

## Comparación de modelos físicos de emisión multi-onda de núcleos activos de galaxias a partir de su distribución espectral de energía

Laura N. Martínez-Ramírez<sup>1,\*</sup>, Gabriela Calistro Rivera<sup>2</sup>, Juan C. B. Pineda<sup>1</sup>, Luis A. Núñez<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física - Universidad Industrial de Santander, 680002 Bucaramanga-Colombia.

<sup>2</sup>European Southern Observatory, D-85748 Garching-Germany.

<sup>3</sup>Departamento de Física - Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Venezuela.

\*laura.martinez13@correo.uis.edu.co



# Contenido

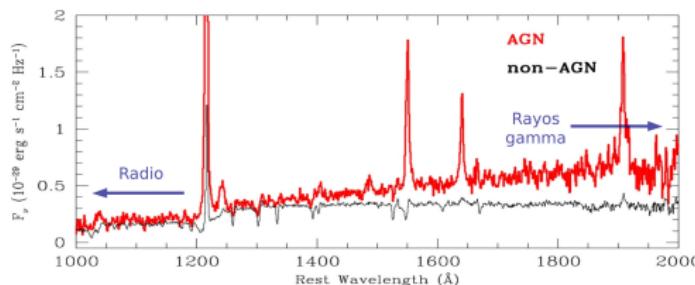
- 1 Planteamiento del problema**
- 2 Contribución a AGNfitter 2.0**
- 3 Resultados de los ajustes de SED**
- 4 Conclusiones**

## Pregunta de investigación

¿Cómo son afectadas las propiedades físicas inferidas de los AGN por los modelos físicos de emisión empleados para ajustar su distribución espectral de energía?

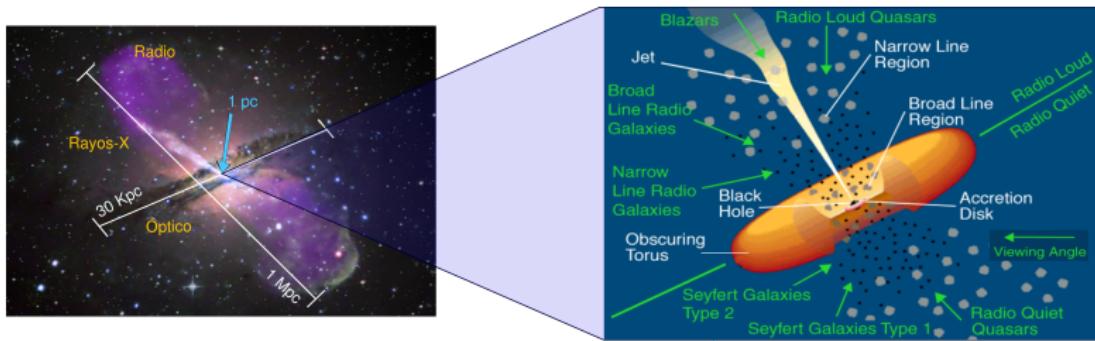
## Planteamiento del problema

## Galaxias activas



## ¿Por qué estudiar AGN?

- AGN feedback<sup>1</sup>.
  - Co-evolución con la galaxia anfitriona<sup>2</sup>.

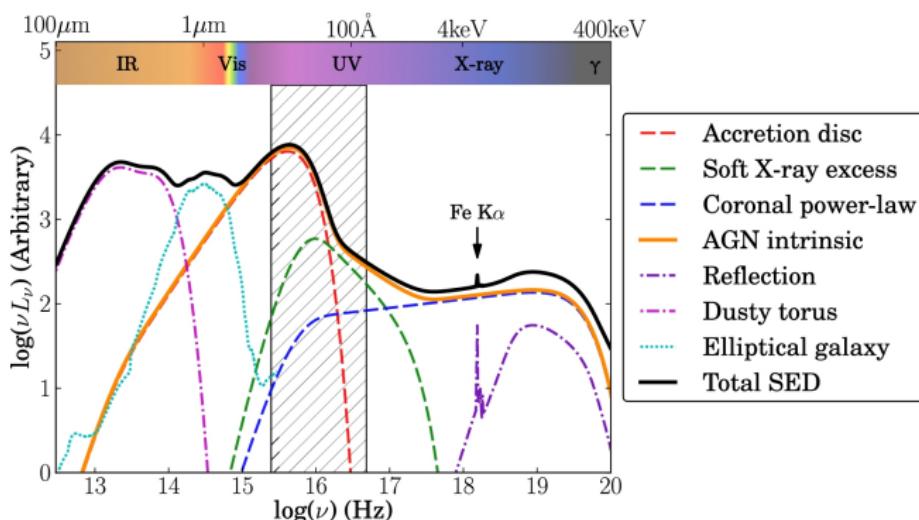


Editada de: Hainline, et al. (2011). *Astrophys. J.*, 733(1), 31, [https://apod.nasa.gov/apod/image/0801/cena\\_comp.jpg](https://apod.nasa.gov/apod/image/0801/cena_comp.jpg) y Urry, C & Padovani, P. (1995) *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 107(715), 803.

<sup>1</sup> Suresh, J., et al. (2015). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 448(1), 895-909.

<sup>2</sup>Kauffmann, G., et al. (2003). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 346(4), 1055-1077

## Distribución espectral de energía (SED)



SED típica de una galaxia activa. Tomada de: Collinson et al. (2016). Mon. Notices Royal Astron. Soc., stw2666.

## Componentes de emisión

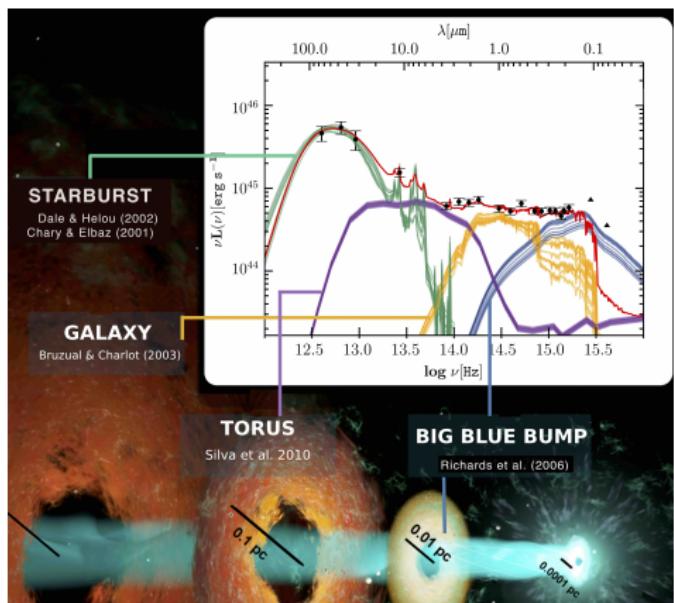
- Disco de acreción
  - Corona de gas caliente
  - Chorros relativistas
  - Población estelar
  - Polvo frío
  - Toro

## Ajuste de SED de galaxias activas

Permite inferir las propiedades físicas y los procesos de formación y evolución de las galaxias.

## Estado actual

- Inferencia bayesiana: CIGALE, MAGPHYS, BAYESED, BEAGLE, AGNfitter, etc.
  - SED poco detalladas y límitadas en frecuencia.
  - AGNfitter<sup>3</sup>: modelo del toro homogéneo es inconsistente<sup>4</sup>.



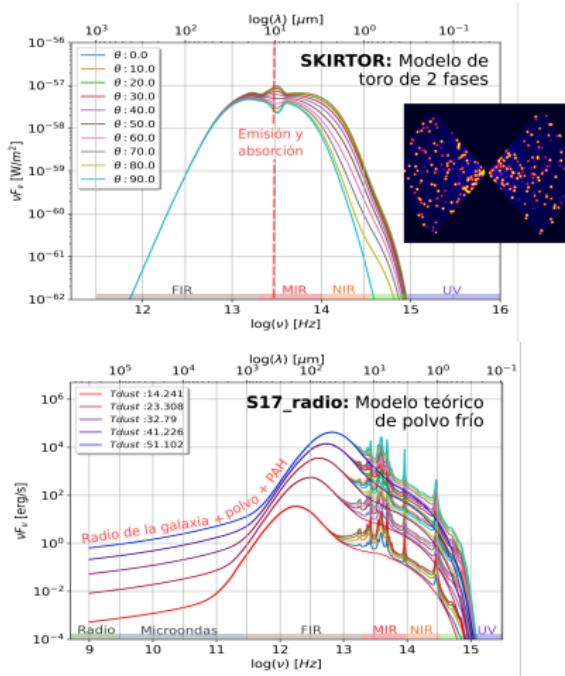
Tomado de: <http://www.eso.org/~gcalistr/>

<sup>3</sup>Rivera, G.C. et al.(2016). *Astrophys. J.*, 833(1), 98.

