



Núcleos Galácticos Activos (AGNs)

1ra clase



Contenido

- Repaso
- Historia y primera detección
- Similitudes físicas
- Modelo de Unificación
- Tipos de AGNs y clasificación
- AGNs y rayos gamma

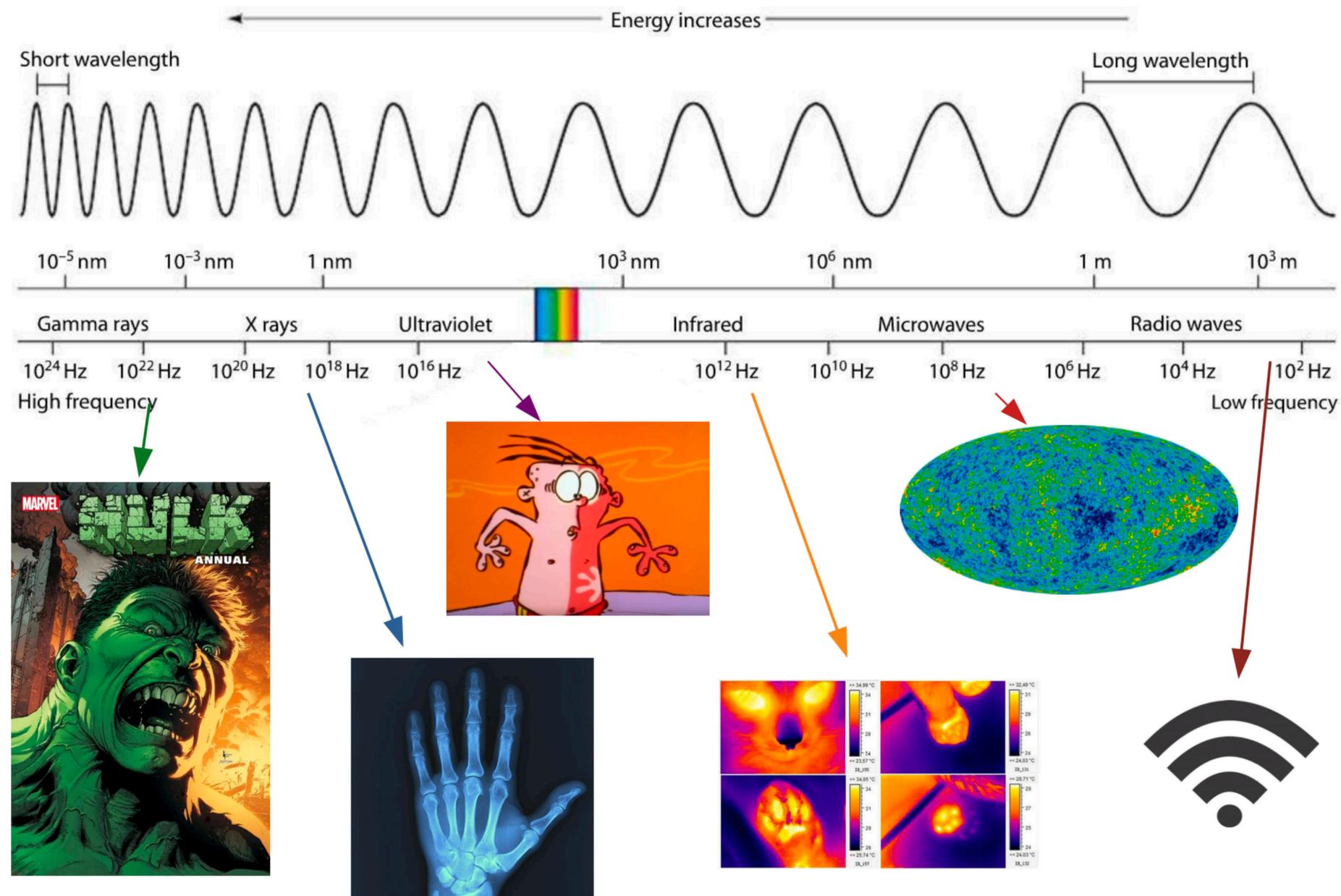


Imagen artística

Repaso

Espectro electromagnético

- Puede estar representado por frecuencia, energía o longitud de onda.



$$E = h\nu$$

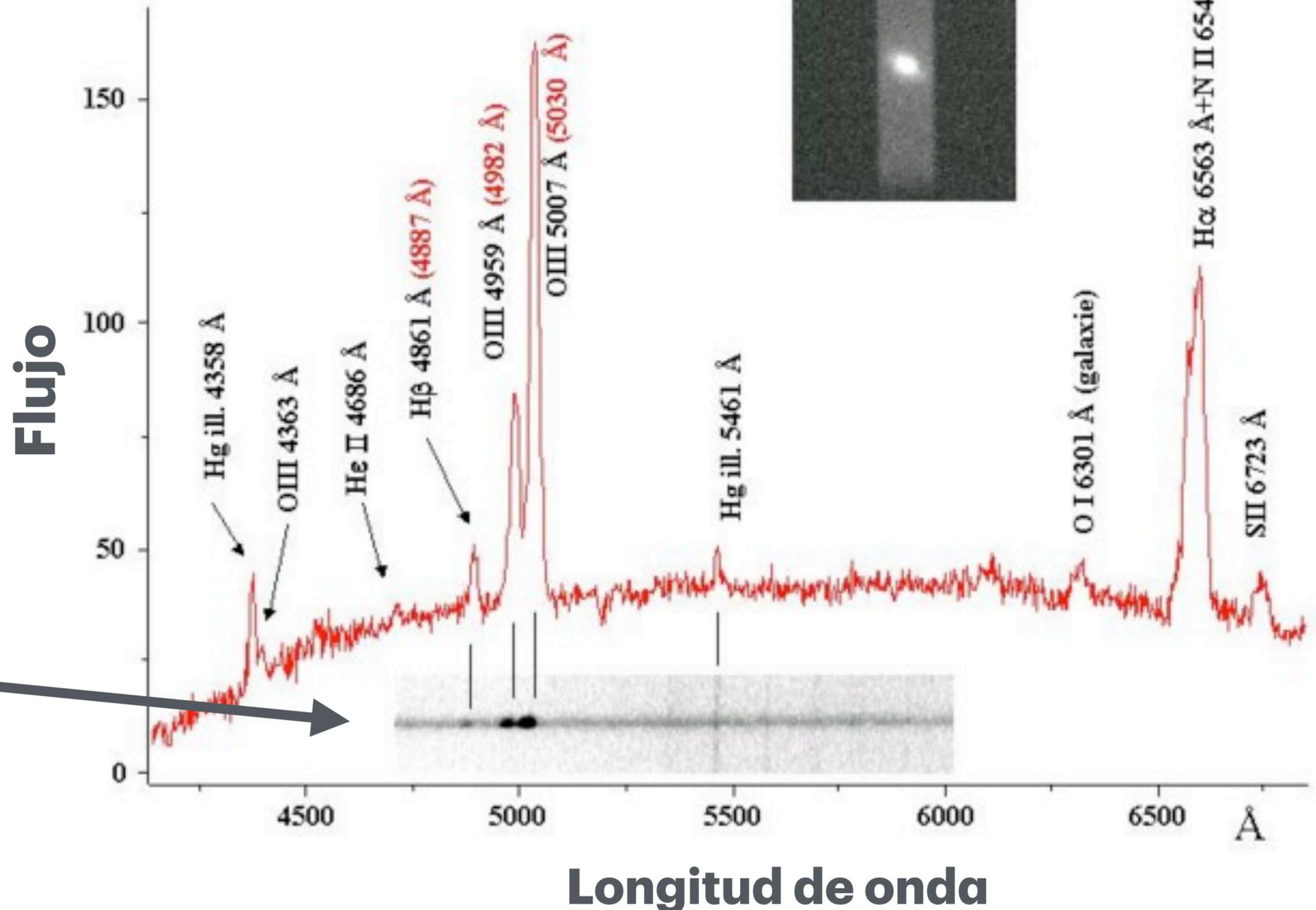
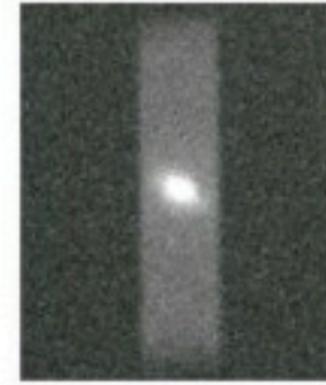
$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Repaso

El espectro de una fuente

- Gráfico del flujo de una fuente respecto a su energía, frecuencia o longitud de onda.
- El espectro puede ser de emisión, de absorción o continuo.
- Se puede representar como un gráfico y como una barra.

Galassia di Seyfert M77 (NGC 1068)



Historia

Carl K. Seyfert: descubrió los AGNs!

Los AGNs son Núcleos Galácticos Activos (Active Galactic Nuclei)

- En 1943 Carl Keenan Seyfert observó 6 galaxias con núcleos muy luminosos y con espectros no característicos de galaxias “normales”.

TABLE 1*
EMISSION SPIRALS OBSERVED

NGC	1950		TYPE	m_{total}	$m_{nucl.}$	SPECT.	MODULUS	No. OF PLATES
	R.A.	Dec.						
1068.....	2 ^h 40.1	− 0° 14	Sb	10.0	13.0	G3	26 ^m 0	17
1275.....	3 15.6	+41 18	E:	13.0	15.5	G3	30.0	4
3516.....	11 3.4	+72 50	Sa	12.2	13.7	G2:	28.5	6
4051.....	12 0.6	+44 48	Sb	11.7	14.0	G2	26.0	4
4151.....	12 8.0	+39 41	Sb	11.2	12.0	G2	26.0	12
7469.....	23 0.7	+ 8 36	Sa	13.0	14.3:	G0:	29.8	2

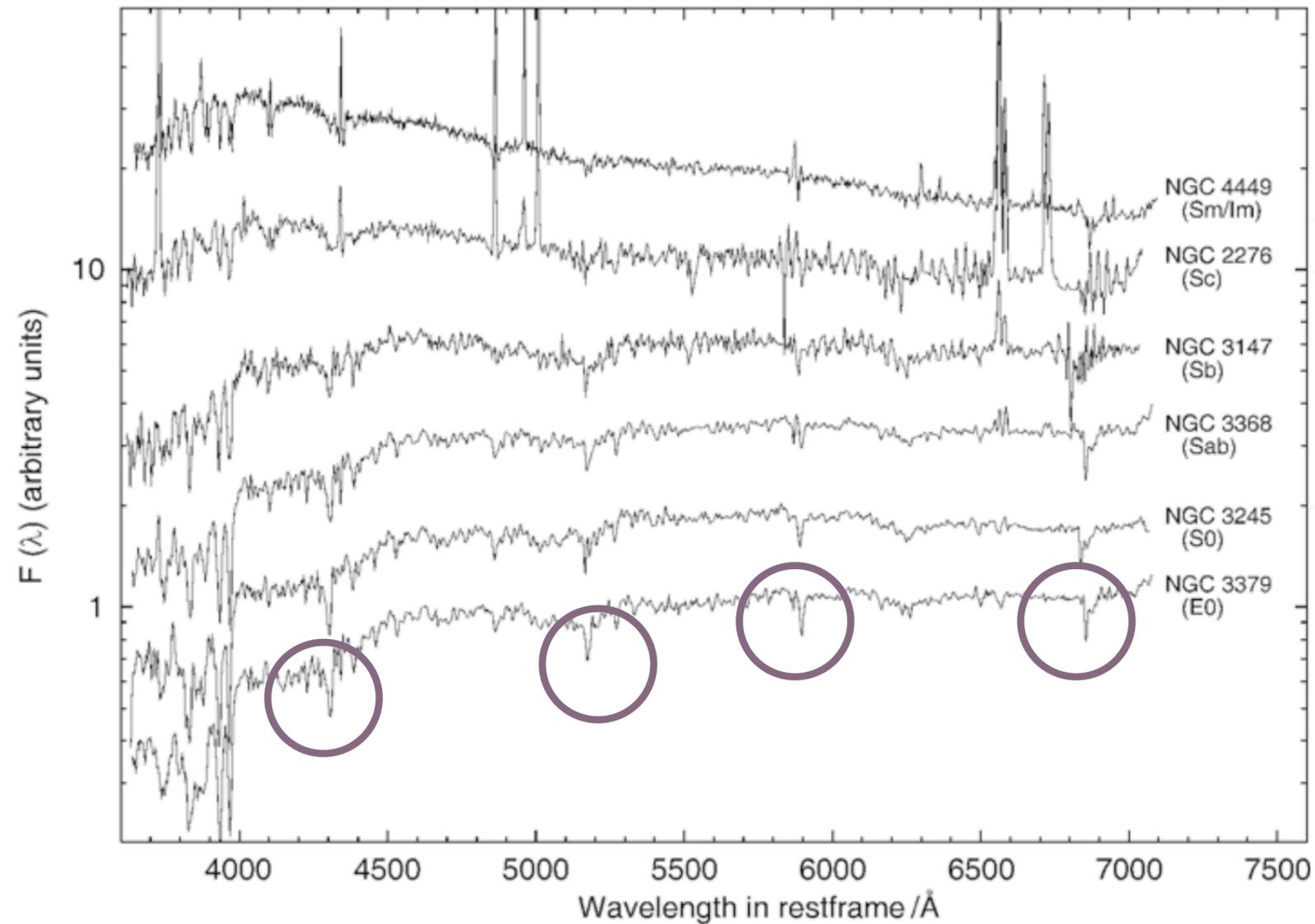
* The total apparent photographic magnitudes are from the *Shapley-Ames Catalogue of External Galaxies* (*Harv. Ann.*, 88, 43, 1932). The apparent magnitudes (photographic) of the nuclei were estimated from short-exposure plates, taken in series with selected areas. The distance moduli are new determinations derived from magnitudes of resolved stars in the arms (NGC 1068), radial velocity (NGC 1068, 3516, 7469), or from association with recognized clusters or groups (NGC 1275, 4051, 4151). The plates used for determinations of nuclear magnitudes and most of the data for computing the distance moduli were supplied by E. P. Hubble. The spectral types were determined by M. L. Humason.



