

Galaxias de Núcleo Activo: Propiedades Observacionales

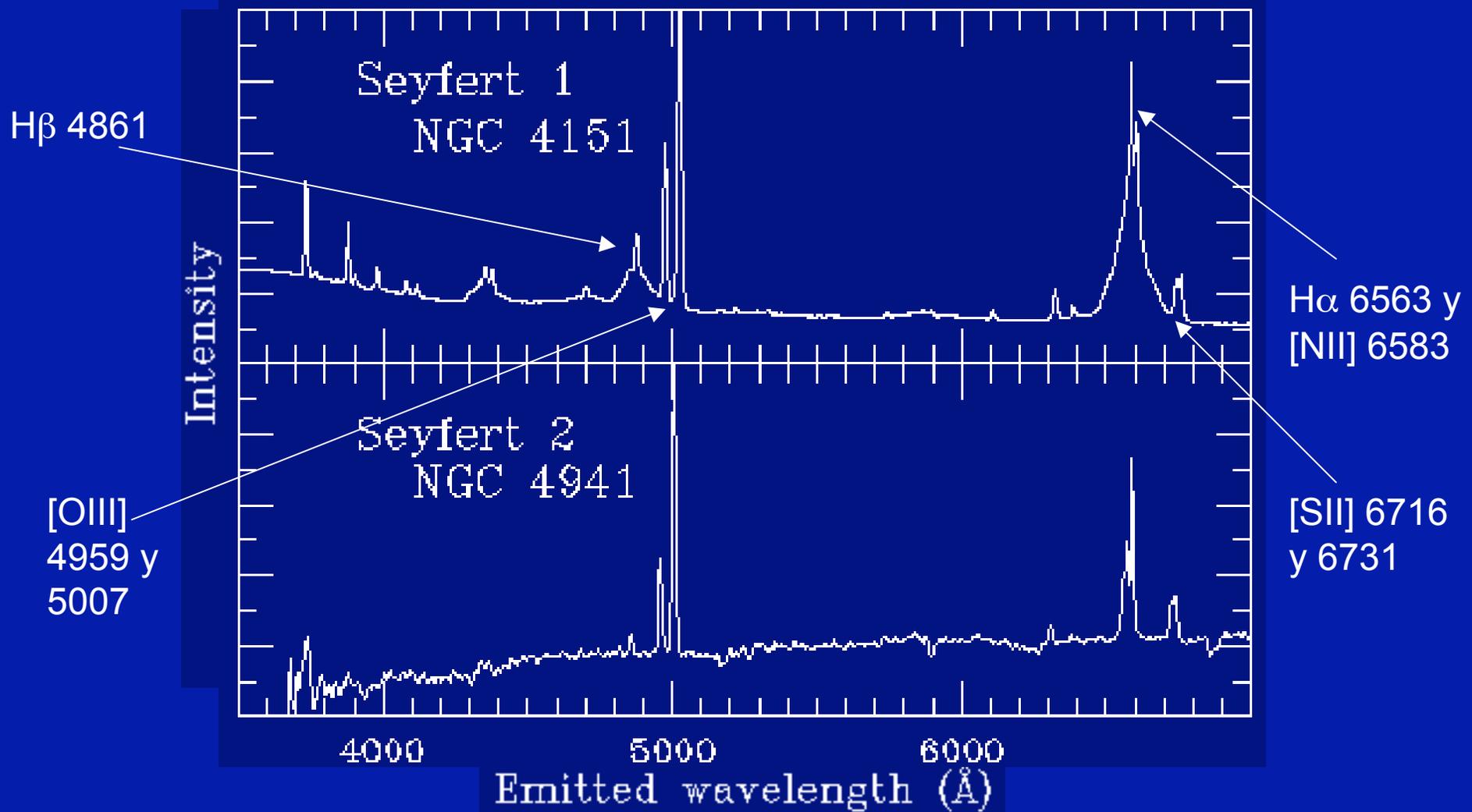
FIA0411

AGN: Active Galactic Nuclei

- Definición general: Galaxias que poseen un núcleo de pocos parsec que emite gran cantidad de radiación no-estelar, muchas veces mayor que el resto de la galaxia, pero...
- El “motor” de estos núcleos sería un agujero negro supermasivo.
 - > Unificación de los AGN...