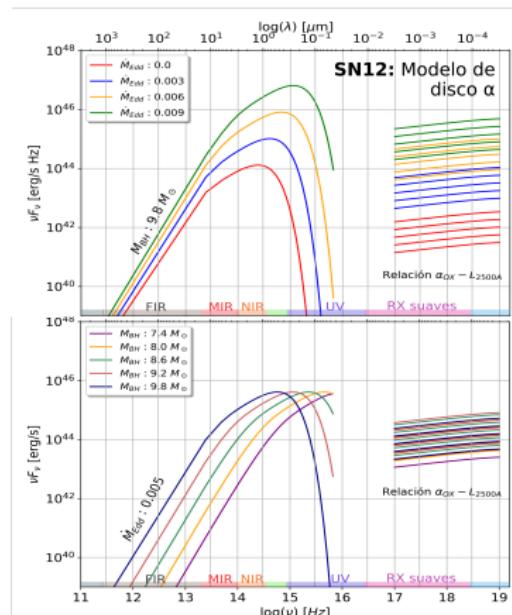
<sup>4</sup>Tanimoto, Atsushi. et al.(2019). *Astrophys. J.*, 877(2), 95.

## Contribución a AGNfitter 2.0

## Nuevos modelos y correlaciones empíricas



$$g_{\text{IR}} = \log(L_{\text{IR}} / 3.75 \times 10^{12} L_{\odot}) \quad g_{\text{IR}} = 2.64 \pm 0.26$$



**Correlación UV-rayos X**

$$\alpha_{\text{ox}} = -0.137 \log(L_{2500\text{\AA}}) + 2.638$$

$$\alpha_{\text{ox}} = -0.384 \log(L_{\text{H}\beta}/L_{\text{H}\alpha})$$

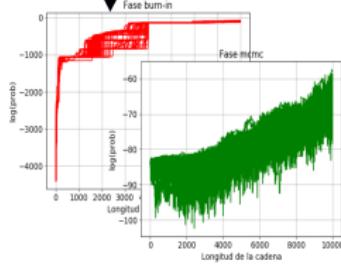
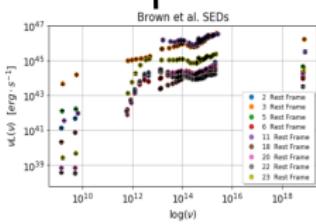
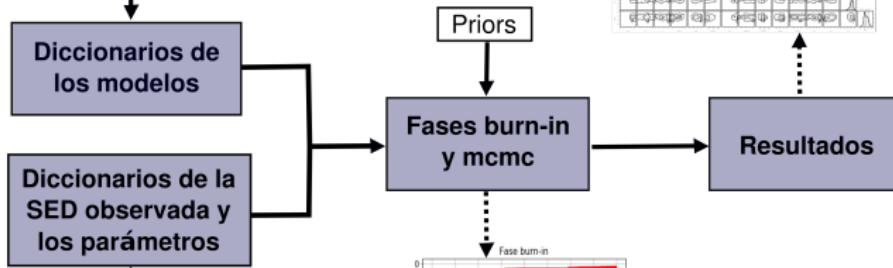
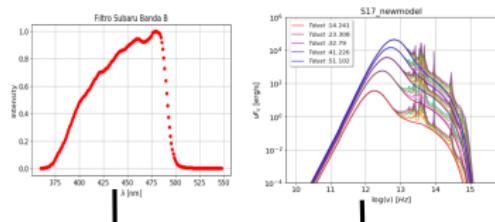
Modelos: SKIRTOR de Stalevski, M., et al. (2016). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 458(3), 2288-2302, S17\_radio de Schreiber, C., et al. (2018). Astron. Astrophys., 609, A30; y SN12 de Sline, O. & Netzer, H. (2012). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 426(1), 656-664.

# Parámetros de ajuste

Componente	Notación	Descripción	Rango
Galaxia	tau	Escala de tiempo de la SFH exponencial [G años]	[0.05, edad(z)]
	age	Edad de la galaxia [log años]	[7, edad(z)]
	metal	Metalicidad [ $Z_{\odot}$ ]	[0.2, 2]
	<b>EBVgal</b>	Parámetro de enrojecimiento	[0,1]
Polvo frío	GA	Parámetro de normalización	[-10, 10]
	Tdust	Temperatura del polvo frío [K]	[14.24, 42]
	fracPAH	Fracción de PAHs	[0, 0.05]
Toro	SB	Parámetro de normalización	[-10, 10]
	incl	Ángulo de inclinación del toro [°]	[0, 90]
	Nh	Densidad de columna del toro [log cm <sup>-2</sup> ]	[21, 25]
Disco de acreción	TO	Parámetro de normalización	[-10, 10]
	logBHmass	Masa del agujero negro [log $M_{\odot}$ ]	[7.4, 9.8]
	logEddra	Tasa de acreción de Eddington [log $M_{Edd}$ ]	[0, 0.011]
	<b>EBVbbb</b>	Parámetro de enrojecimiento	[0,1]
Rayos x	BB	Parámetro de normalización	[-10, 10]
	<b>alphaScat</b>	Dispersión en la correlación $\alpha_{ox} - L_{2500\text{\AA}}$	[-0.4, 0.4]
	<b>RAD</b>	Parámetro de normalización	[-20, 20]
Radio del AGN			

El valor edad (z) es la edad del Universo al tiempo de observación de acuerdo a la cosmología escogida. En este caso es el modelo  $\Lambda$ CDM con  $H_0 = 70 \text{ kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ ,  $\Omega_m = 0,3$  y  $\Omega_\Lambda = 0,7$ .

## Funcionamiento general de AGNfitter

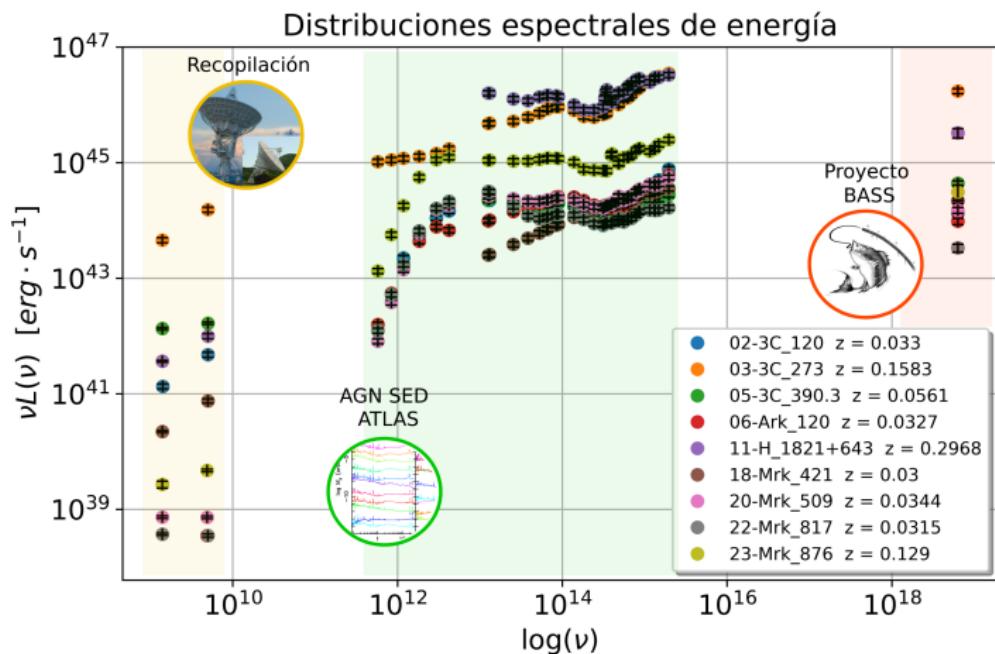


 AGNfitter  
disponible en:



## Resultados de los ajustes de SED

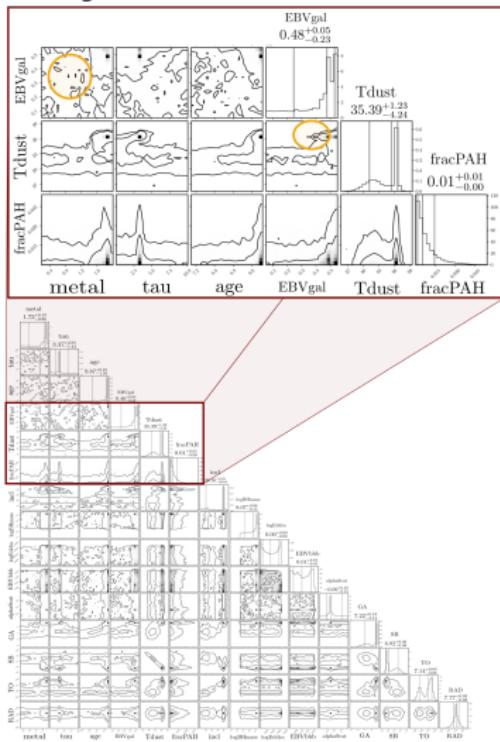
## Muestra de galaxias



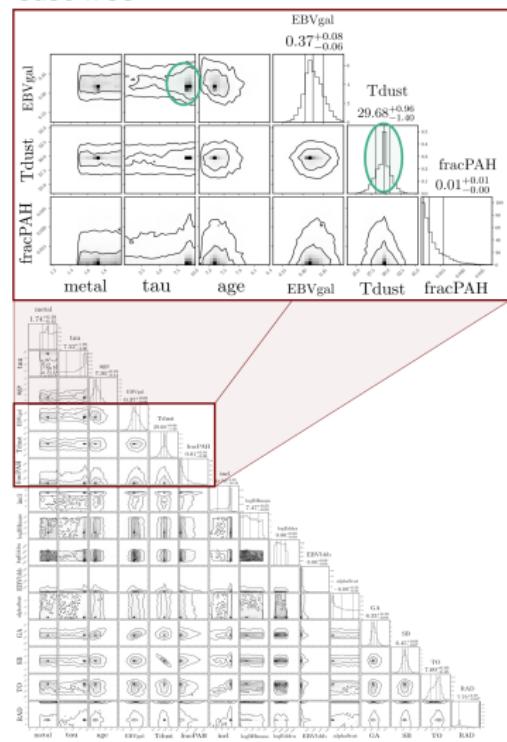
SED entre el FIR y el UV tomadas de Brown, M. et al. (2019). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 489(3), 3351-3367.  
 Disponible en <https://archive.stsci.edu/hlsp/agnsedatlas>.