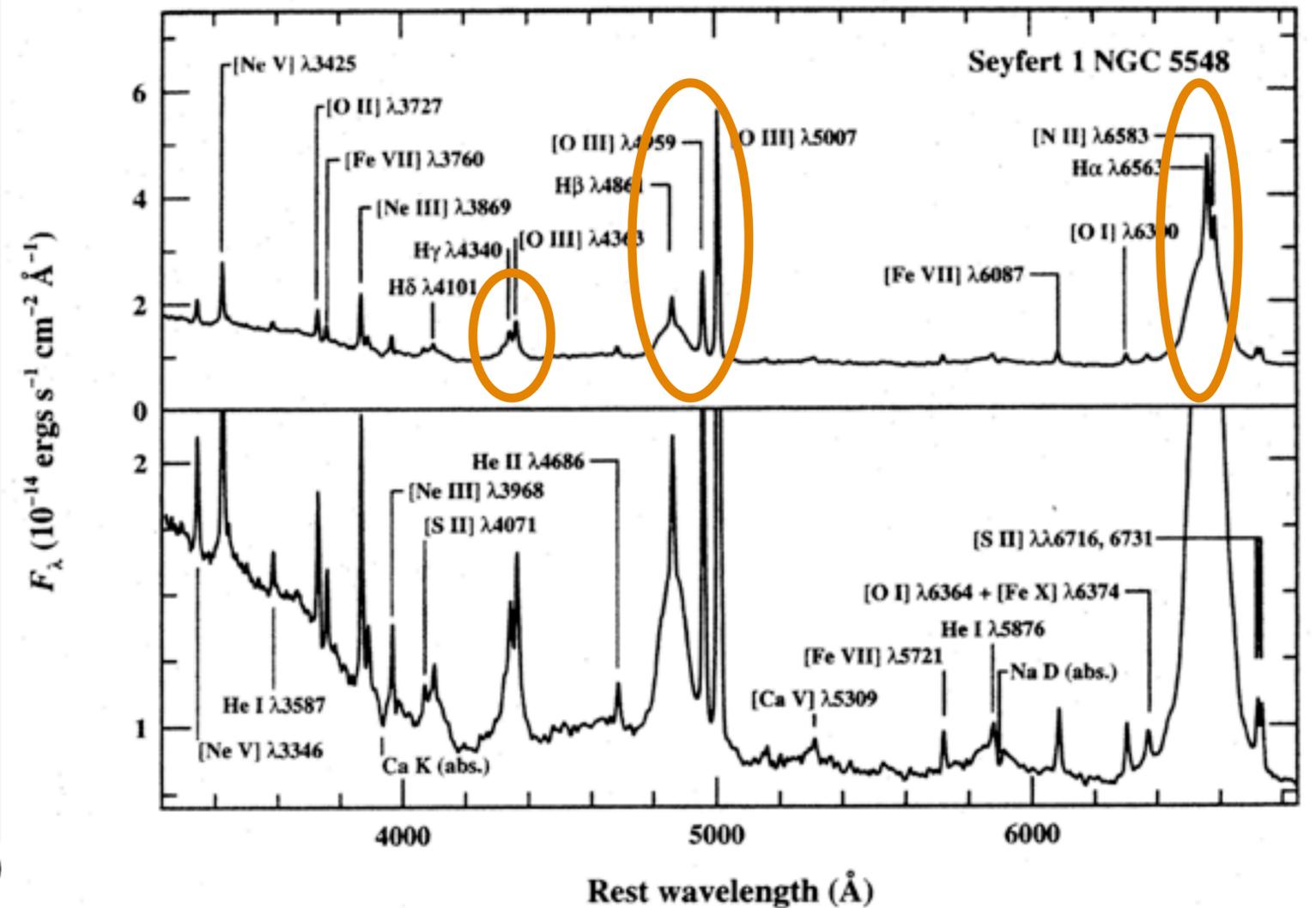
Seyfert, C.K. Nuclear Emission in Spiral Nebulae. *Astrophys. J.* 1943, 97, 28–40.

Historia

El espectro de las galaxias observadas presentaban líneas anchas de emisión, lo cual no era lo usual.



Espectro de 6 galaxias de diferentes tipos, ordenadas acorde a la secuencia de Hubble. R. Kennicutt 1992, APJs 79, 255.



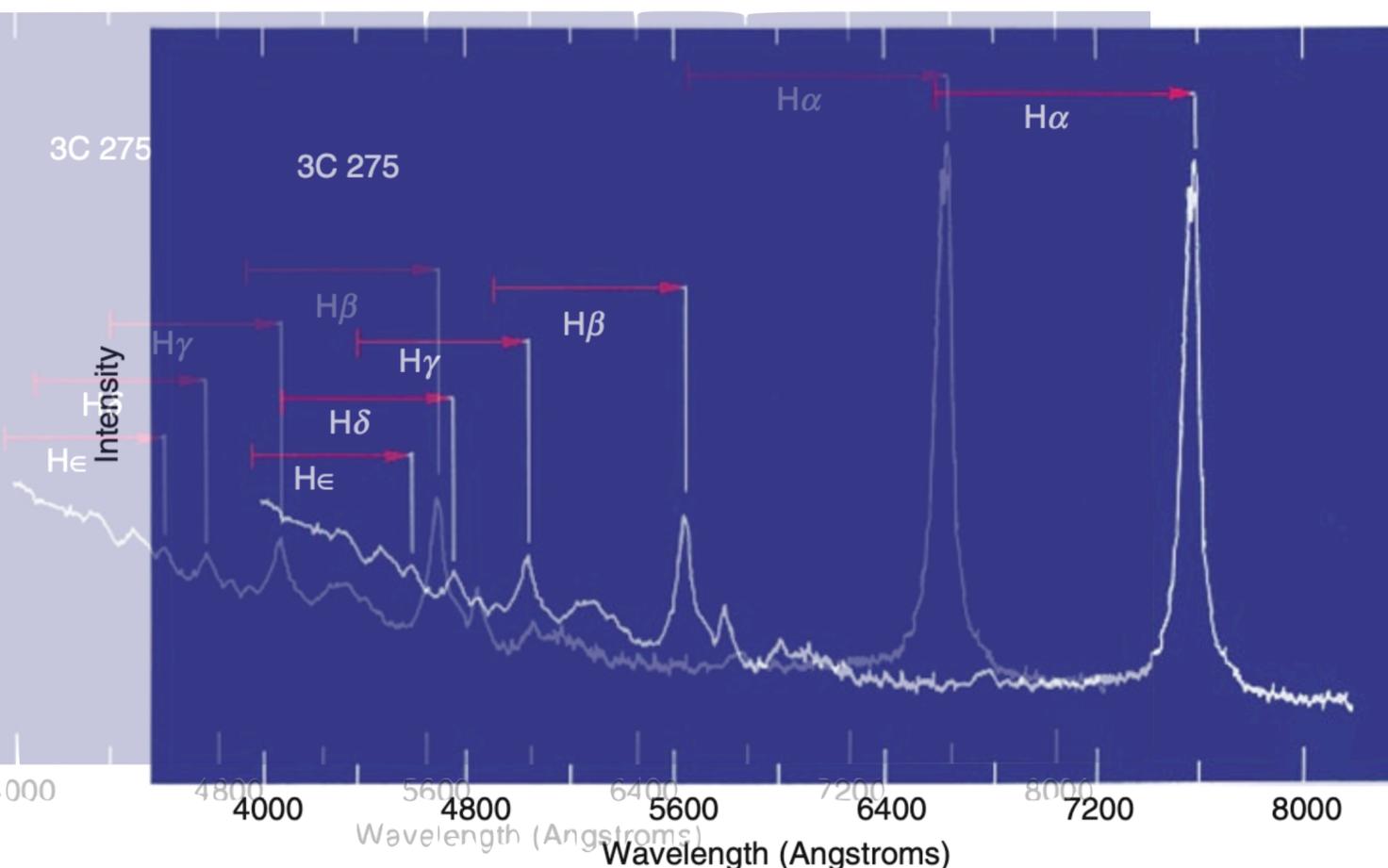
Espectro óptico de la radiogalaxia NGC 5548. Astronomical glossary, Caltech.

Historia

Los AGNs observados como fuentes variables en los años 60s.

- Fuentes observadas en radio y en óptico mostraban variabilidad de flujo en escalas de meses. Su espectro se componía de líneas de emisión anchas desconocidas.
- Se les veía como objetos puntuales, sin ninguna forma ni estructura por lo que se les llamo:

QUASI STELLAR OBJECTS (QSO) O CUASARES

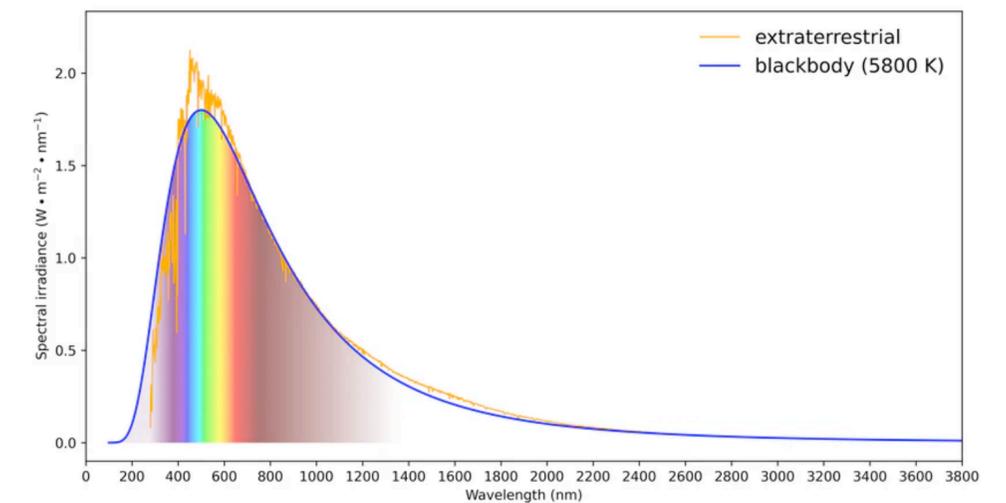


Transición de n	3→2	4→2	5→2	6→2	7→2	8→2	9→2	∞ →2
Nombre	H- α	H- β	H- γ	H- δ	H- ϵ	H- ζ	H- η	
Longitud de onda (nm)	656,3	486,1	434,1	410,2	397,0	388,9	383,5	364,6
Color	Rojo	Azul-verde	Violeta	Violeta	(Ultravioleta)	(Ultravioleta)	(Ultravioleta)	(Ultravioleta)

Serie de Balmer del H

Espectro del cuásar
3C 273

Las líneas desconocidas resultaron ser líneas de la serie de Balmer del hidrógeno muy corridas al rojo.