Historia: Galaxias Seyfert

- 1943: Seyfert descubre las galaxias que llevan su nombre
 - Poseen líneas de emisión muy prominentes, permitidas y prohibidas
 - Líneas prohibidas delgadas, con anchos $\sim < 500$ Km/s
 - Líneas permitidas delgadas o anchas, llegando incluso a 10.000 Km/s
 - Radiación del continuo con pocas líneas de absorción, y más azul que las galaxias normales

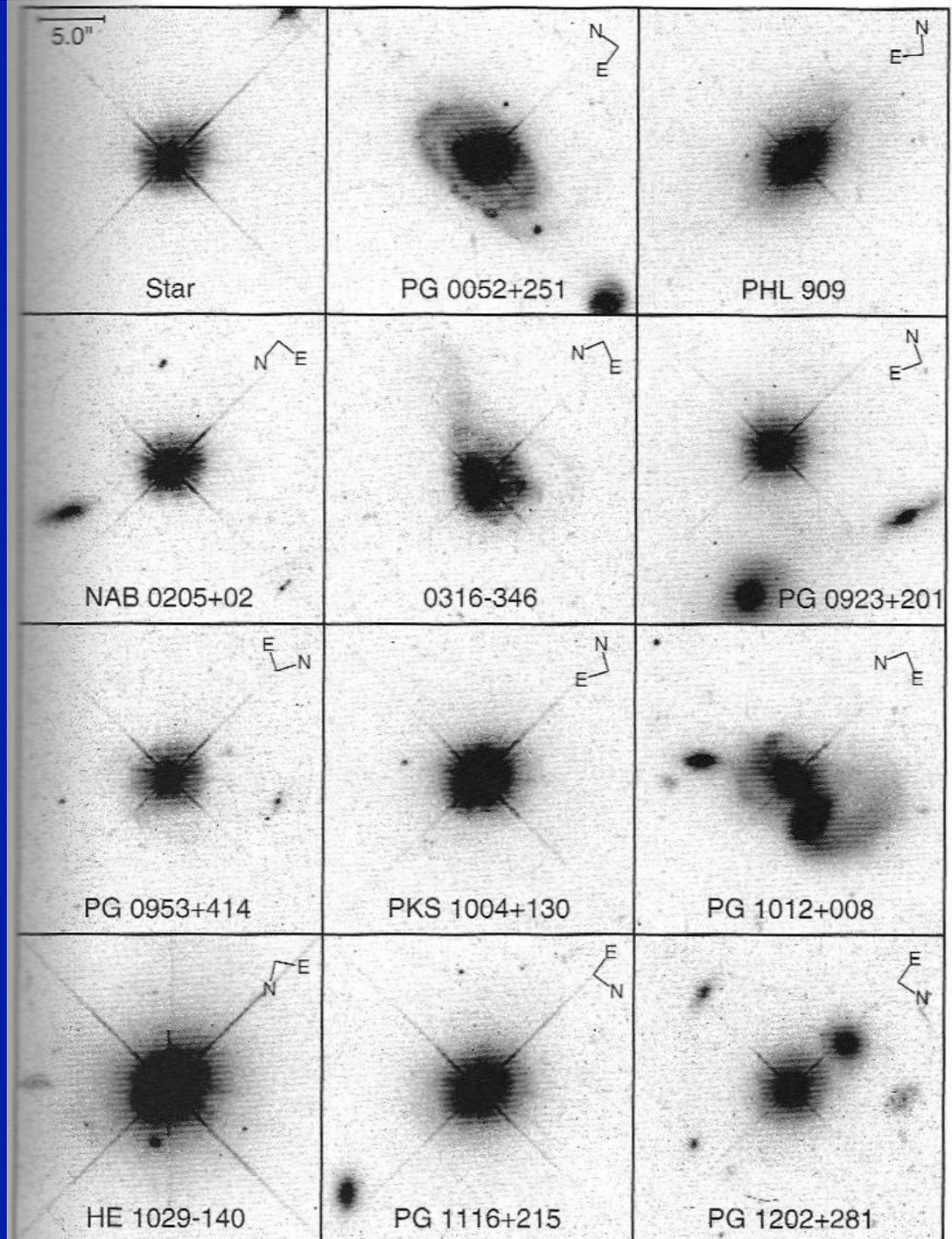


Líneas permitidas del hidrógeno pueden aparecer delgadas o anchas, pero las líneas prohibidas siempre aparecen delgadas.

Historia: Quasars