## Efecto de los parámetros libres (Galaxia 3C 120)

### Caso *grid*



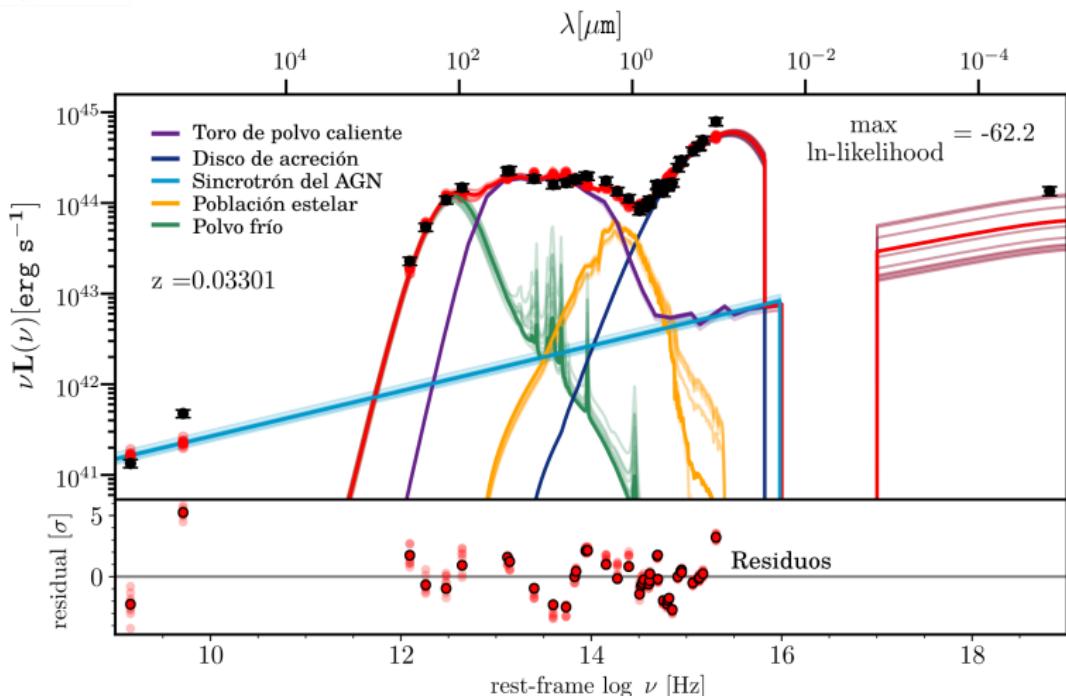
Caso free



# Resultados individuales: Galaxia 3C 120

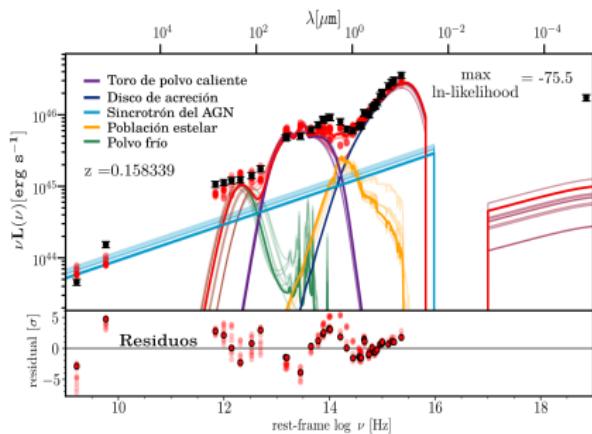


**Galaxia 3C 120:** Galaxia lenticular, Seyfert 1 y Fanaroff Riley I con jets.

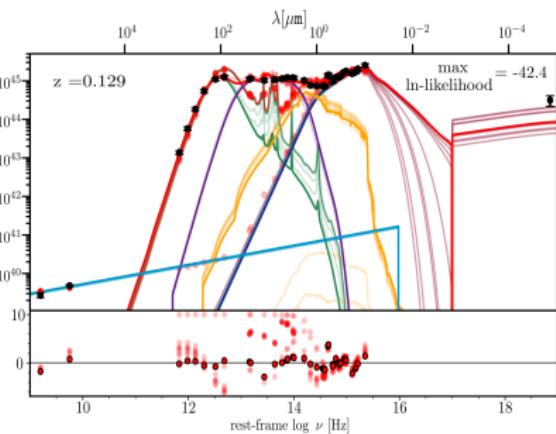


## Resultados individuales

## **Galaxia 3C 273: ULIRG, QSO con jets.**



## **Galaxia Mrk 876: Sy 1 con fusión reciente.**



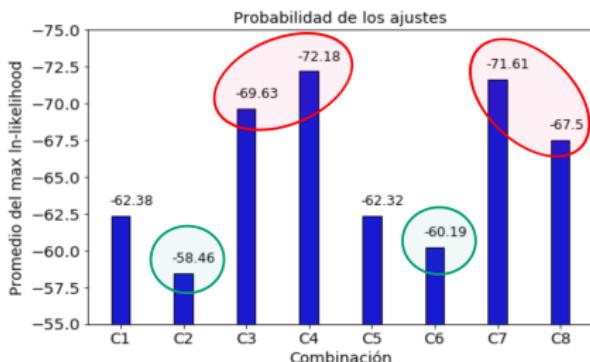
AGN tipo 1 diversos: 3 galaxias espirales, 2 elípticas y 1 lenticular.

Propiedades consistentes con las bases de datos.

7/9 SKIRTOR, 5/6 S17  
y 7/9 R06.

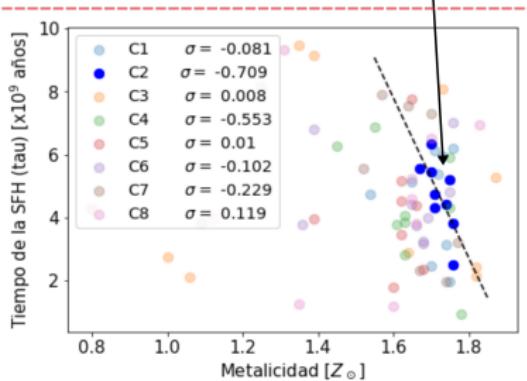
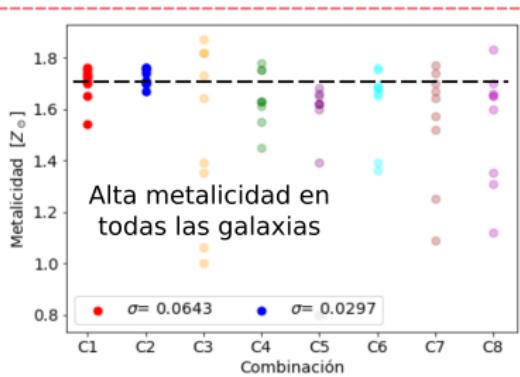
# Resultados globales: Tendencias

Gran mejoría  
con el modelo  
SKIRTOR

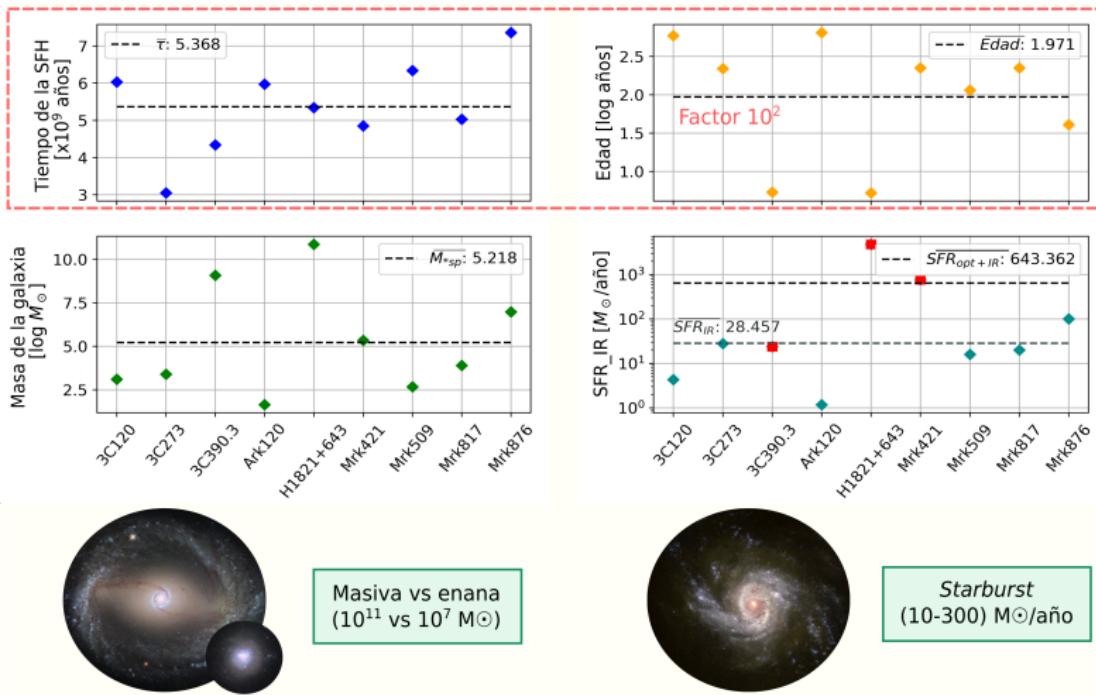


Modelo teórico SN12  
no logra reproducir  
del todo las SED

Decaimiento lento  
implicaría baja  
metallicidad



# Resultados globales: Diferencias en las propiedades



Imágenes tomadas de: <https://www.spacetelescope.org/images/heic1712a/> (izquierda) y <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA04229> (derecha).