Espectro solar ajustado con un espectro de cuerpo negro.

Historia

Nadie hubiera creído que las galaxias Seyfert y los cuasares fueran el mismo tipo de objeto ...

- Las galaxias Seyfert tienen un núcleo muy brillante pero es posible observar la luminosidad del resto de la galaxia.
- Los cuasares se observan como objetos puntuales pues la luminosidad del núcleo domina cualquier otra.

Estos son solo un par de tipos de AGNs. Hay muchos otros tipos, todos con grandes diferencias entre sí pero también con similitudes clave para que todos estén en una sola categoría

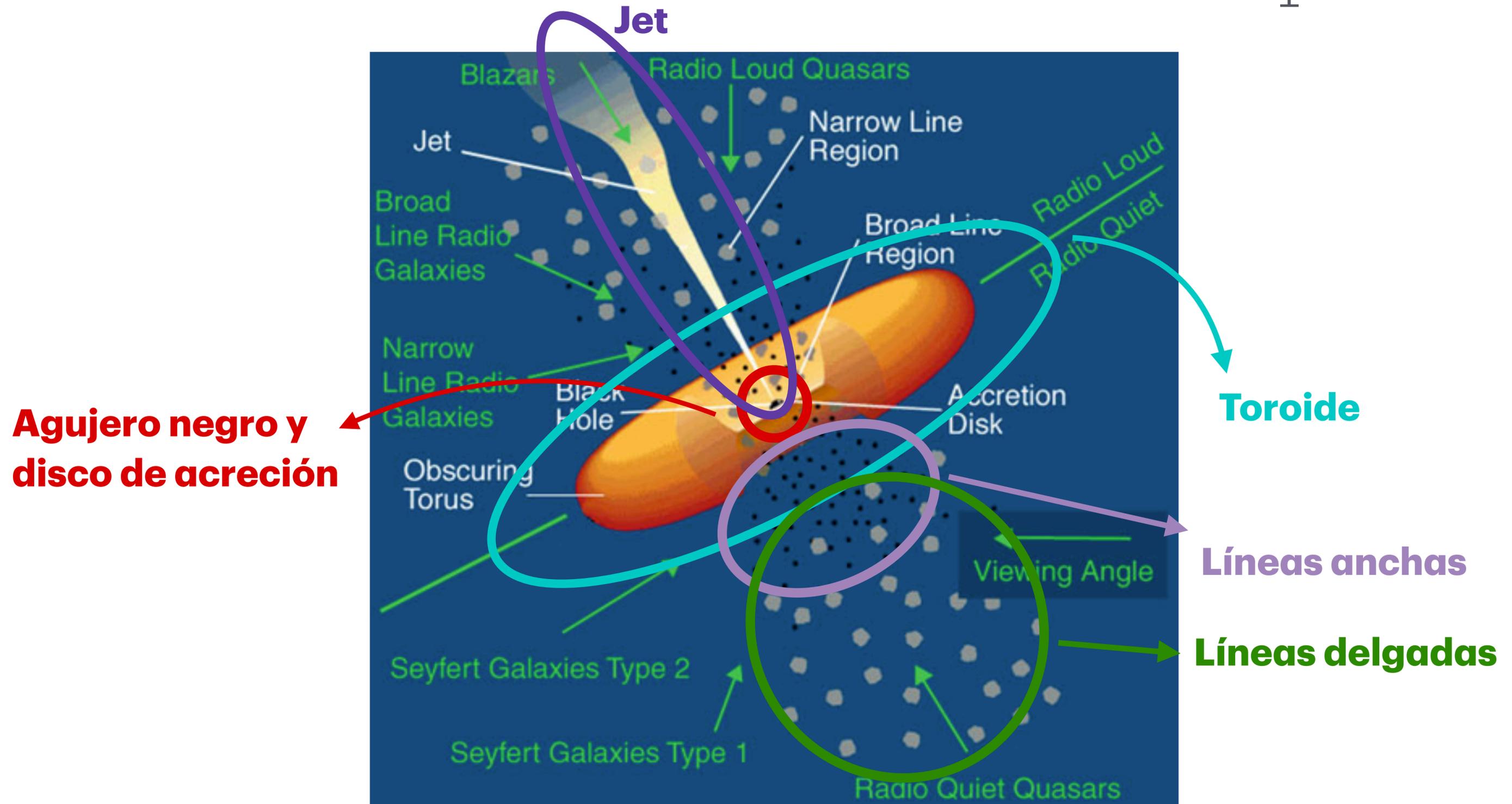
 **Spoiler alert: nos vamos a hacer bolas**

Similitudes físicas

- Objetos multifrecuencia.
- Variabilidad corta. Indica que la luminosidad se produce en objetos compactos: $R \leq ct_{var}$
- Altas luminosidades ($\sim 10^{42} - 10^{48} \text{ erg s}^{-1}$) indicando que se producen por gravedad y por transformación de energía de masa a energía irradiada. La luminosidad de la Vía Láctea es del orden $10^{44} \text{ erg s}^{-1}$.
- Las masas de los objetos compactos son del orden de $\approx 10^6 - 10^{10} M_{\odot}$. Estas masas son **agujeros negros supermasivos** y residen en el centro de las galaxias.

Los agujeros negros son el motor central de los AGNs, estos generan las altas luminosidades y las propiedades extremas de los AGNs.