- 1960: Observación óptica de las radiofuentes del catálogo *Cambridge* mostró que se había descubierto un nuevo tipo de objetos, los “quasi-stellar radio sources” o quasars.
 - Fuentes puntuales
 - Líneas desconocidas en sus espectros.
- 1963: Marteen Schmidt reconoció las líneas del hidrógeno en 3C273, pero que tenían un corrimiento al rojo sin precedentes: $z = 0.158$

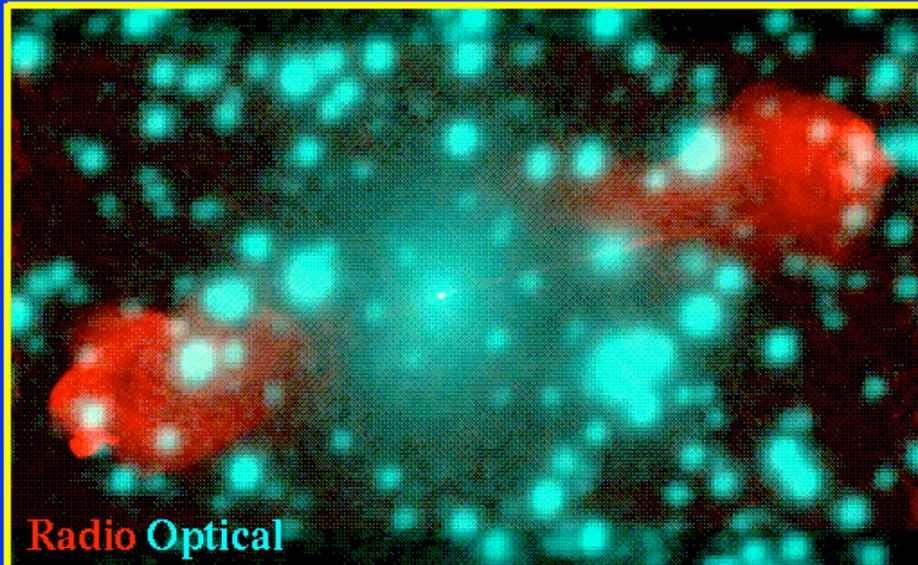
- Once QSOs con $z < 0.3$ (imágenes del HST)
- Inmensas luminosidades ($\sim 10^{46}$ erg/s o $\sim 100 L_{\text{Milky Way}}$)
- Los no emisores en radio se denominan quasi-stellar objects (QSOs) (distinción histórica)