## Conclusiones

## Conclusiones

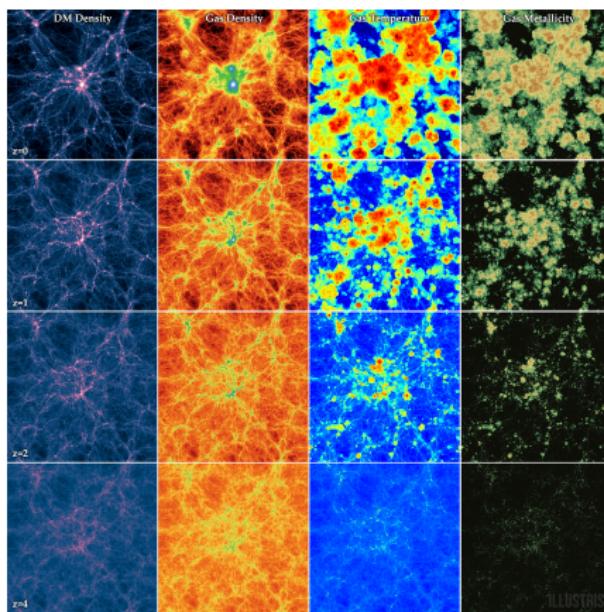
- Se estudió el efecto de los parámetros libres en el ajuste de SED, encontrándose una menor tendencia a la multiplicidad de máximos locales en las PDF.
- Se obtuvieron ajustes de SED de la muestra de galaxias consistentes con las propiedades de las bases de datos. Estos mostraron una preferencia de los datos por los modelos R06, SKIRTOR y S17\_newmodel.
- Se evidenció que el cambio de modelos puede maximizar la degeneración en los parámetros de la galaxia y dar lugar a una diferencia de  $10^5 M_{\odot}$  en la estimación de la masa estelar.

Además, fruto de este trabajo se consolidó una **nueva versión de AGNfitter** con nuevos modelos de emisión, correlaciones empíricas y con un cambio de estructura que permite explorar algunos parámetros de manera continua.

*¡Gracias por su atención!*

[laura.martinez13@correo.uis.edu.co](mailto:laura.martinez13@correo.uis.edu.co)

# AGN feedback



Tomada de: <https://www.illustris-project.org/media/>.

## Simulaciones cosmológicas

- Regulación de la formación estelar<sup>5</sup>.
- Calentamiento de gas en halos de masa (modo radio)<sup>6</sup>.
- Eyección de energía, masa y momento<sup>7</sup>.
- Enriquecimiento del IGM y CGM por eyección de metales<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Suresh, J., et al. (2015). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 448(1), 895-909.

<sup>6</sup>Sijacki, D., et al (2007). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 380(3), 877-900.

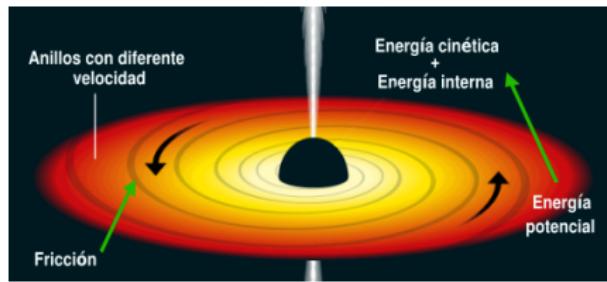
<sup>7</sup>Kauffmann, G., Nelson, D., Ménard, B., & Zhu, G. (2017). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 468(3), 3737-3745.

# Principales componentes de los AGN

## Disco de acreción

Conformado por gas en rotación cayendo en el agujero negro y emitiendo como cuerpo negro.

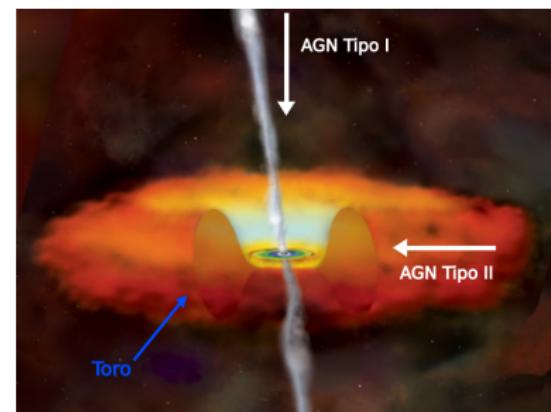
$$T(r) = \left( \frac{GM_{\bullet}\dot{m}}{8\pi\sigma_{\text{SB}}r^3} \right)^{1/4}$$



Editada de: <https://www.theguardian.com/science/2019/apr/10/black-hole-picture/-captured-for-first-time-in-space-breakthrough>

## Toro

Gas y polvo alrededor del disco de acreción que absorbe radiación en el óptico y UV re-emitiéndola en el IR.



Editada de: [http://research.iac.es/proyecto-consolider-ingeniоn-gtc/images/stories/Difusion/Reportajes/accretiondisk\\_torus.jpg](http://research.iac.es/proyecto-consolider-ingeniоn-gtc/images/stories/Difusion/Reportajes/accretiondisk_torus.jpg)

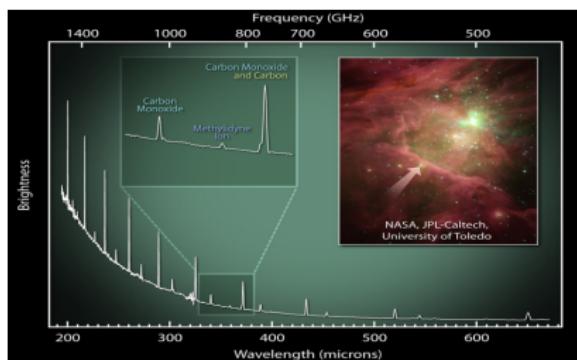
## Principales componentes de los AGN

## Galaxia anfitriona

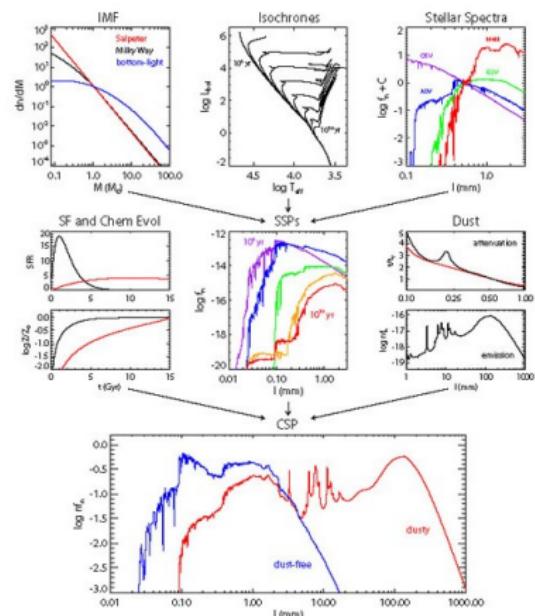
## Síntesis de población estelar.

## Regiones de formación estelar

Gas frío y denso <sup>8</sup>con emisión en MIR y FIR y líneas por colisión y recombinación.



Tomada de: <https://www.cosmos.esa.int/web/herschel/>  
first-spectroscopy



Tomada de: <https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept14/Conroy/Conroy2.html>

<sup>6</sup> Con temperaturas entre 10 [K] y 30 [K] y una densidad de  $10^4 \text{ cm}^{-3}$

# Algunas ecuaciones

## Líneas anchas (Ensanchamiento Doppler)

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta v}{c}$$

Tipicamente  $v \approx 1000 \text{ km/s}$ <sup>9</sup>.