Modelo de unificación de AGNs: partes



Modelo de unificación de AGNs

Luminosidad



• Seyfert I y II

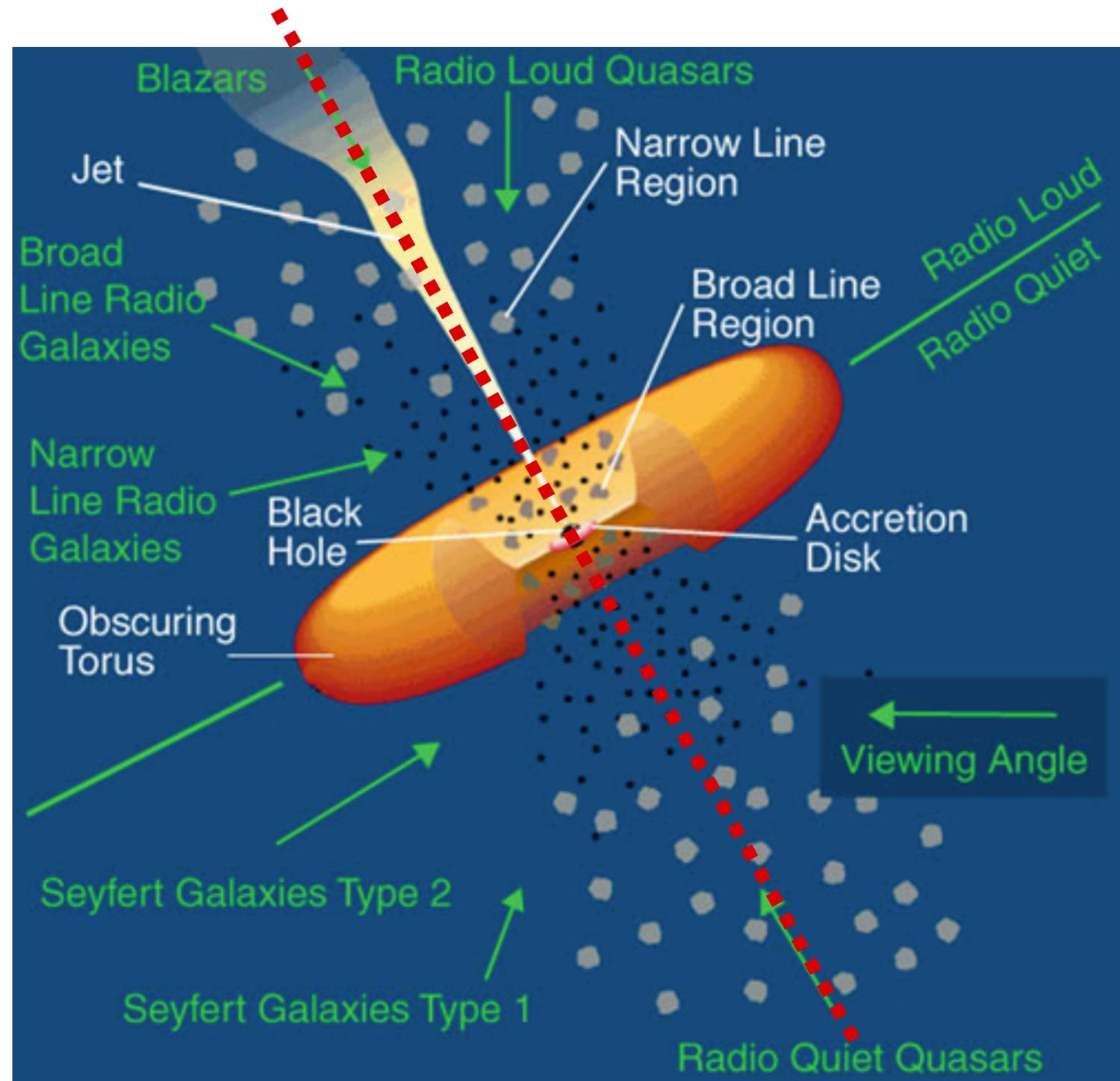
• Radio galaxias

• Blazares

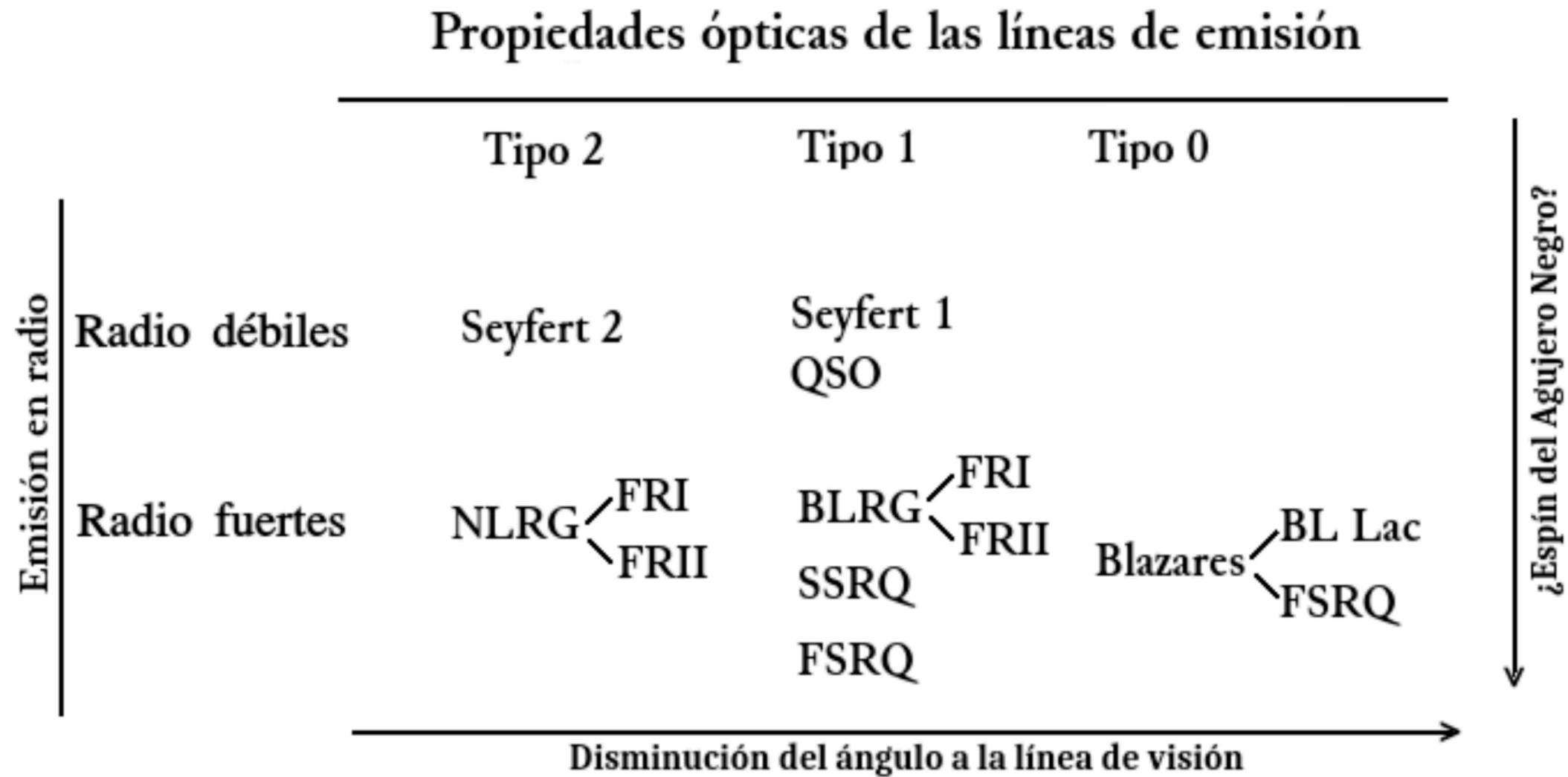
• Cuasares

Sin Jet

Con Jet

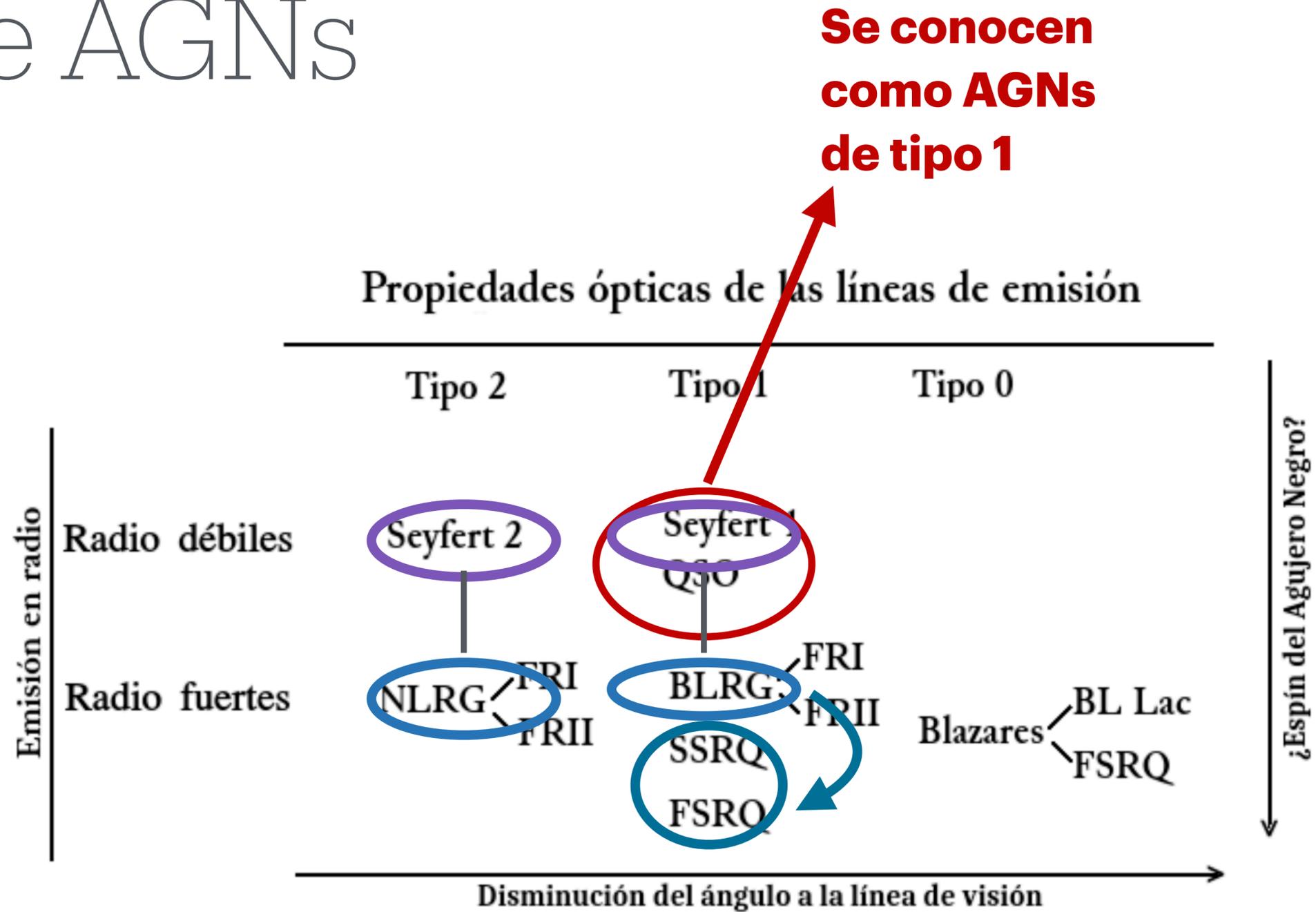


Tipos de AGNs



Urry & Padovani, 1995

Tipos de AGNs



Urry & Padovani, 1995

Tipos de AGNs

Propiedades ópticas de las líneas de emisión

		Tipo 2	Tipo 1	Tipo 0
Emisión en radio	Radio débiles	Seyfert 2	Seyfert 1 QSO	
	Radio fuertes	NLRG { FRI FR II	BLRG { FRI FR II SSRQ FSRQ	Blazares { BL Lac FSRQ

Disminución del ángulo a la línea de visión →

¿Espín del Agujero Negro?

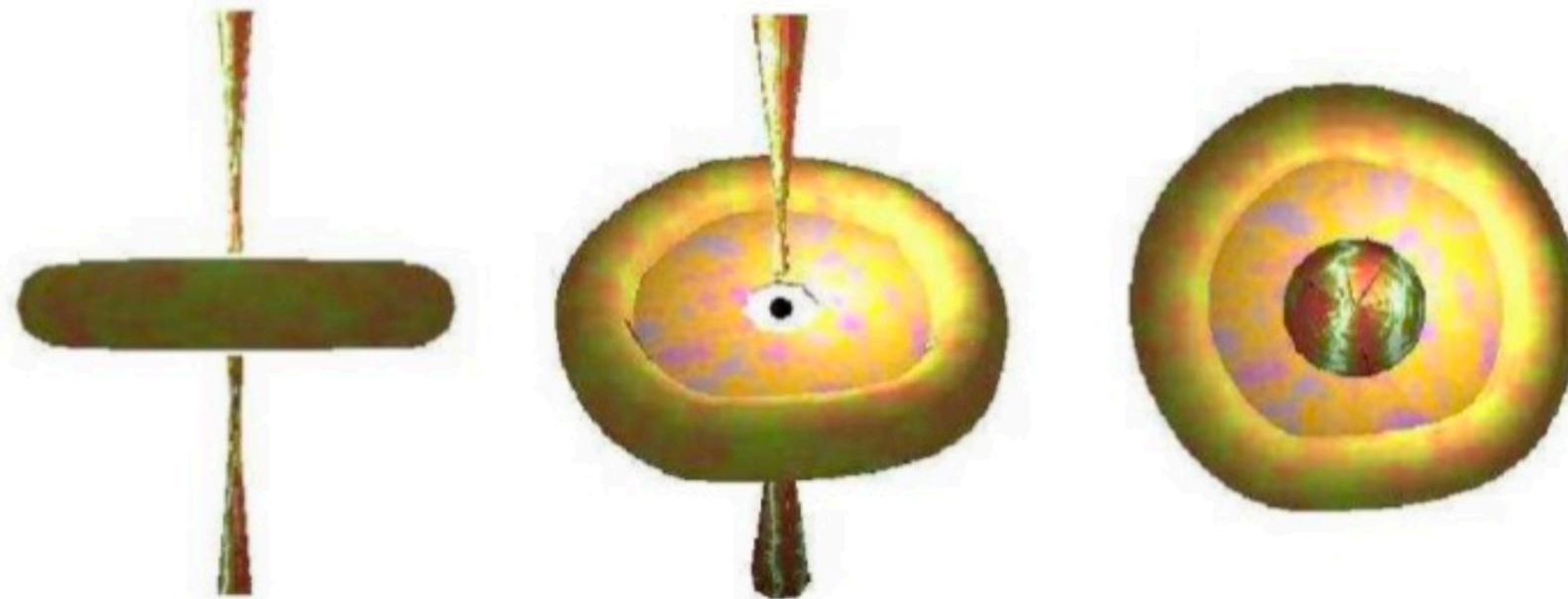
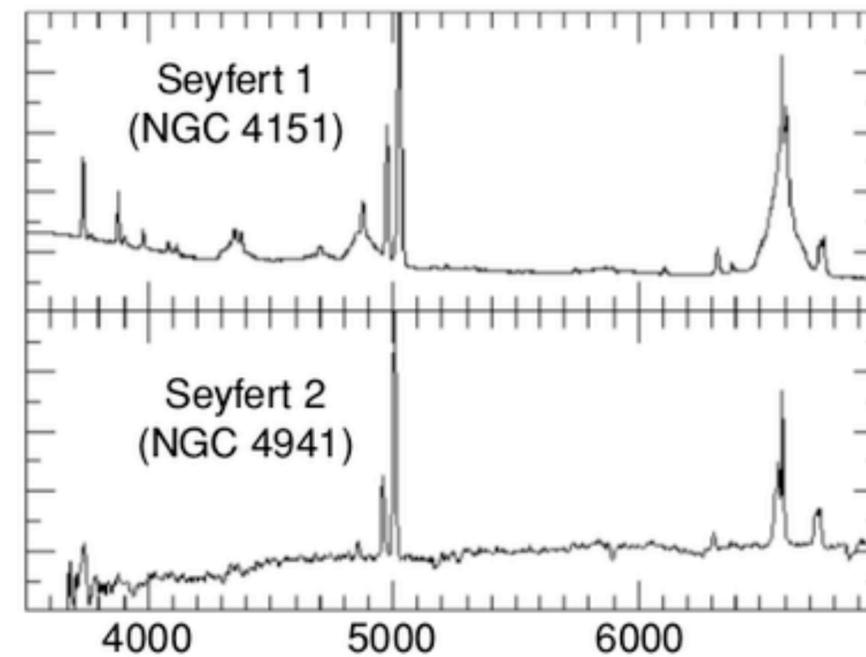
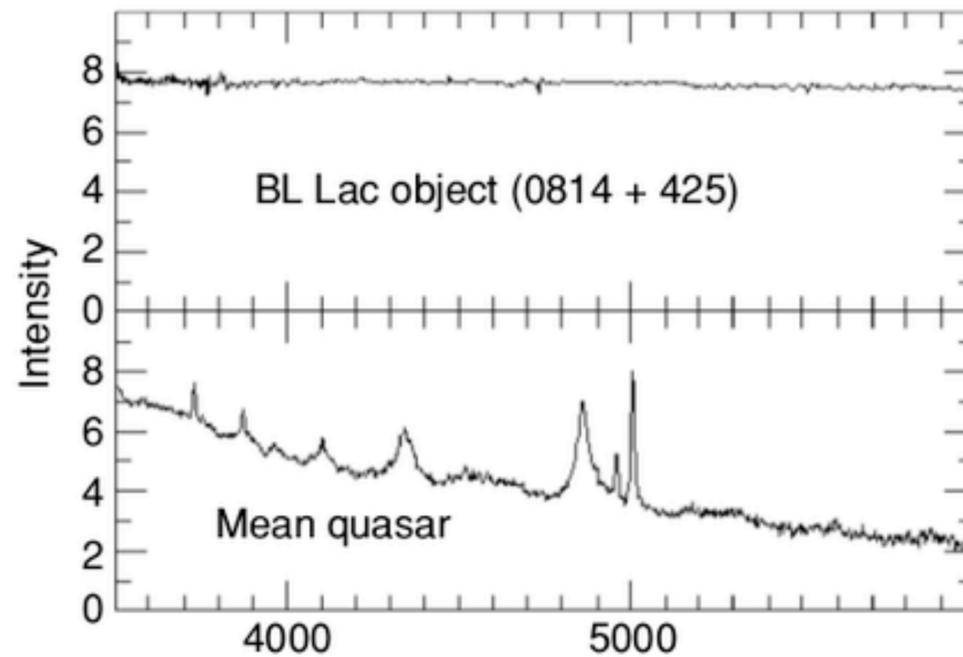