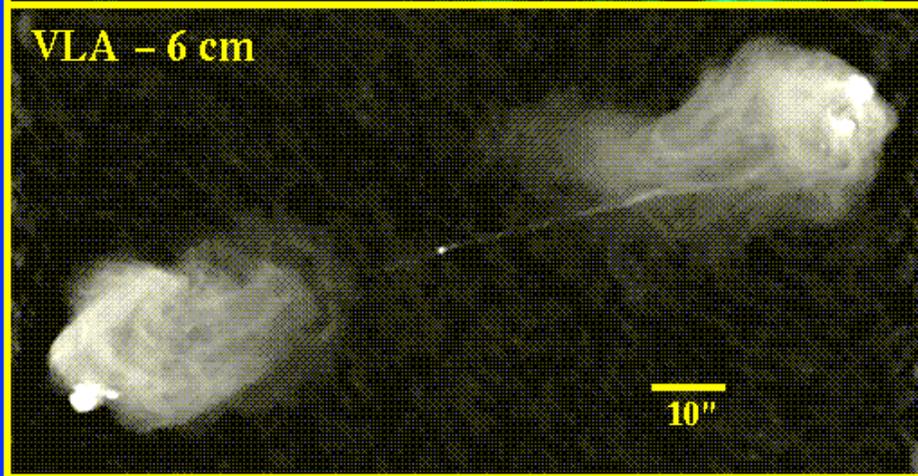
Radiogalaxias

- Clasificación según espectro óptico:
 - Broad Line Radio Galaxies (BLRGs): tienen un espectro tipo Seyfert 1, típicamente galaxias N
 - Narrow Line Radio Galaxies (NLRGs): tienen un espectro tipo Seyfert 2, principalmente elípticas gigantes o supergigantes.
- Emisión de radio proviene de un punto central y/o de jets y lóbulos junto a la galaxia.

Cygnus A
(3C 405)

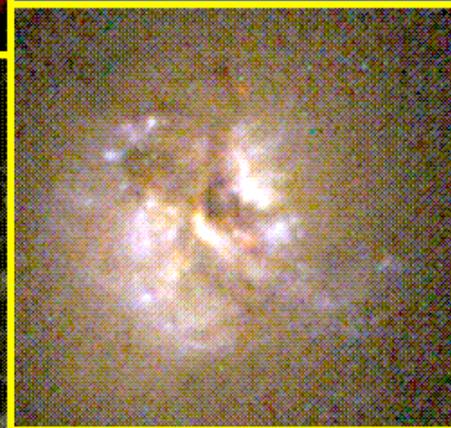


Radio Optical



VLA - 6 cm

10"



HST closeup

5"

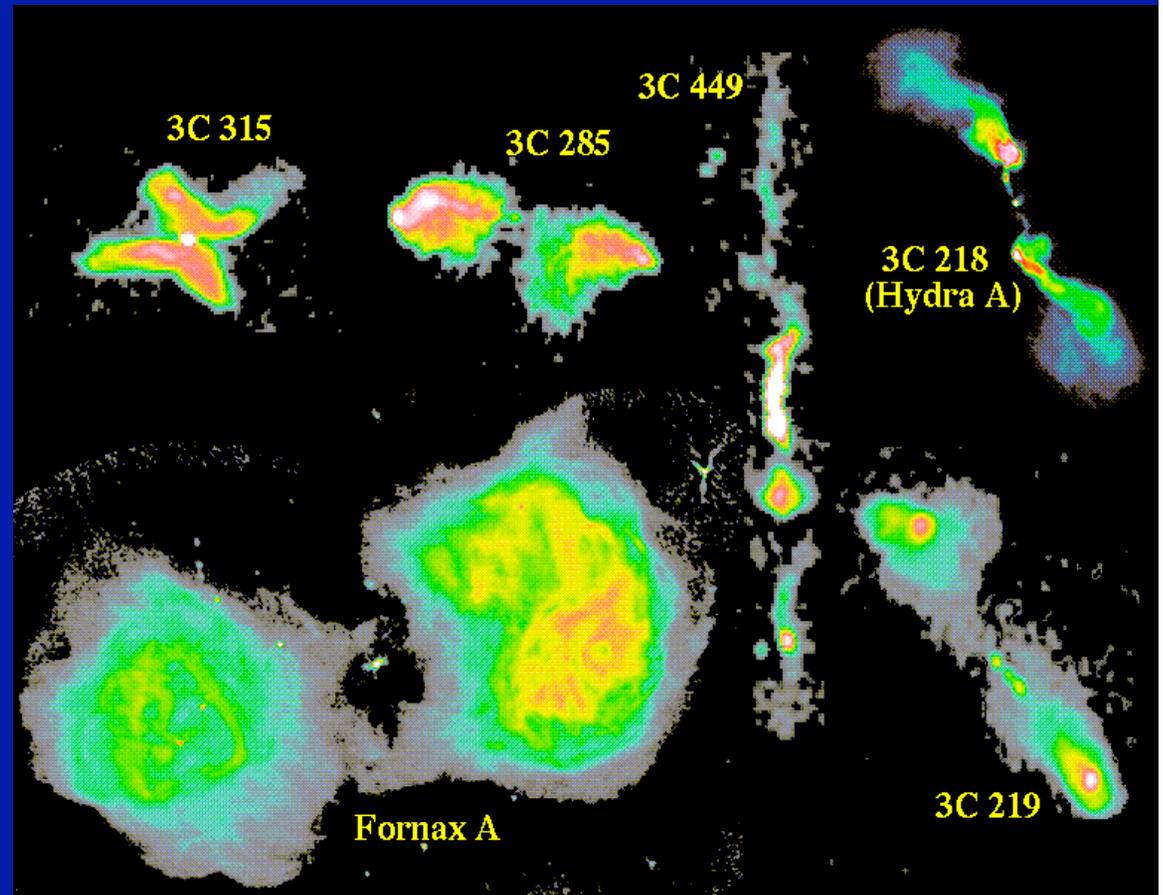
Optical: Frazer Owen, VLA: Perley, Dreher, and Cowan 1984, HST: Bob Fosbury