## Profundidad óptica<sup>10</sup>

$$\tau_\nu = \int_0^z k_\nu \rho dz = \int_0^z \alpha_\nu dz = \sigma N$$

- $k_\nu$  [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ] es el coeficiente de absorción.
- $\rho$  [ $\text{g/cm}^3$ ] es la densidad de masa.
- $\alpha_\nu$  [ $1/\text{cm}$ ] es el coeficiente de absorción.
- $\sigma$  [ $\text{cm}^2$ ] es la sección transversal.
- $N$  [ $1/\text{cm}^2$ ] es la densidad de columna.

## Disco de acreción<sup>12</sup>

Pérdida de energía potencial:

$$\Delta E = \frac{GM_\bullet m}{r} - \frac{GM_\bullet m}{r + \Delta r} \approx \frac{GM_\bullet m}{r} \frac{\Delta r}{r}$$

Luminosidad emitida:

$$\Delta L = \frac{GM_\bullet \dot{m}}{2r^2} \Delta r = 4\pi r \Delta r \sigma_{\text{SB}} T^4(r)$$

Temperatura de anillos:

$$T(r) = \left( \frac{GM_\bullet \dot{m}}{8\pi\sigma_{\text{SB}} r^3} \right)^{1/4}$$

<sup>12</sup>Schneider, P. (2014). Extragalactic astronomy and cosmology: an introduction. Springer.

<sup>13</sup>Irwin, J. A. (2007). Astrophysics: decoding the cosmos. John Wiley & Sons.

# Algunas ecuaciones

## Líneas por colisión y recombinación

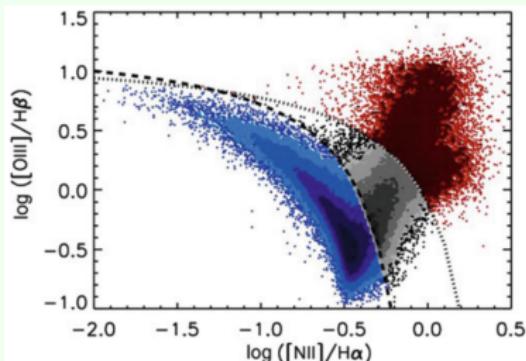


Diagrama BPT con fuentes de líneas de emisión: polvo frío (azul), AGN (rojas) y objetos compuestos (gris). Tomada de: <sup>14</sup>.

- Recombinación de átomos ionizados
- Desexcitación de átomos excitados por la colisión e interacción con fotones.

## Síntesis de población estelar

$$F_{\lambda}(t) = \int_0^t dt' \psi(t-t') S_{\lambda, Z(t-t')} (t')$$

- $\psi(t) = -\frac{dM_{\text{gas}}}{dt}$  es la tasa de formación estelar.
- $S_{\lambda, Z(t-t')}$  energía emitida por  $\lambda$  por intervalo de tiempo.
- $Z$  es la metalicidad.
- $t'$  es la edad de la galaxia.

## Modelo estándar

$$\psi(t) = \frac{H(t-t_f)}{\tau} \exp\left(-\frac{(t-t_f)}{\tau}\right)$$

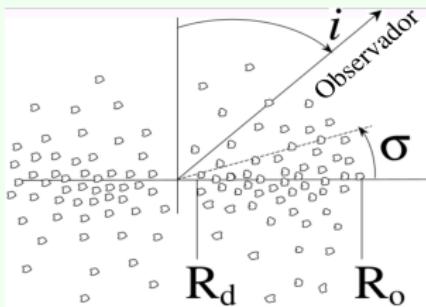
<sup>14</sup> Schneider, P. (2014). Extragalactic astronomy and cosmology: an introduction. Springer.

## Toro de polvo caliente

## Toro homogéneo

- Basado en SED de galaxias Seyfert.
  - Transferencia radiativa: GRASIL.
  - El único parámetro es  $N_H$ .

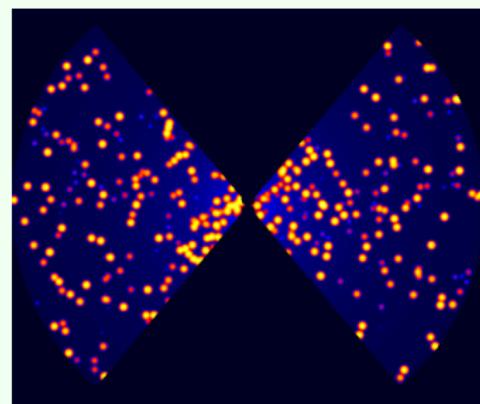
## Toro grumoso



Tomado de: Nenkova, M. et al. (2008). *Astrophys. J.*, 685(1), 160.

- ### ■ Parámetros: $Y$ , $\sigma$ , $q$ , $i$ , $N_0$ y $\tau_V$ .

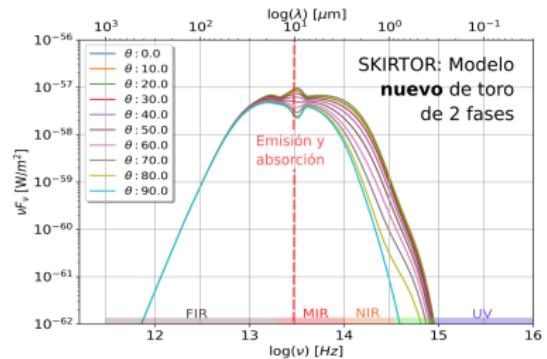
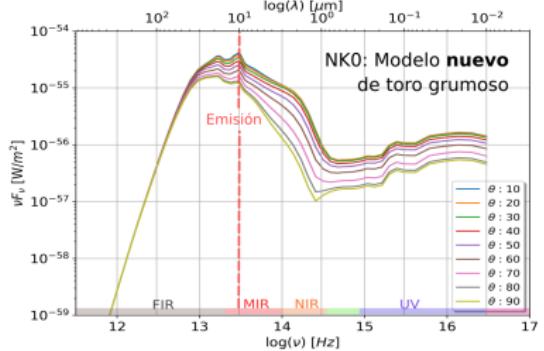
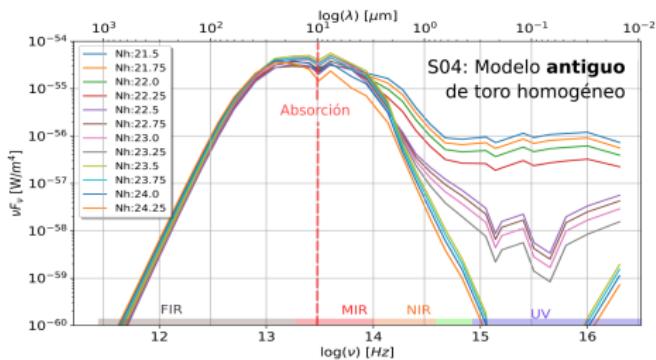
## Toro de 2 fases



Tomado de: Stalevski, M. et al. (2016). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 458(3), 2288-2302.

- Transferencia radiativa: SKIRT.
  - Parámetros:  $\tau_{9.7}$ ,  $p$ ,  $q$ ,  $\Delta$ ,  $R$  y  $i$ .

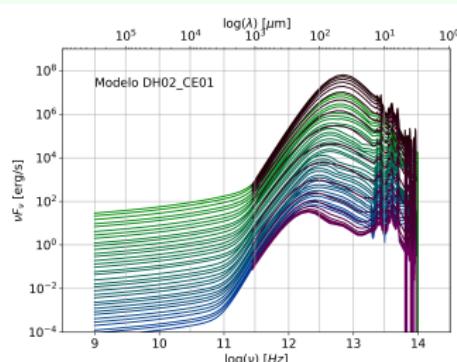
## Modelos de toro de polvo caliente



Modelo S04 de Silva, L., Maiolino, R., & Granato, G. L. (2004). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 355(3), 973-985; NK0 de Nenkova, M., et al. (2008). Astrophys. J., 685(1), 160 y SKIRTOR de Stalevski, M., et al. (2016). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 458(3), 2288-2302.

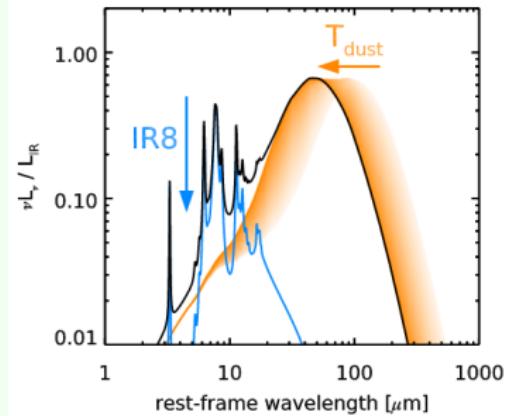
# Polvo frío de las regiones de formación estelar

## Modelo semiempírico



- Chary & Elbaz: SED de: Arp220 (ULIRG), NGC6090 (LIRG), M82 (*Starburst*) y M51 + ISOCAM.
- Dale & Helou: IRAS/ISO + SCUBA, ISOLWS, ISOPHOT Serendipity, y correlación FIR-radio.

## Modelo de 2 componentes



Tomado de: Schreiber, C. et al. (2018). *Astronomy & Astrophysics*, 609, A30.

- Emisión del polvo (continuo) y PAH.
- Parámetros:  $L_{\text{IR}}$ ,  $T_{\text{polvo}}$  y  $f_{\text{PAH}}$ .