Imagen descriptiva

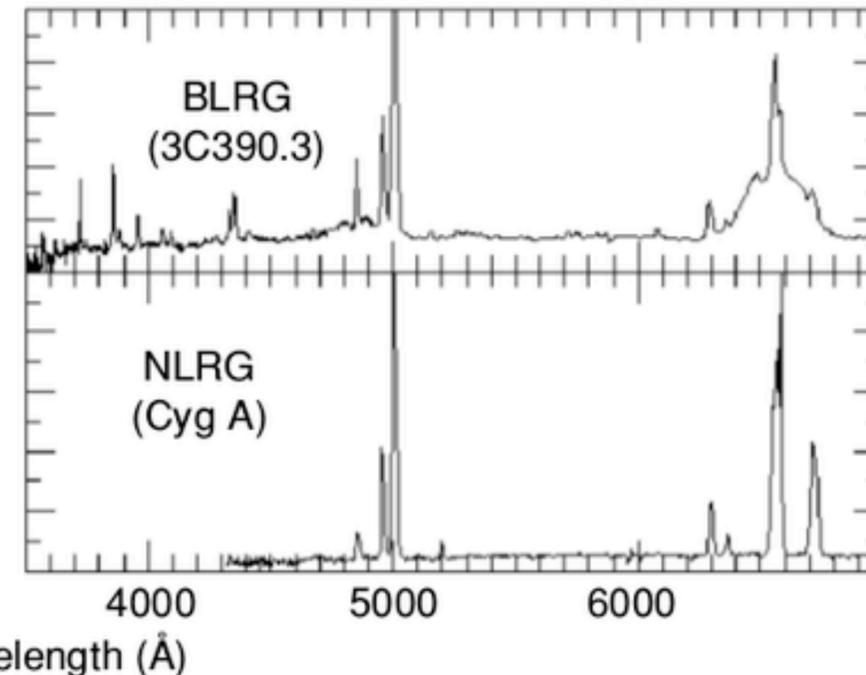
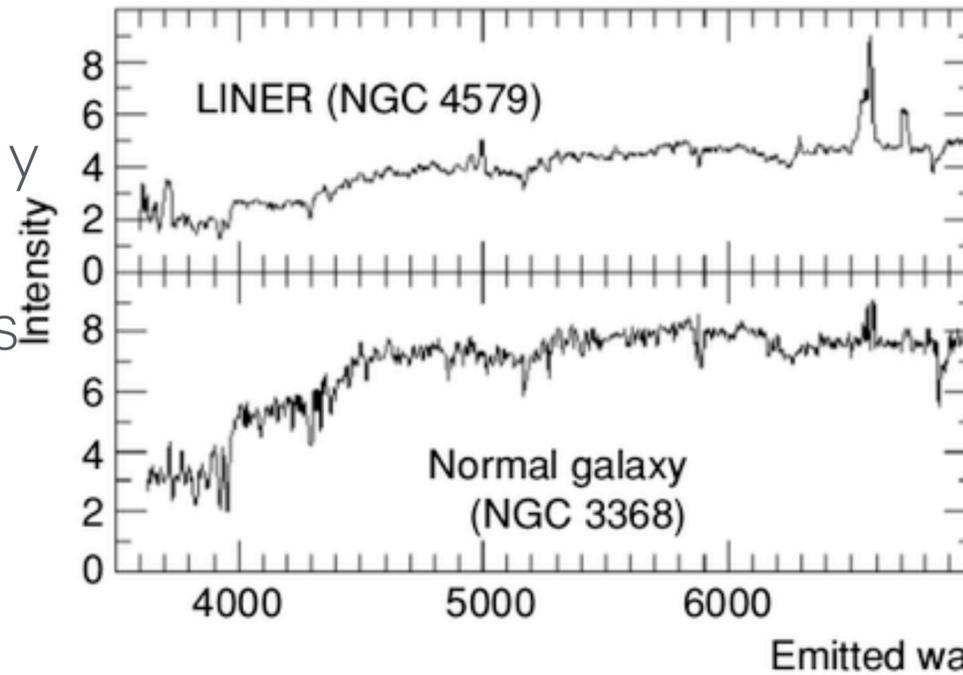
Clasificación en óptico

Blazares no presentan líneas prominentes en su espectro en óptico.



Seyfert I tiene líneas de emisión más anchas porque se observan más directamente al centro.

Los LINERS son la transición entre AGN y galaxia normal. Se observan tanto líneas de emisión como de absorción.



Es la misma razón por la que las BLRG presentan líneas más anchas

Seyfert I y II

E.g. NGC 1068

- Los AGNs con luminosidad más baja ($L \sim 10^{44} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- Habitan en galaxias espirales con un núcleo muy brillante.
- Existen los tipos I y II.
 - Seyfert I presentan líneas anchas y delgadas en su espectro óptico.
 - Seyfert II sólo muestran líneas delgadas en su espectro óptico
 - Existen las variantes intermedias como Seyfert 1.5, 1.8.



Imagen en óptico de la galaxia Seyfert II NGC 1068 del Telescopio Hubble. Nasa, ESA & A. Van der Hoeven.

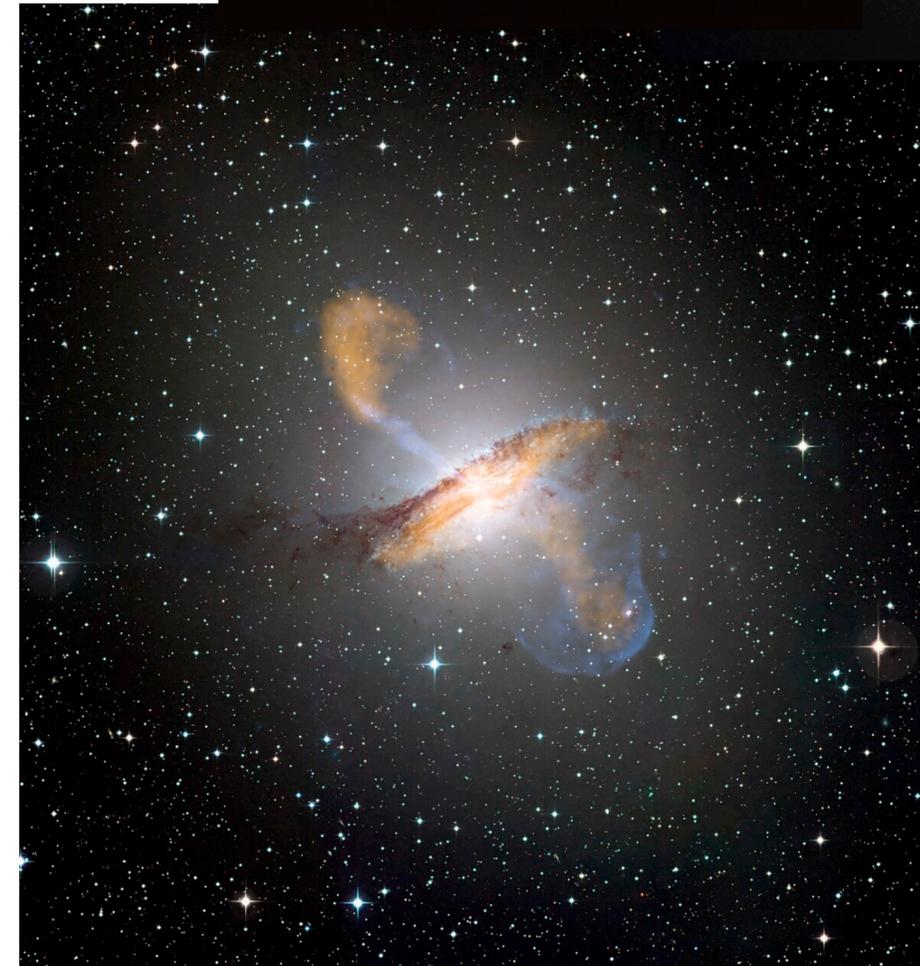
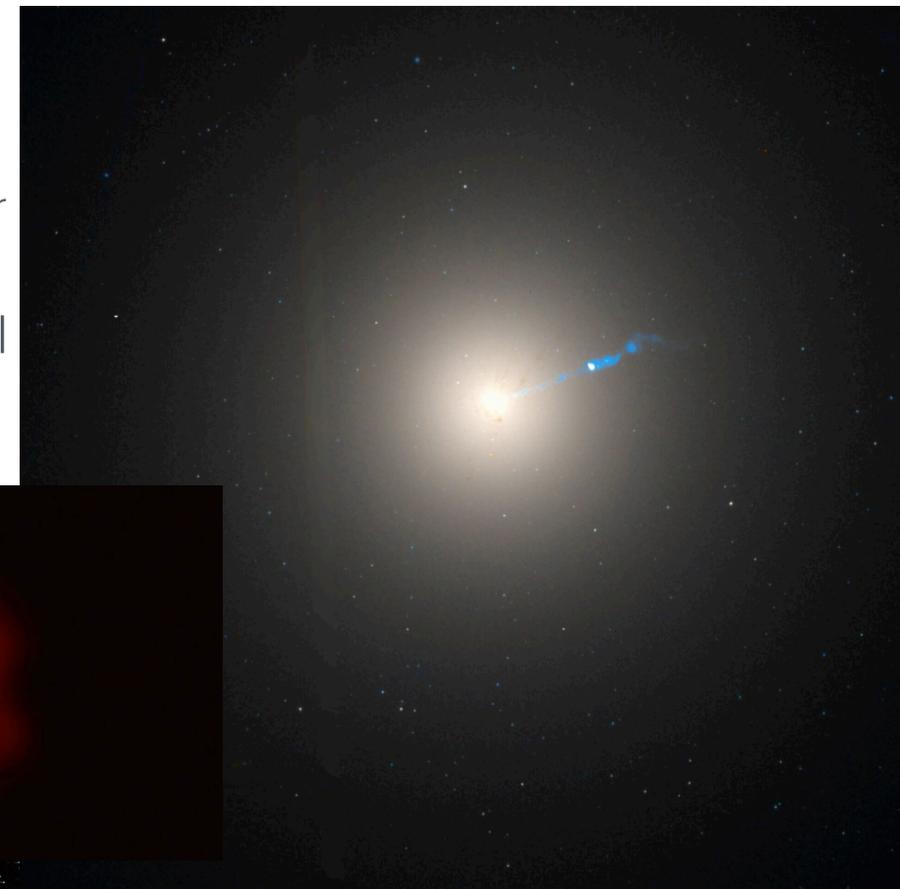
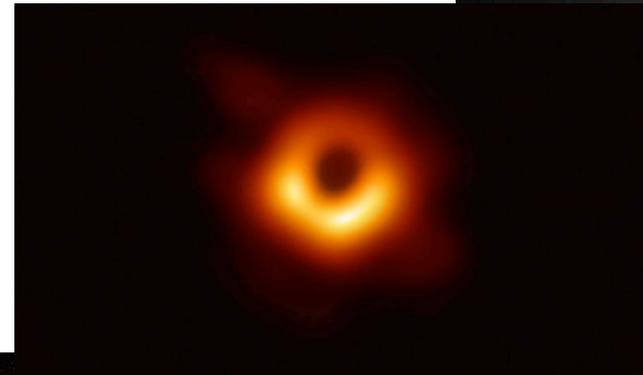
Radiogalaxias

E.g. NGC1275, M87, CentA

- Emisión prominente en radio. Son las seyfert radio ruidosas. Luminosidad en radio es desde 1000 hasta 100 millones de veces la luminosidad de la Vía Láctea.
- Galaxias elípticas. Fueron los primeros AGNs que se observaron con una contraparte en óptico.
- Debido a su morfología en radio se pueden clasificar en Fanaroff-Riley I (FR I) y Fanaroff-Riley II (FR II).
 - FRI son más brillantes en el centro, su luminosidad decrece hacia afuera.
 - FR II son más luminosas que las FR I, su luminosidad incrementa hacia afuera.