Cygnus A: $z=0.0565$, distancia=211 Mpc

- Clasificación según morfología de jets en imagen de radio (Faranoff-Riley)

- FR1: distancia entre puntos de máximo brillo < 0.5 tamaño del jet. En el espectro óptico normalmente no tiene líneas anchas. $L_{\text{radio}} < 10^{42}$ erg/s. (Cygnus A es un ejemplo)

- FR2: distancia entre puntos de máximo brillo > 0.5 tamaño del jet. En el espectro óptico hay líneas anchas o delgadas. $L_{\text{radio}} > 10^{42}$ erg/s. (ejemplos a la derecha)

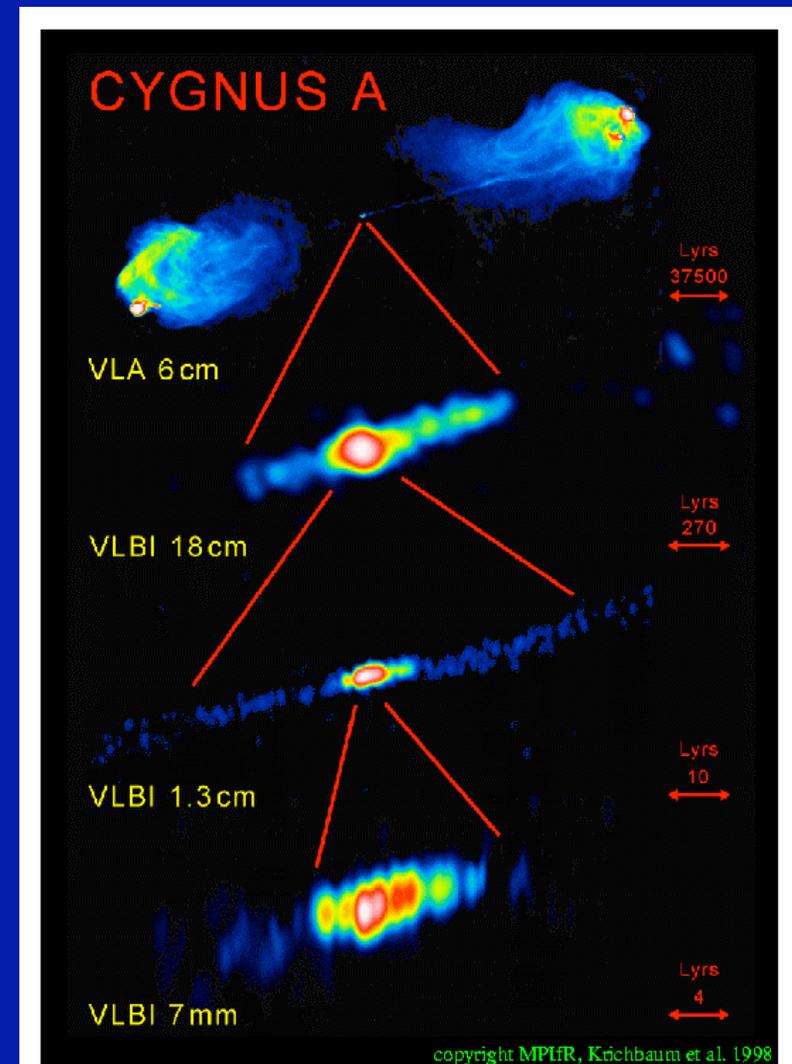


Características Observacionales Generales

- Tamaño angular muy pequeño
 - el núcleo mismo no tiene más de unas centésimas de segundo de arco
