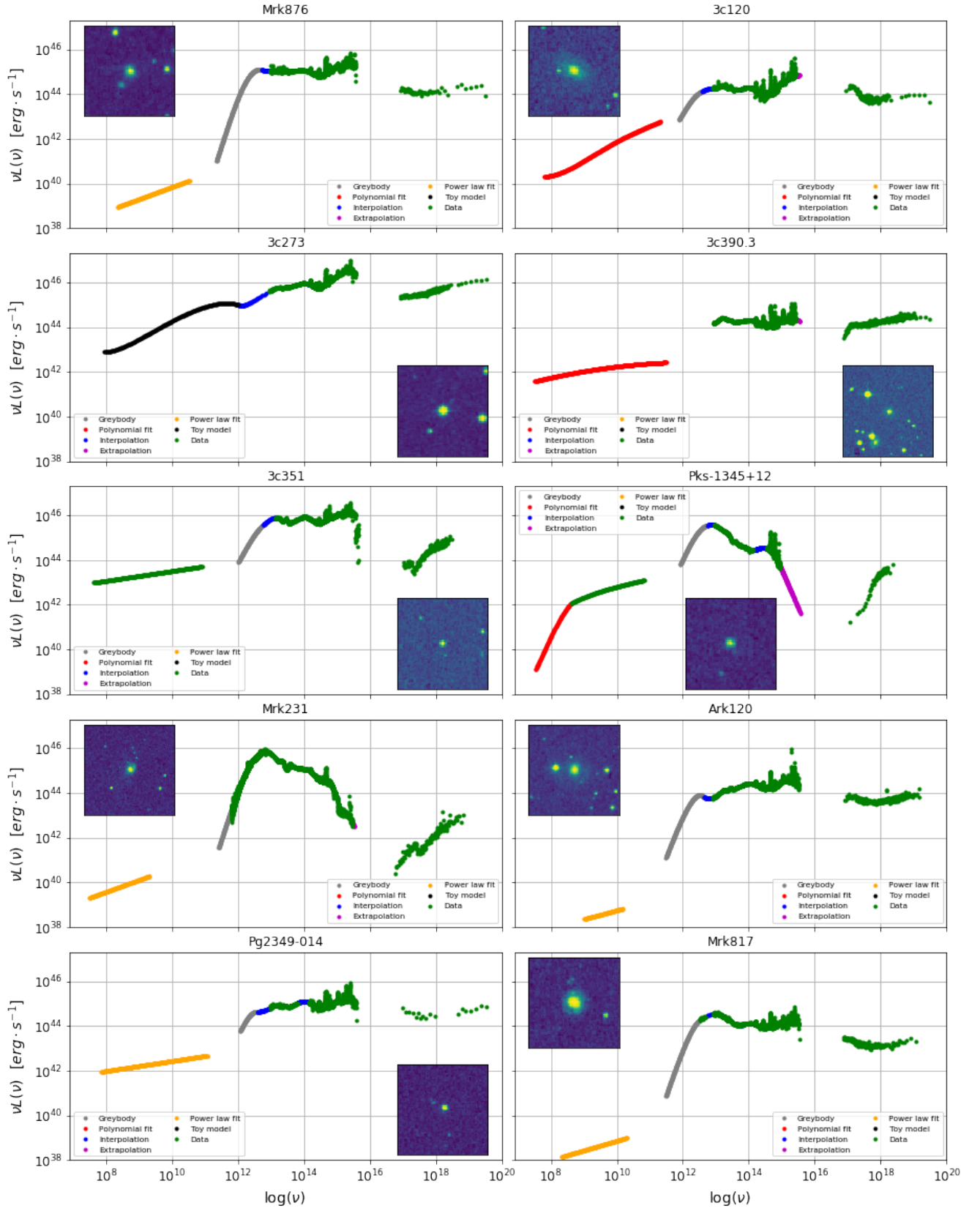
**Figura 11:** SED de la galaxia 3C 120 compuesta por datos de 4 diferentes fuentes: modelo de cuerpo negro (gris), ajuste polinomial (rojo), interpolación (azul) y fotometría (verde). En la parte inferior se observan los datos originales de Brown et. al 2018 para la misma galaxia.

De acuerdo con las gráficas de la figura 12, las 5 galaxias con SEDs más variadas y compuestas mayoritariamente por datos son: 3C 273, 3C 351, Mrk 231, Mrk 817 y PKS-1345+12. No obstante es necesario corroborar si estas SEDs pueden ser modeladas con AGNfitter, pues corresponden a espectros en lugar de datos fotométricos. Además, no cuentan con barras de error.

## 6. SEDs fotométricas en AGNfitter

Para ajustar las SEDs de Brown et al. (2018) en AGNfitter es necesario realizar las configuraciones necesarias. Los pasos a realizarse son:

- Revisar los instrumentos utilizados para realizar las mediciones fotométricas en cada una de las bandas y tomar nota de aquellos filtros que no se encuentren en el archivo **ALL\_FILTERS\_info.dat**. A continuación se buscan las funciones de transferencia de los filtros que desean agregarse y se verifica que las longitudes de onda de estos se encuentren en Angstroms. En este caso el filtro M1 se pasó de  $\mu\text{m}$  a  $\text{\AA}$  y en los filtros de SkyMapper se comentó la primera línea de cada archivo (filtros g, i, r, u, v y z).
- Añadir los filtros fotométricos que no estén en el archivo **ALL\_FILTERS\_info.dat**, en este caso fueron: *SWIFT\_W2*, *SWIFT\_M2*, *SWIFT\_W1*, *SWIFT\_U*, *SKY\_u*, *u*, *SKY\_v*, *SWIFT\_B*, *g*, *SKY\_g*, *SWIFT\_V*, *r*, *SKY\_r*, *i*, *SKY\_i*, *z*, *SKY\_z* y *M1*. Para esto es necesario configurar **filters['add\_filters']= True**, crear una lista con sus nombres en **ADDfilters['names']**, agregar los archivos de datos a la carpeta /models/FILTERS y crear una lista con los nombres de los archivos de datos en **ADDfilters['filenames']**; todo esto dentro del archivo **SETTINGS\_AGNfitter.py**.
- Correr el código con el comando completo: el archivo **RUN\_AGNfitter\_multi.py** seguido del **SETTINGS\_AGNfitter.py**.
- Remover la columna Name del archivo de datos de las SEDs (segunda columna).
- Configurar en el archivo **SETTINGS\_AGNfitter.py**, **filters['add\_filters']= False**, agregar los filtros fotométricos usados en la SED en las posiciones correspondientes a cada dato de la siguiente manera: [True, posición]. Además se configura: **cat['name'] = 0**, **cat['redshift'] = 1**, **cat['flux\_list'] = np.arange(3,127,3).tolist()** y **cat['fluxerr\_list'] = np.arange(4,128,3).tolist()**.
- Configurar los modelos, los PRIORS y estimaciones que desean usarse para realizar el ajuste de las SEDs dentro del archivo **SETTINGS\_AGNfitter.py**.



**Figura 12:** SEDs de las galaxias: (1) Mrk 876, (2) 3C 120, (3) 3C 273, (4) 3C 390.3, (5) 3C 351, (6) PKS-1345+12, (7) Mrk 231, (8) Ark 120, (9) PG 2349-014 y (10) Mrk 817.