M87 observada por el Telescopio Hubble. El color naranja en infrarrojo y color azul en óptico.

En naranja es la imagen del SMBH en radio observada por el EHT.

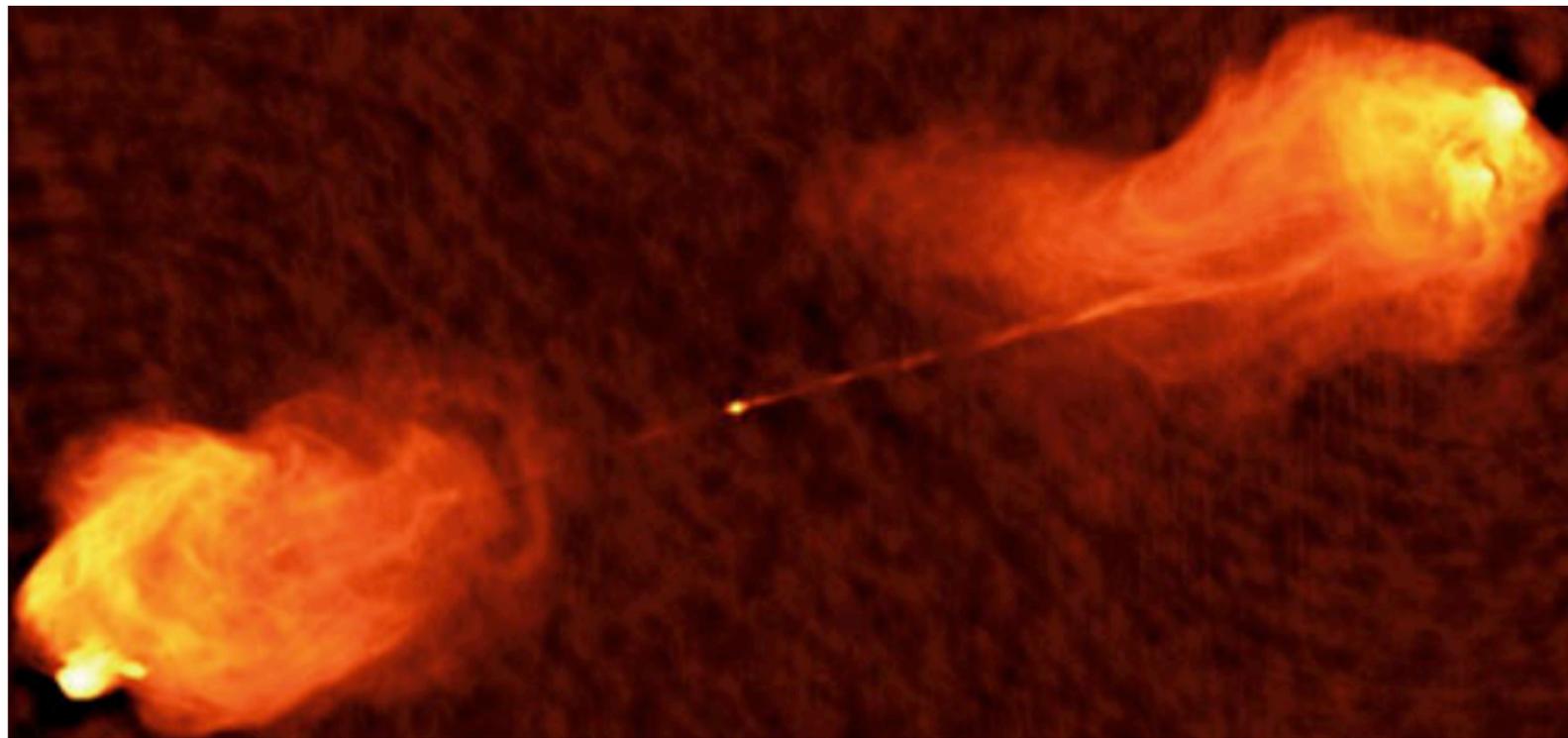


Centaurus A observado en infrarrojo (color anaranjado) y en rayos X (color azul).

Radiogalaxias

Diferencias entre FR I y FR II

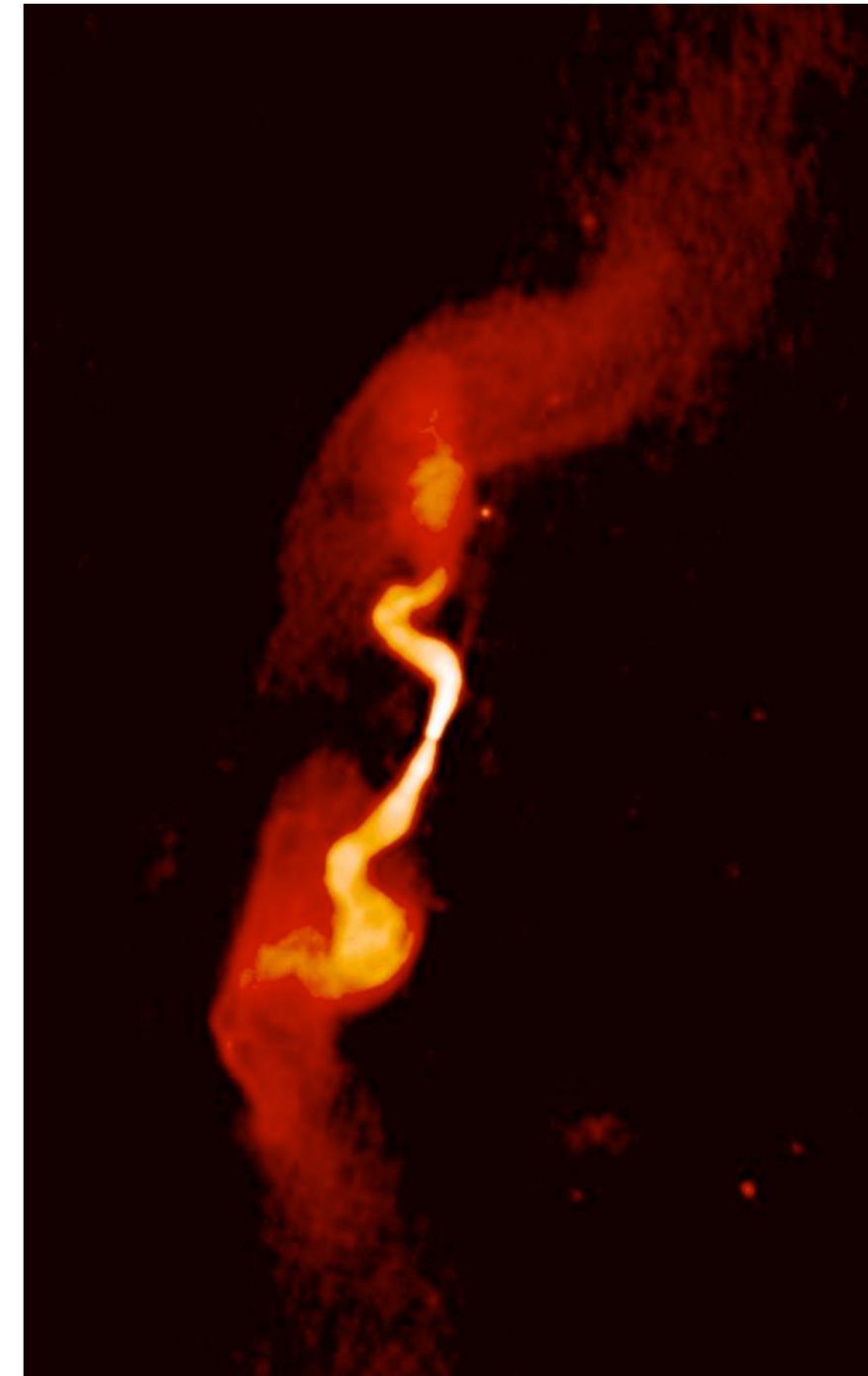
Fanaroff-Riley II



Cygnus A, Radiogalaxia FR II, jet delgado, con lóbulos en cada lado del núcleo de alta luminosidad.

Imagen en radio obtenida por NRAO/AUI.

Fanaroff-Riley I



Radiogalaxia 3C31. Mayor luminosidad en el centro. Jets más colimados.

Imagen en radio a 1.4 GHz obtenida por NRAO/AUI.

Cuasares

E.g. 3C 279

- Los AGNs con luminosidades más extremas.
- Alcanzan luminosidades de $\sim 10^{48} \text{ erg s}^{-1}$
- Los más brillantes se encuentran a redshifts grandes.
- Su morfología es puntual.
- Presentan líneas delgadas de emisión en su espectro.

Imagen artística de un cuasar.

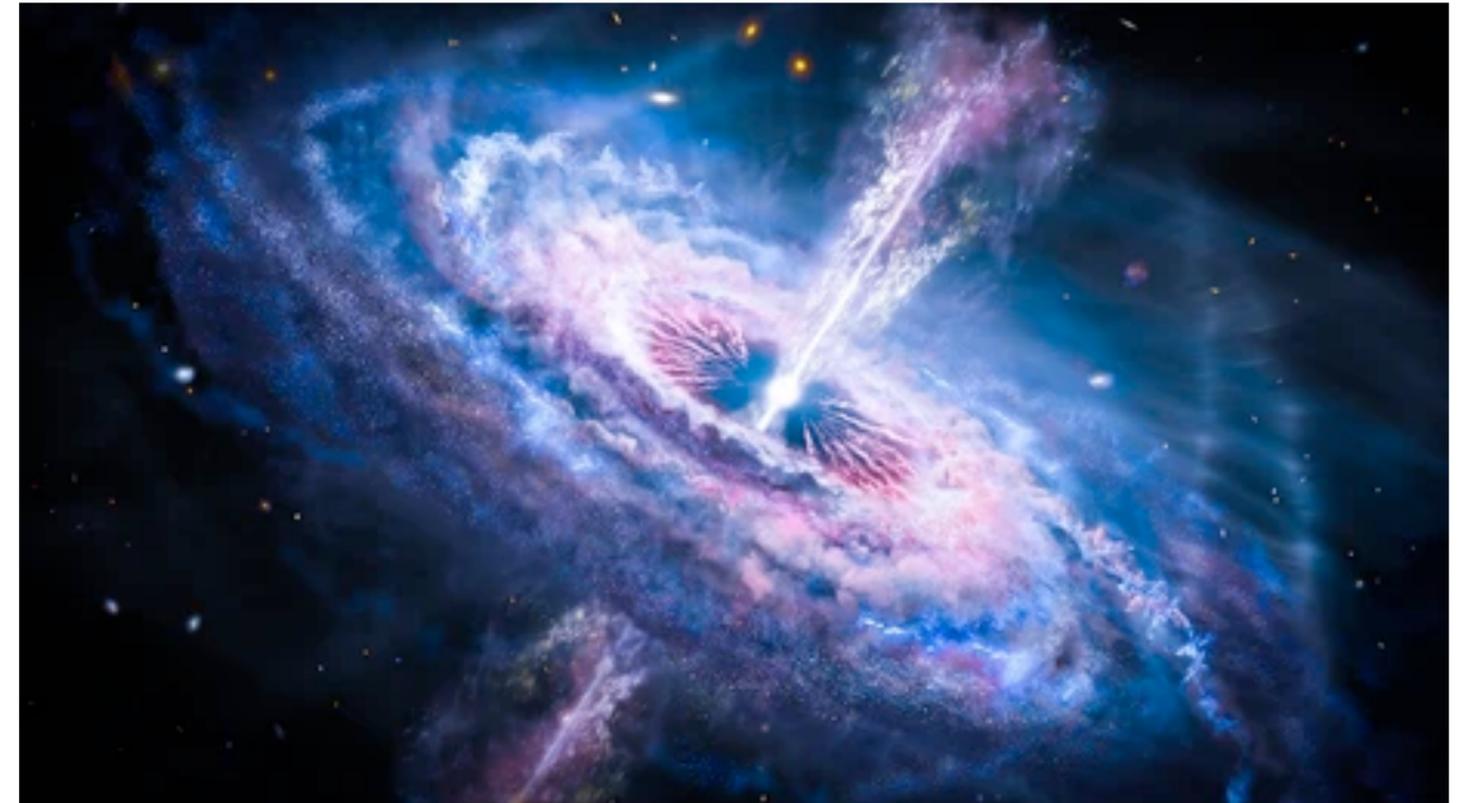


Imagen en óptico de 3C 279. Base de datos de Simbad

Blazares

E.g. Mrk 421

- Nombre nacido por la contracción “Blazing quasars”
- El espectro en óptico carece de líneas de emisión o presenta líneas muy tenues
- AGNs el cual su jet apunta directamente hacia el observador.
- Esta es la razón de la falta de líneas de emisión: se observa la emisión no térmica del jet
- Esta emisión abarca todas las bandas de energía desde radio hasta rayos gamma.
- Los blazares ocupan el 70% de las fuentes que emiten en rayos gamma.