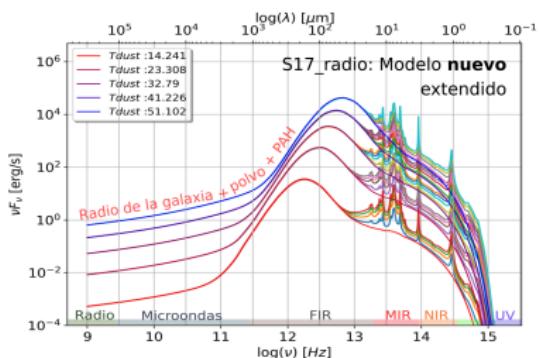
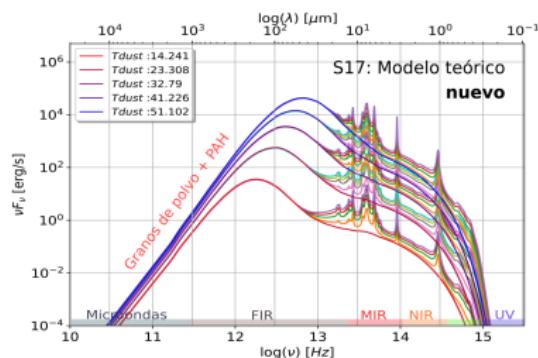
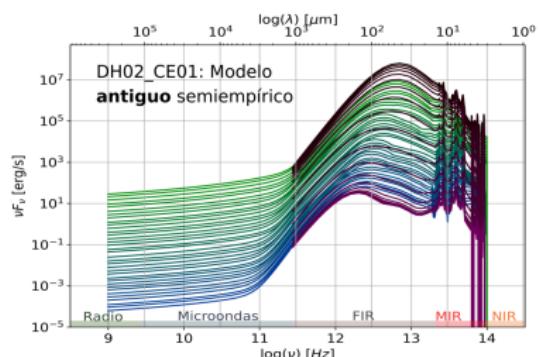
# Modelos de polvo frío de las regiones de formación estelar

## Correlación FIR-radio

$$q_{IR} = \log \left( \frac{L_{IR}}{3,75 \times 10^{12} L_{1,4\text{GHz}}} \right)$$

$$q_{IR} = 2,64 \pm 0,26$$

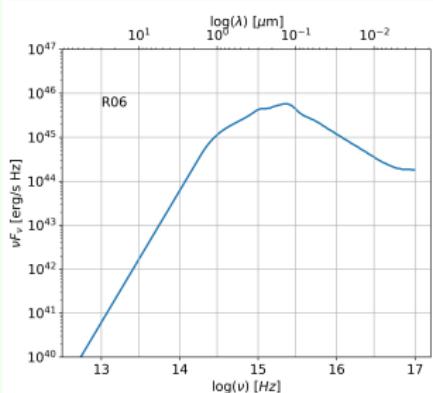
Sincrotrón + frenado:  $L_\nu \propto \nu^{-\alpha}$ .



Modelo DH02\_CE01 de Dale, D. A., & Helou, G. (2002). *Astrophys. J.*, 576(1), 159 y Chary, R., & Elbaz, D. (2001). *Astrophys. J.*, 556(2), 562. Modelo S17\_newmodel de Schreiber, C., et al. (2018). *Astron. Astrophys.*, 609, A30.

## Disco de acreción

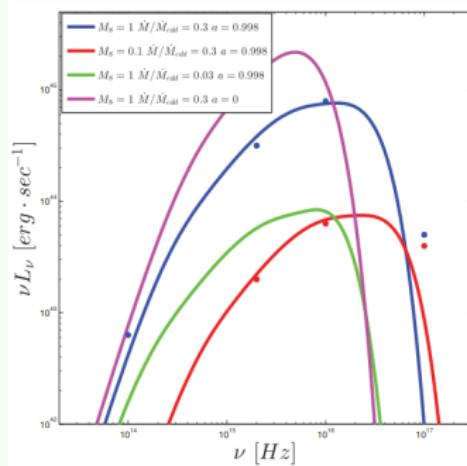
## Modelo semiempírico



Tomado de: Richards, G. et al. (2006). The Astronomical Journal, 131(6), 2766.

- Datos de QSO tipo 1 del SDSS.
  - SED truncadas en el NIR y para  $\lambda > 5 \mu m$  modeladas como un cuerpo negro.

## Modelo de disco $\alpha$ con viento



Tomado de: Slone, O., & Netzer, H. (2012). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 426(1), 656-664.

- Disco ópticamente grueso + vientos ( $\dot{M}$  variable) + correcciones relativistas.
  - Parámetros:  $M_{BH}$ ,  $\dot{M}$  y  $a$ .

# Modelos de disco de acreción y corona

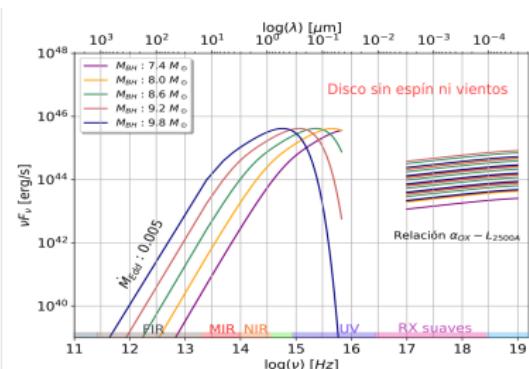
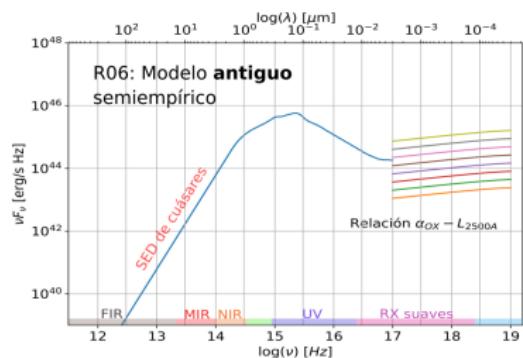
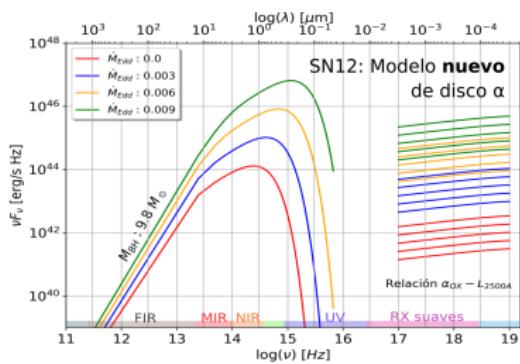
## Correlación UV-rayos X

$$\alpha_{ox} = -0,137 \log(L_{2500\text{\AA}}) + 2,638$$

$$\alpha_{ox} = -0,384 \log(L_{2500\text{\AA}}/L_{2\text{keV}})$$

Dispersión inversa de Compton

$$L_\nu \propto E^{-\Gamma+1} \exp(-E/E_{corte})$$



Modelo R06 de Richards, G. T., et al. (2006). Astron. J., 131(6), 2766. y SN12 de Slone, O., & Netzer, H. (2012). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 426(1), 656-664.

Estadística bayesiana y Cadenas Markov de Monte Carlo

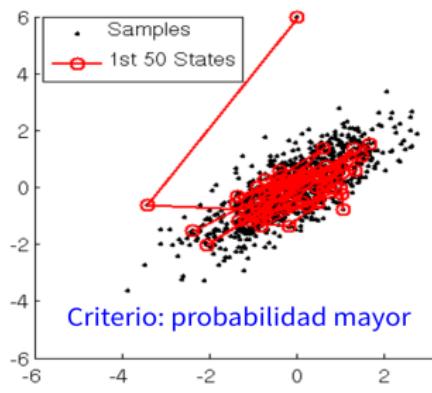
## Teorema de Bayes

$$P(\vec{p} | \text{datos}) = \frac{P(\text{ datos} | \vec{p}) P(\vec{p})}{P(\text{ datos})} \quad \begin{matrix} \text{Prior} \\ \text{Evidencia} \end{matrix}$$

## Función de verosimilitud

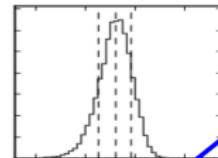
$$\mathcal{L}(\text{datos}, \vec{\rho}) \propto \prod_{i=0}^n \exp \left[ -\frac{[\text{datos}_i - f(\vec{\rho}|\nu)]^2}{2\sigma_i^2} \right]$$