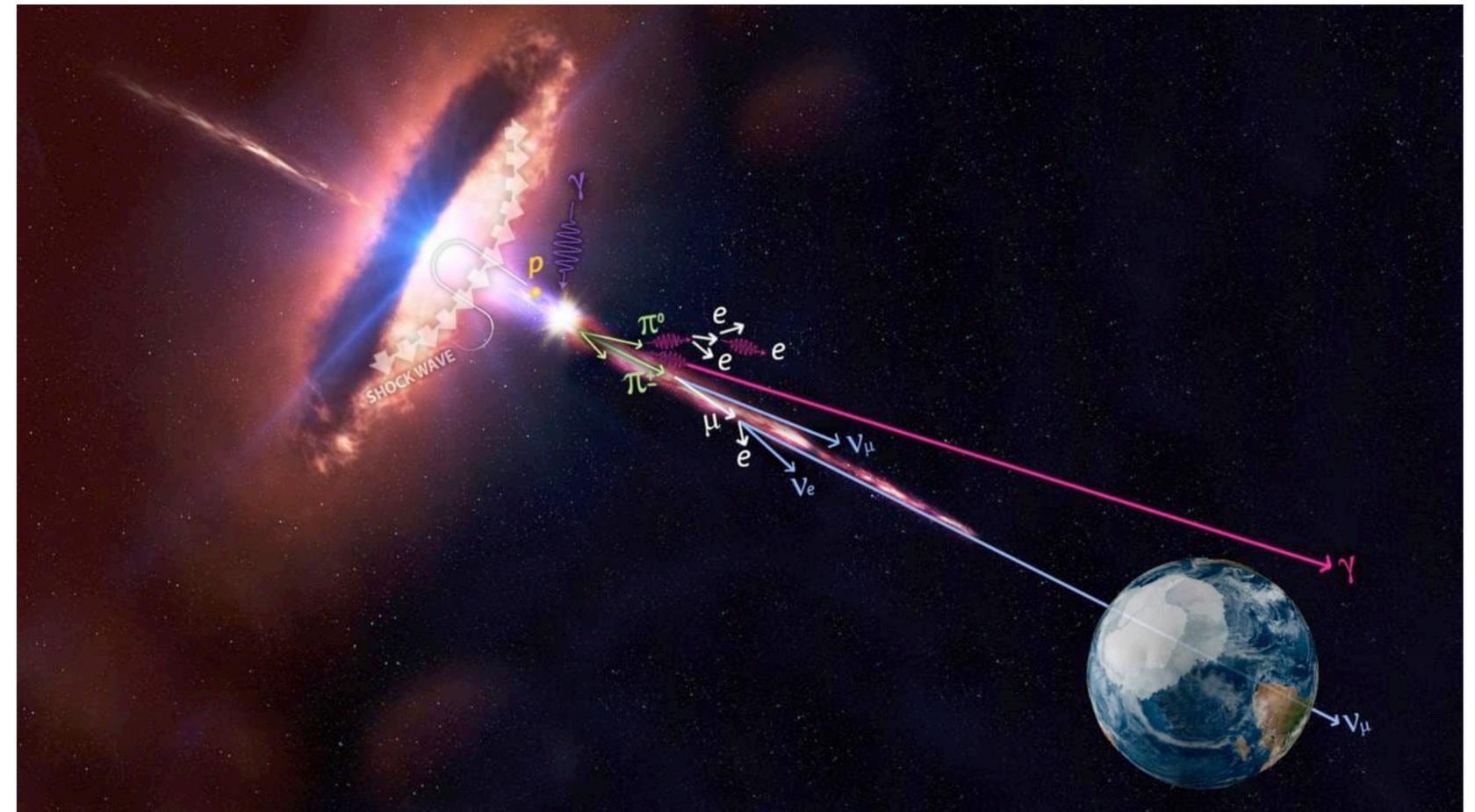


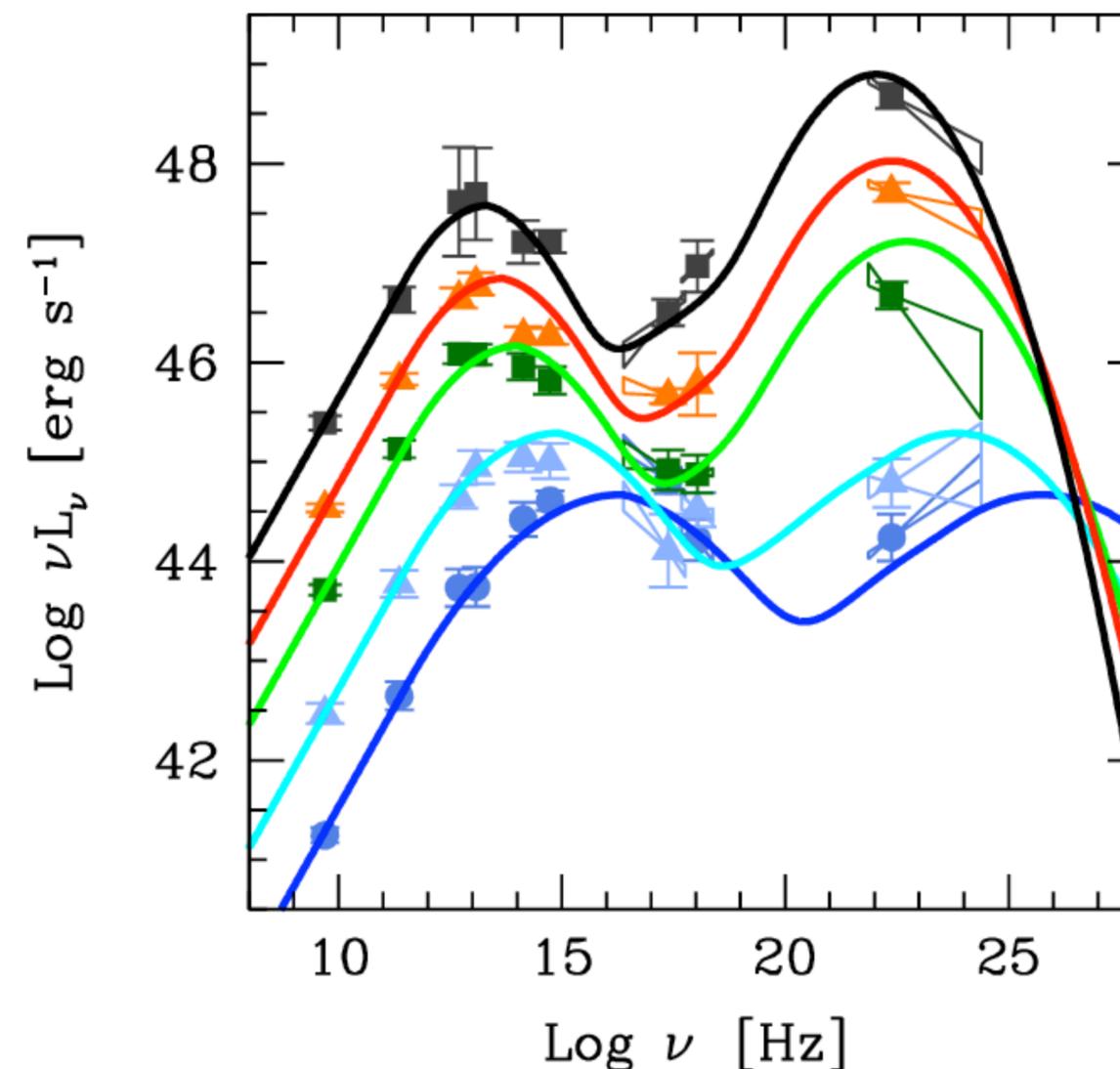
Imagen descriptiva

Tipos de Blazares

BL Lacs y FSRQ

- La razón de la división es por el ancho de las líneas que pueden presentar.
- Los FSRQ (Flat Spectrum Radio Quasars) presentan líneas más anchas que los BL Lac, en este sentido los FSRQ parecen más Cuásares.
- Los FSRQ presentan luminosidades mayores.

Secuencia de blazares



Ghisellini, et al, 2017

Entre más alta es la frecuencia del primer pico, más baja es la luminosidad.

Tipos de Blazares

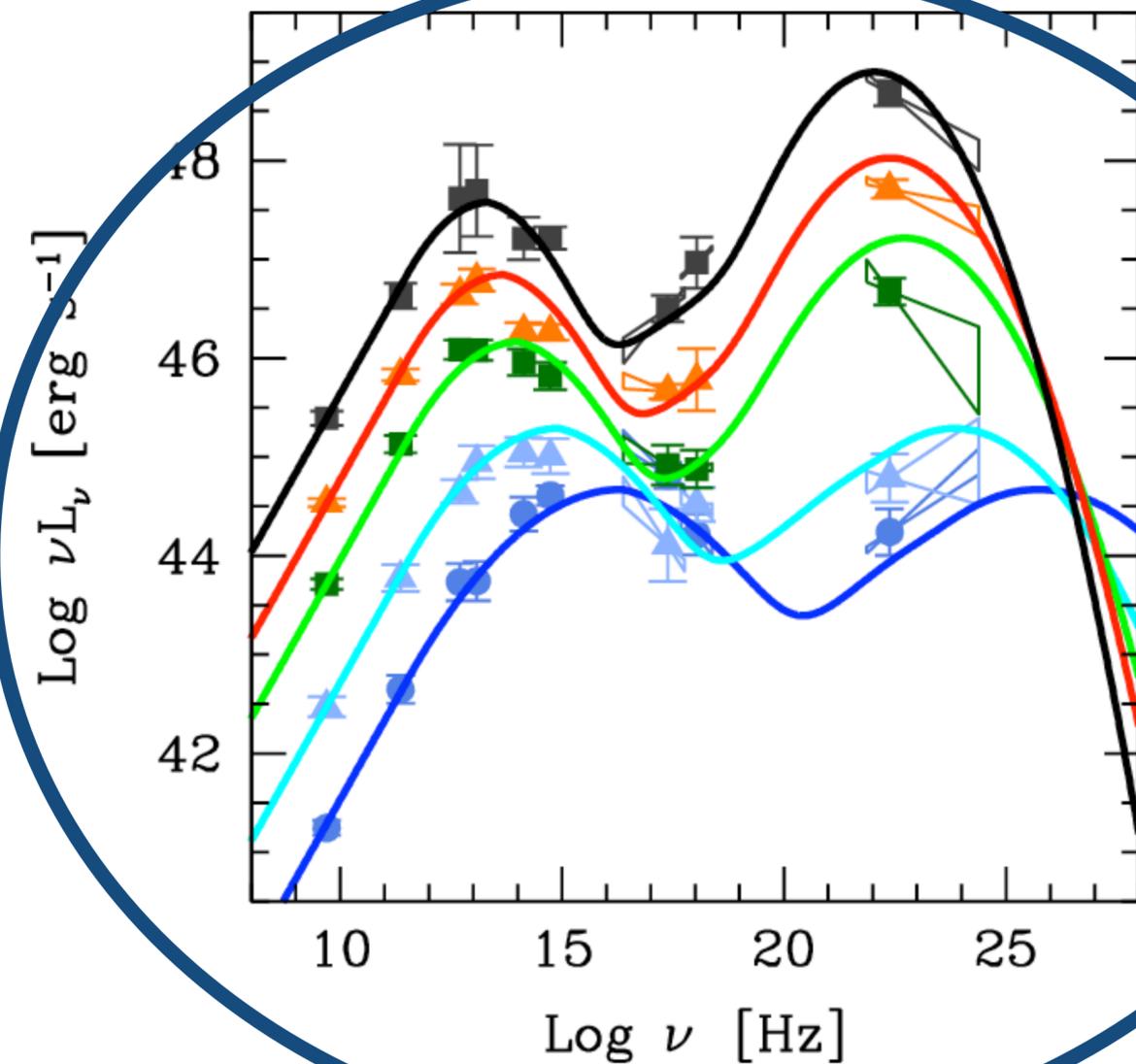
BL Lacs y FSRQ

Distribución Espectral de Energía (SED)

- Los FSRQs presentan el mayor

La SED de los blazares presenta dos picos, ambos a diferentes energías

Secuencia de blazares

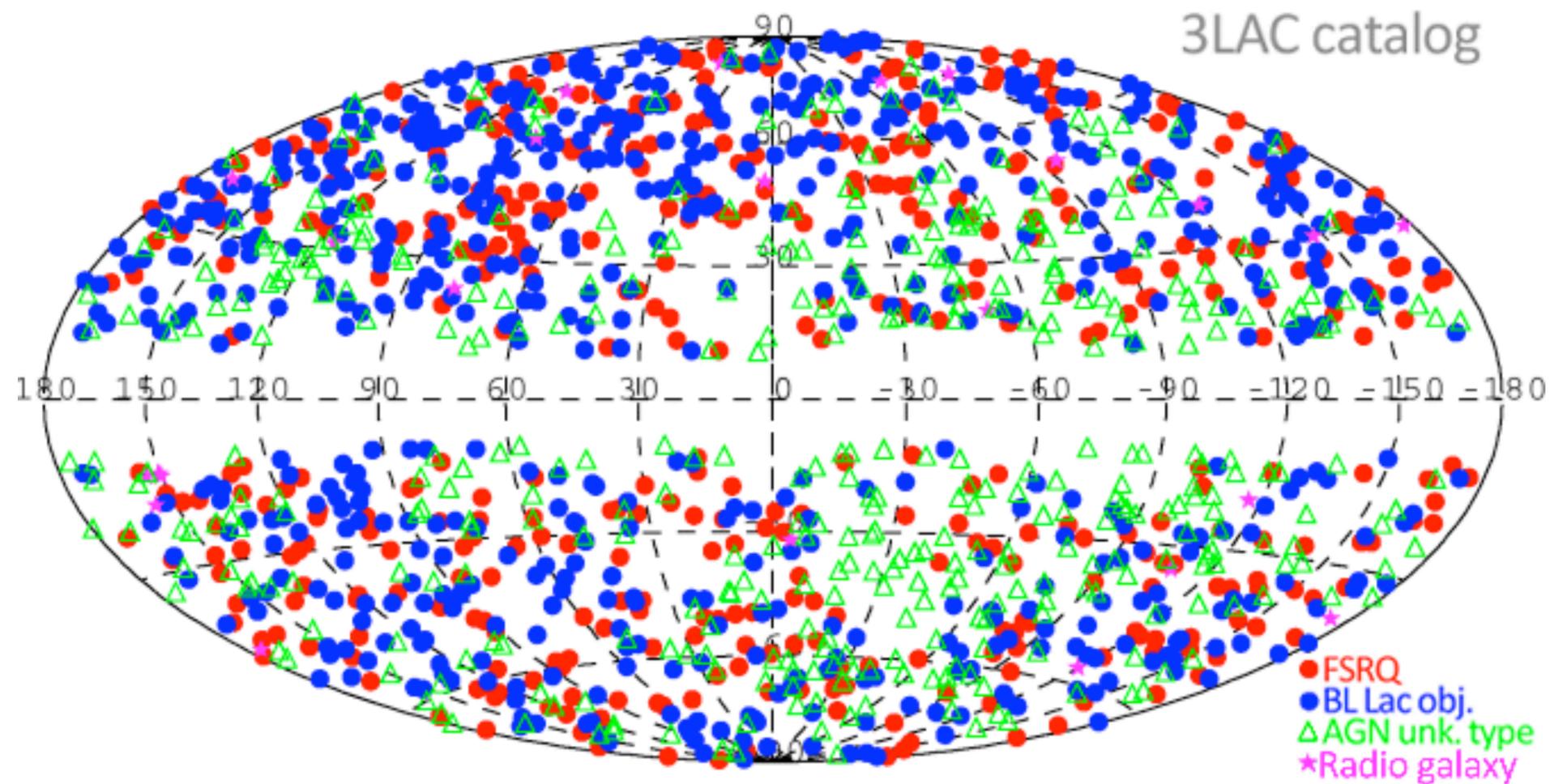


Ghisellini et al, 2017

Entre más alta es la frecuencia del primer pico, más baja es la luminosidad.

AGNs y Rayos Gamma

Las fuentes que alcanzan a emitir en rayos gamma son en su mayoría las radiogalaxias y los blazares de tipo BL Lac.



3er catálogo de AGNs de Fermi LAT

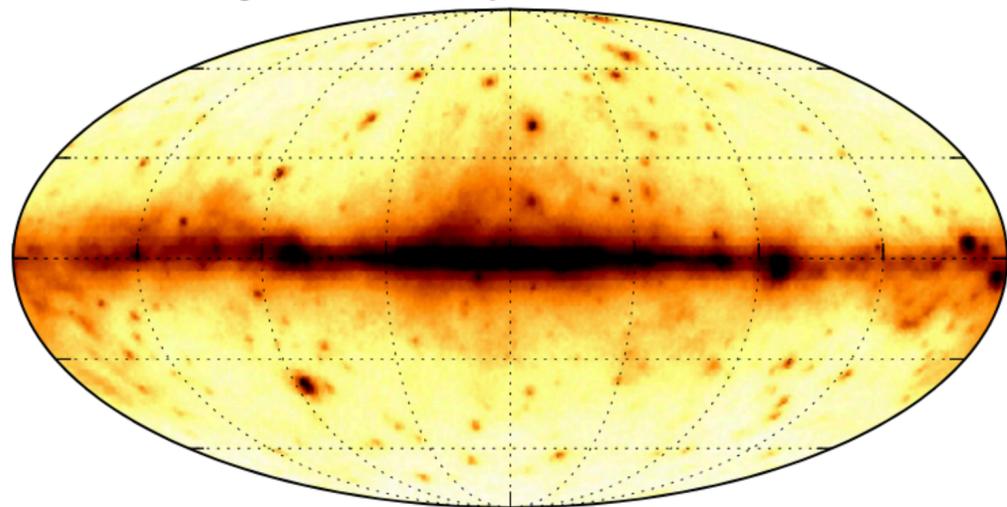


Satelite Fermi LAT.

¿La Vía Láctea fue un AGN?

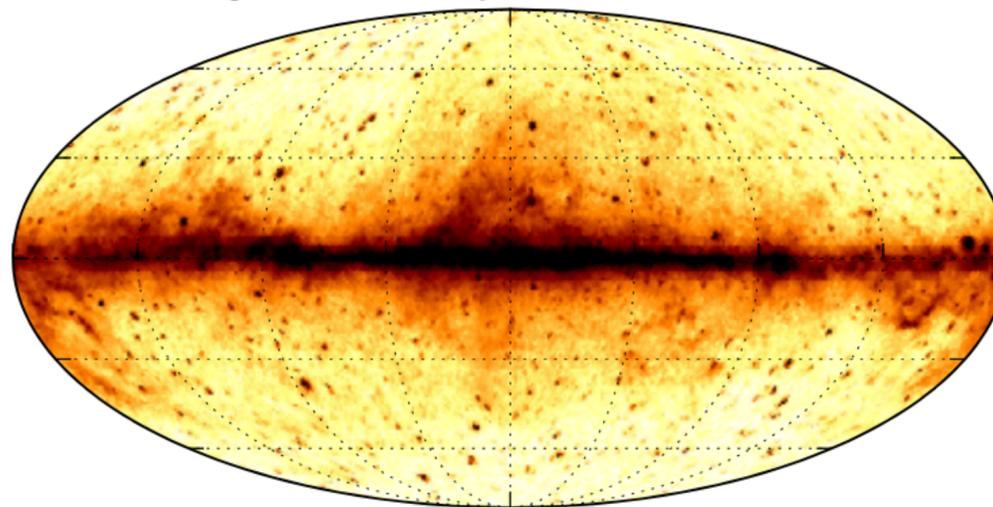
- Fermi LAT observa dos emisiones difusas a un ángulo recto del disco galáctico y en el centro de este

Integrated intensity, $E = 0.1 - 1.0$ GeV



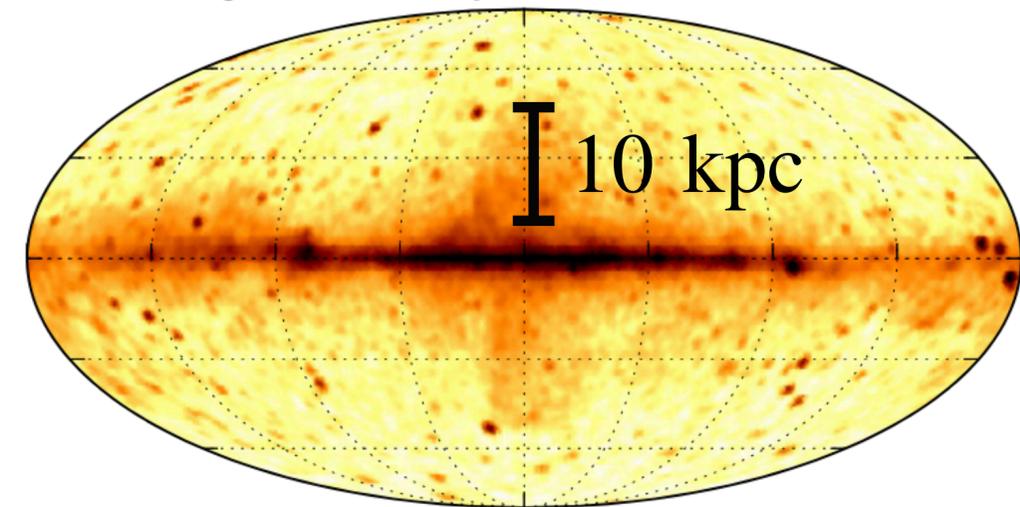
0.15 0.30 0.45 0.60 0.75 0.90 1.05 1.20 1.35 1.50
 $\log_{10}[10^5 F (\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1})]$

Integrated intensity, $E = 1.0 - 10.0$ GeV



-0.2 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4
 $\log_{10}[10^6 F (\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1})]$

Integrated intensity, $E = 10.0 - 500.0$ GeV



-0.50 -0.25 0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50
 $\log_{10}[10^7 F (\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1})]$

Mapas de la Vía Láctea en rayos gamma por Fermi LAT en coordenadas Galácticas. Cada mapa se presenta en diferentes rangos de energía. Ackermann, et al (2014). The Astrophysical Journal, 793(1), 64

Backup

Luminosidad de Eddington

Luminosidad máxima que se obtiene de un objeto acretante cuando existe una igualdad de fuerzas.

La fuerza gravitacional sobre una partícula de masa m_p a una distancia r de la masa M .

$$F_{grav} = \frac{GMm_p}{r^2}$$

$$F_{rad} = \frac{L\sigma_T}{4\pi r^2 c}$$

La fuerza de presión de radiación se genera por la interacción de fotones con electrones.

$$L_{edd} = \frac{4\pi GMm_p c}{\sigma_T}$$

La luminosidad de Eddington representa el punto en el que la fuerza de gravedad y la fuerza de presión de radiación son iguales.

Si la luminosidad observada de un objeto acretante es mayor que la L_{edd} , significa que hay más materia que es expulsada, esto se conoce como Luminosidad Súper Eddington.