## Caminata en el espacio de parámetros

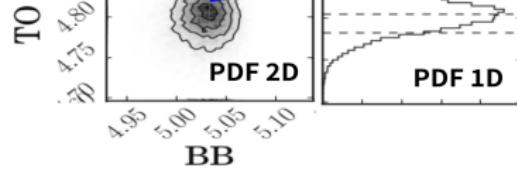


## Criterio: probabilidad mayor

$$P(\rho_i) = \int d\rho_1 \dots d\rho_k P(\vec{\rho} | datos)$$



## Intervalos de confianza



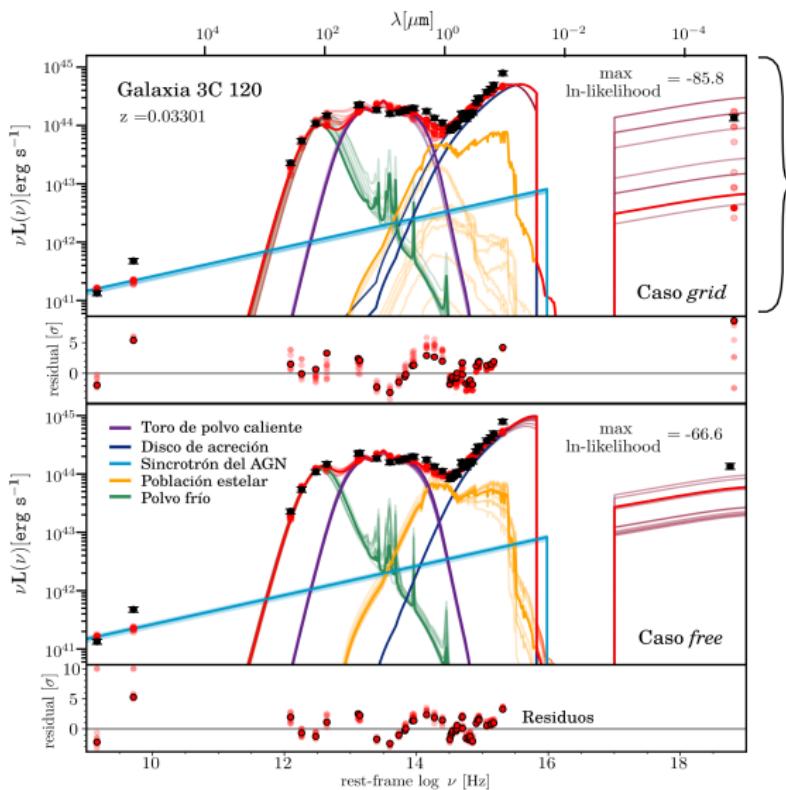
# Datos de Brown

Nombre	Coordinadas (J2000)		<i>z</i>	<i>m<sub>g</sub></i>	<i>M<sub>g</sub></i>	E(B-V) (mag)	Aper. foto.	Clase de AGN	Rango de escala
3C 120	68.2962	5.3543	0.0330	13.5	-21.8	0.36	10''	S1.5	1.0-1.7
3C 273	187.2779	2.0524	0.1583	12.8	-26.4	0.03	10''	S1.0	0.9-1.2
3C 390.3	280.5375	79.7714	0.0561	14.9	-21.7	0.09	10''	S1.5	0.5-25
Ark120	79.0475	-0.1498	0.0327	13.6	-22.1	0.12	10''	S1.0	0.8-4.0
H 1821 + 643	275.4888	64.3434	0.2968	14.2	-26.6	0.05	10''	S1.2	1.0-1.2
Mrk 421	166.1138	38.2088	0.0300	13.4	-22.3	0.02	10''	HP	1.0-2.9
Mrk 509	311.0406	-10.7235	0.0344	13.2	-22.3	0.06	15''	S1.5	1.0-1.2
Mrk 817	219.0919	58.7943	0.0315	14.3	-21.4	0.01	10''	S1.5	0.6-1.2
Mrk 876	243.4882	65.7193	0.1290	14.6	-23.9	0.03	20''	S1.0	0.6-1.5

Propiedades de la muestra de galaxias: nombre, ascensión recta y declinación en el año juliano 2000 en coordenadas ecuatoriales, *redshift*, magnitudes aparente y absoluta en la banda g, el exceso de color en las bandas azul y visual, diámetro de la apertura circular, tipo de AGN y rango de escala en la normalización de sus datos fotométricos. Brown, M. et al. (2019).Mon. Notices Royal Astron. Soc., 489(3), 3351-3367.

Los datos fotométricos corresponden a imágenes tomadas con: GALEX , Swift , SDSS, PanSTARRS, Skymapper, 2MASS, WISE, IRAC, SPIRE y PACS usando aperturas circulares con los diámetros dados en la tabla.

# Ajustes de SED en configuración *grid* y *free*



## Propiedades inferidas

- Población estelar 300 veces más vieja.
- SFR 200 veces mayor y decae el doble de rápido.
- Galaxia 6 veces más masiva.
- Agujero negro 4 veces más masivo.

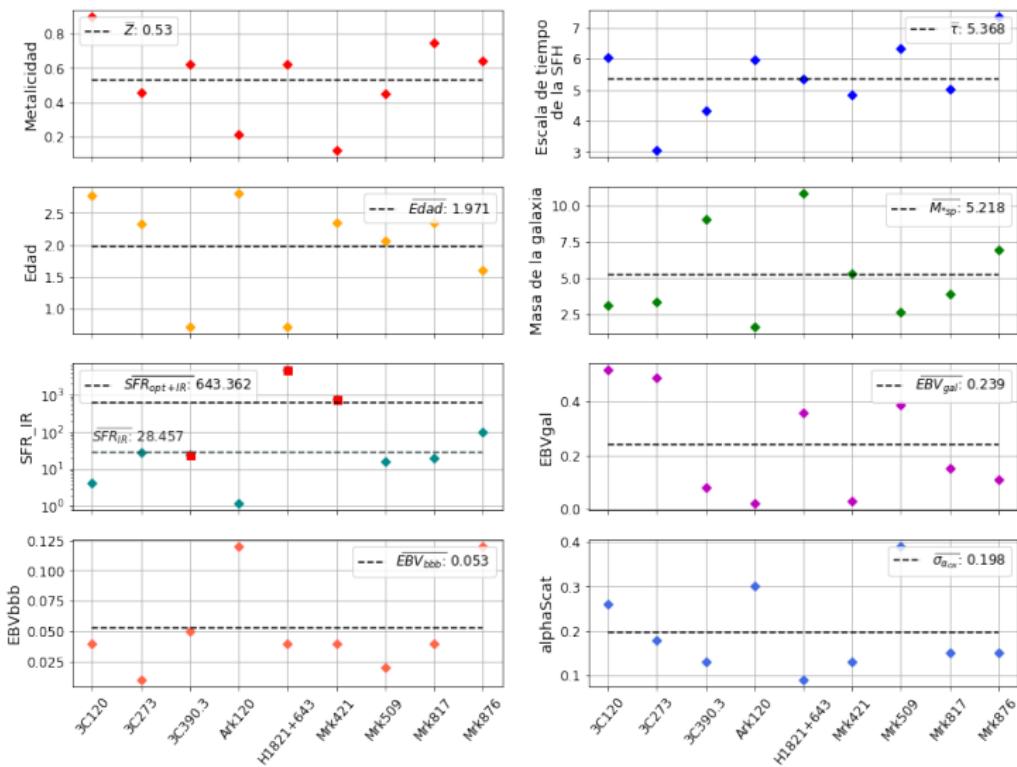
# Parámetros de los mejores ajustes

Galaxia	Máx In-likelihood	metal	tau	age	EBVgal	EBVbbb	alpha	$\log(M_{*sp})$	$SFR_{opt/UV}$	$SFR_{IR}$
3C 120	-62.2	1.70	7.31	9.85	0.57	0.04	0.10	10.4631	3.2462	5.8718
3C 273	-75.5	1.65	5.26	7.52	0.54	0.00	-0.01	10.7639	1974.6185	52.1267
3C 390.3	-36.1	1.67	5.55	9.07	0.55	0.01	0.04	5.3835	0.0004	-
Ark120	-51.8	1.69	4.00	9.79	0.58	0.00	-0.03	9.4104	0.2532	3.8367
H1821+643	-57.1	1.62	4.52	8.09	0.46	0.01	-0.01	5.0696	0.0016	-
Mrk421	-60.6	1.75	4.81	7.21	0.57	0.03	0.00	9.1714	82.9202	-
Mrk509	-27.4	1.76	7.01	7.43	0.59	0.00	-0.06	8.8546	28.3679	16.0447
Mrk817	-44.9	1.75	5.21	7.77	0.55	0.02	-0.02	7.0769	0.2889	14.8249
Mrk876	-42.4	1.65	4.43	7.55	0.56	0.01	0.00	9.8820	274.6658	101.1682

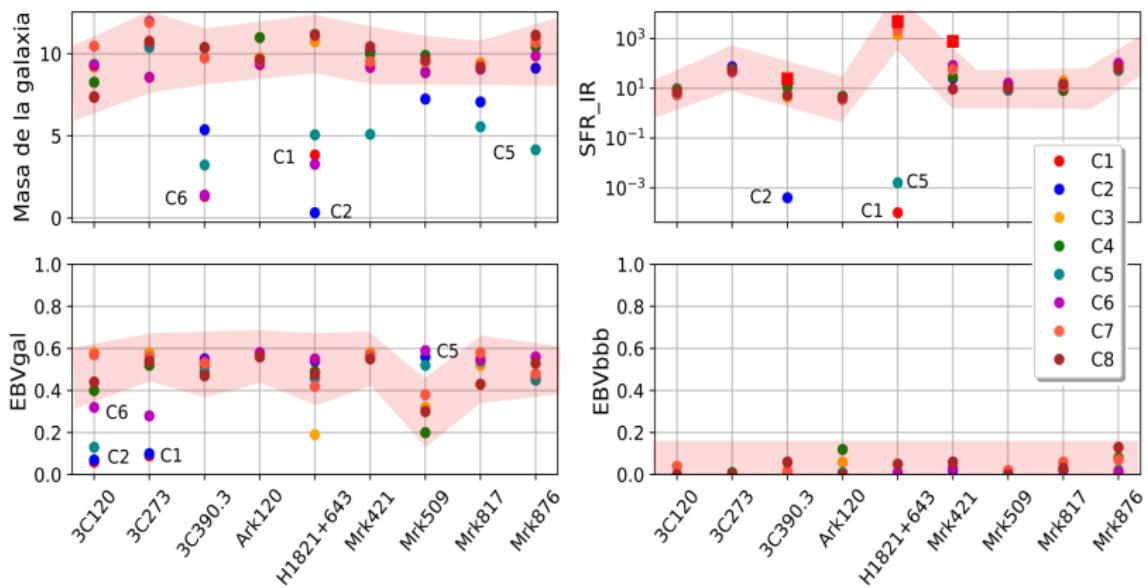
Cuadro: Parámetros del mejor ajuste de SED para cada galaxia de la muestra.

Las propiedades  $\log(M_{*sp})$ ,  $SFR_{opt/UV}$  y  $SFR_{IR}$  son productos calculados a partir de los parámetros de ajuste de la emisión de la galaxia (los dos primeros) y de la luminosidad en el IR (el último).

# Diferencias promedio



# Propiedades modelo dependientes



Estas gráficas indican modelo-dependencia para las combinaciones **C1**, **C2**, **C5** y **C6** solo para algunas galaxias. Estas combinaciones tienen en común el antiguo modelo de disco de acreción.

# Propiedades de la galaxia

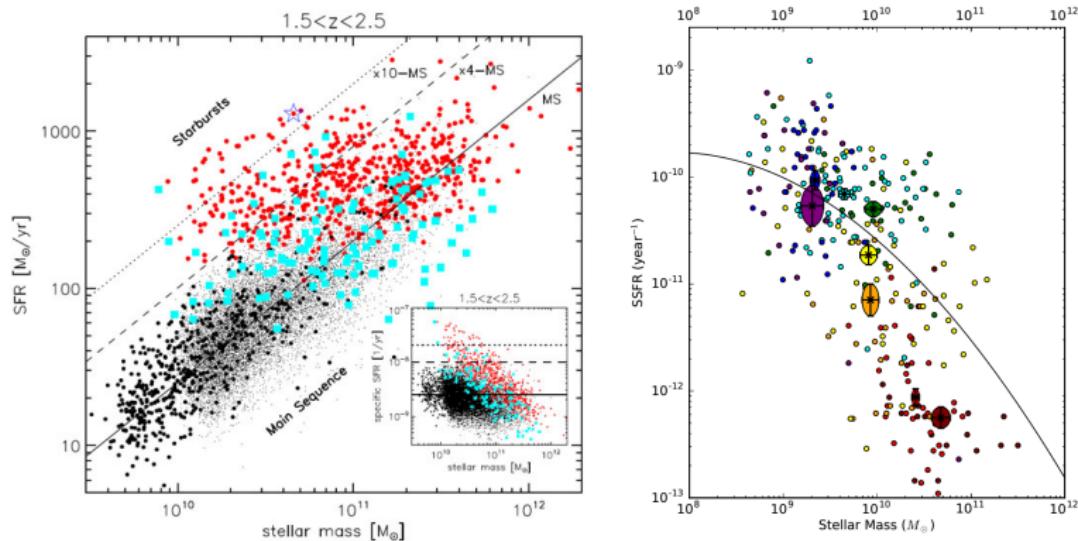


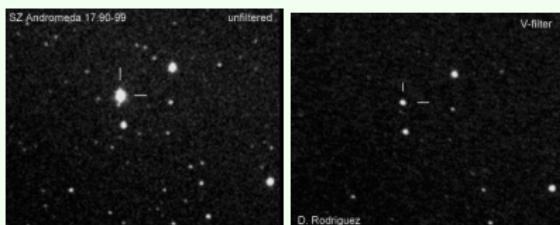
Diagrama de la tasa de formación estelar contra la masa estelar de la galaxia en  $1,5 < z < 2,5$  (izquierda).

Tomada de: <https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept13/Silk/Silk10.html> Gráfico de la tasa de formación estelar específica contra la masa estelar de la galaxia (derecha). Tomada de: Eales, S., et al. (2016). Mon. Notices Royal Astron. Soc., 465(3), 3125-3133.

# Fotometría vs Espectroscopía

## Fotometría

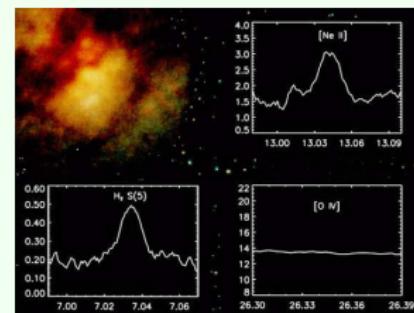
- Usa el brillo o flujo total de la radiación electromagnética.
- Presenta una buena relación señal a ruido.
- Permite obtener el espectro de numerosas fuentes al tiempo.
- Se usan CCD + filtros



Tomado de: <http://www.astro-digital.com/7/fotometria.html>

## Espectroscopía

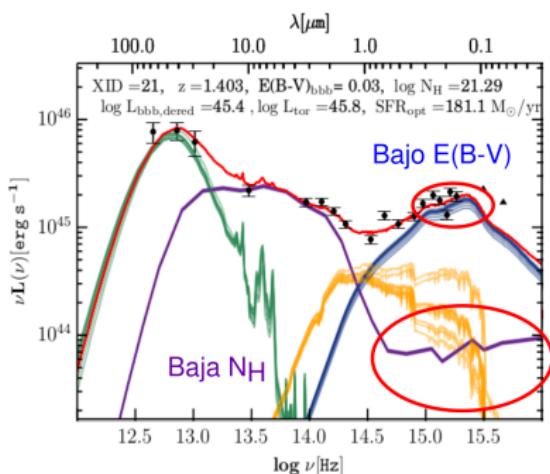
- Dispersa la luz en diferentes longitudes de onda.
- Presenta buena resolución espectral.
- Difícil obtener el espectro de varias fuentes al tiempo.
- Se usan elementos dispersivos.



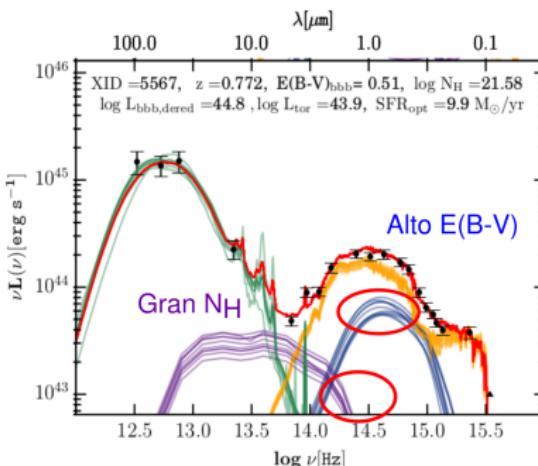
Tomado de: <http://www.astronomiadecampo.com/analizando-la-luz-de-los-astros/>

# AGN tipo I y II

## AGN tipo I



## AGN tipo II



- Alta emisión del disco de acreción
- Poca contribución de la galaxia

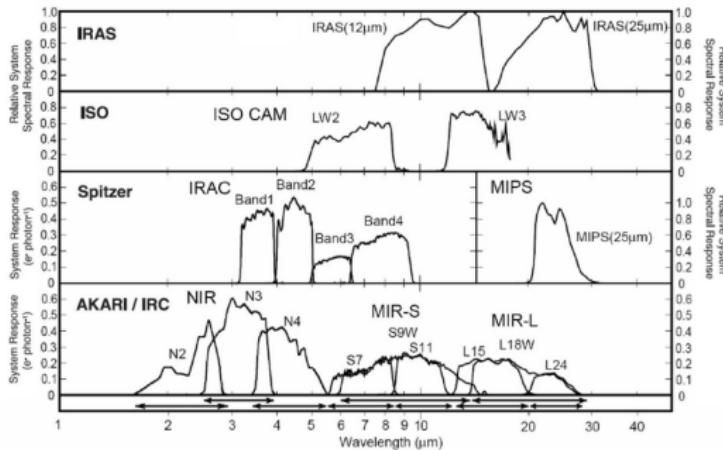
- Poca emisión del disco de acreción
- Alta contribución de la galaxia

Editado de: Rivera, G. C. et al. (2016). *Astrophys. J.*, 833(1), 98.

# Sistemas fotométricos

Flujo teórico a partir de los modelos físicos de emisión ( $F_\lambda$ ) y las características del telescopio (función de transferencia  $S(\lambda)$ ):

$$F_S = \frac{\int F_\lambda S(\lambda) d\lambda}{\int S(\lambda) d\lambda} .$$



Funciones de transferencia para algunos telescopios conocidos y sus respectivos filtros en el rango del infrarrojo.  
Tomada de: Matsuhara, H et al.(2006). Deep extragalactic surveys around the ecliptic poles with AKARI (ASTRO-F).