- Enorme Luminosidad:
 - Luminosidades AGN entre 10^{43} - 10^{47} erg/s (aunque LINERs tienen $\sim 10^{42}$ erg/s)
- Distribución Espectral de Energía (SED) que abarca gran rango de longitud de onda
 - Desde las ondas de radio hasta rayos γ
 - Relativamente plana

Tamaño del “motor central”

- Incluso en el caso del cercano Cygnus A, el núcleo emisor tiene un tamaño angular $< 1.2 \text{ mas} = 1.2 \text{ parsec}$
(Imagen de VLBI)



Luminosidad y Masa

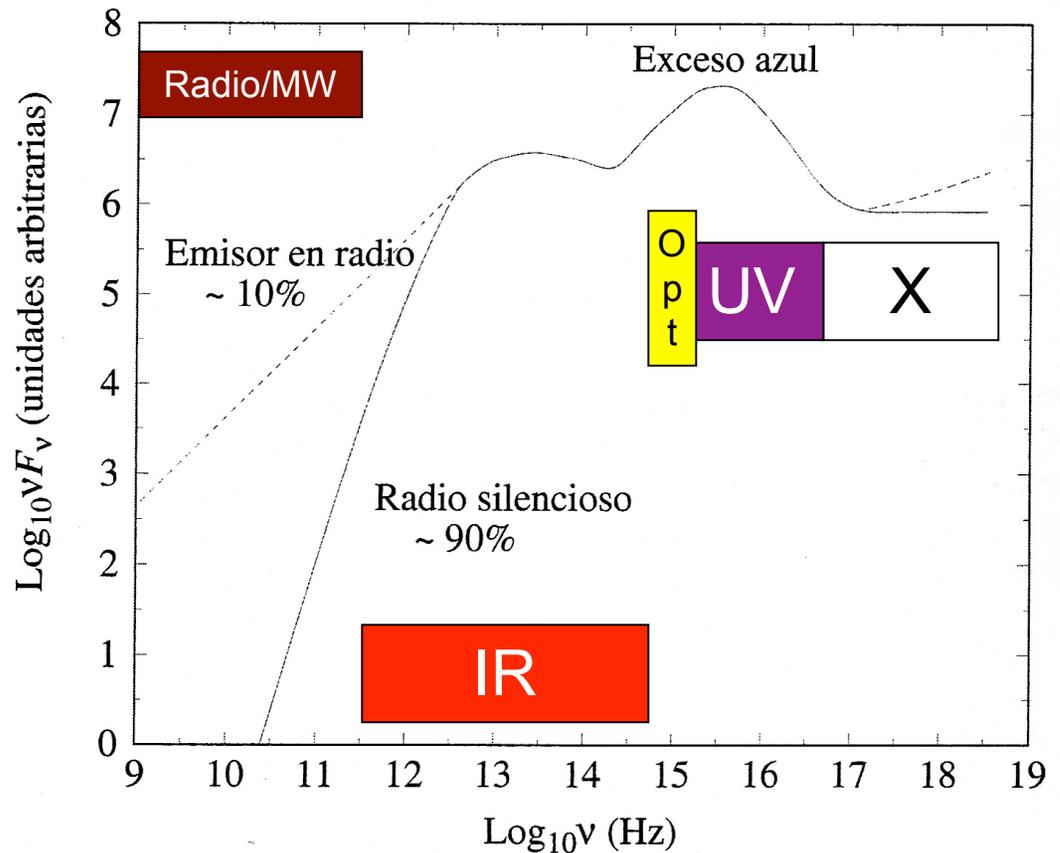
- Asumiendo que la fuente de radiación emite isotropicamente, debe cumplirse que ésta no supere la luminosidad de Eddington:

$$L < L_{\text{edd}} = 1.3 \times 10^{38} (M/M_{\text{sol}}) \text{ erg/s}$$

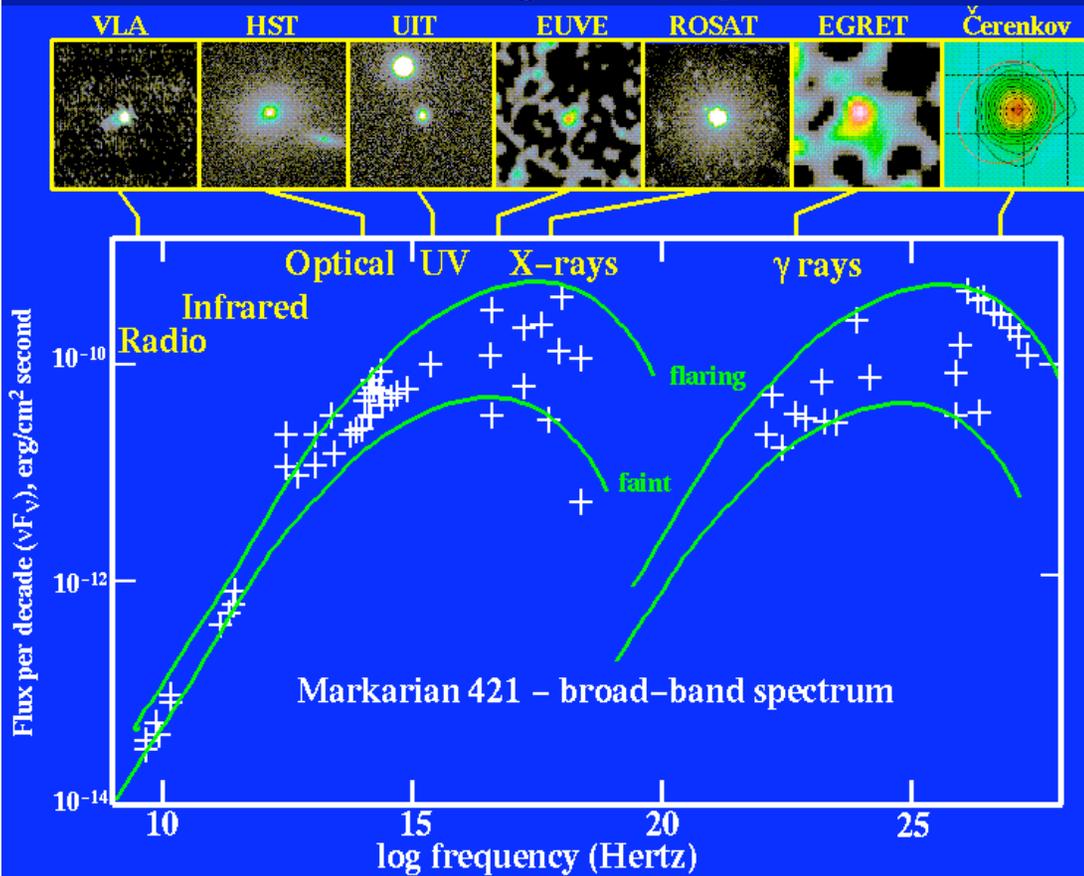
- Esto da un límite inferior para la masa del “motor” de los AGN:
 - Si L está entre 10^{43} y 10^{47} erg/s, entonces M debería estar entre 10^5 y $10^9 M_{\text{sol}}$

SEDs típicos

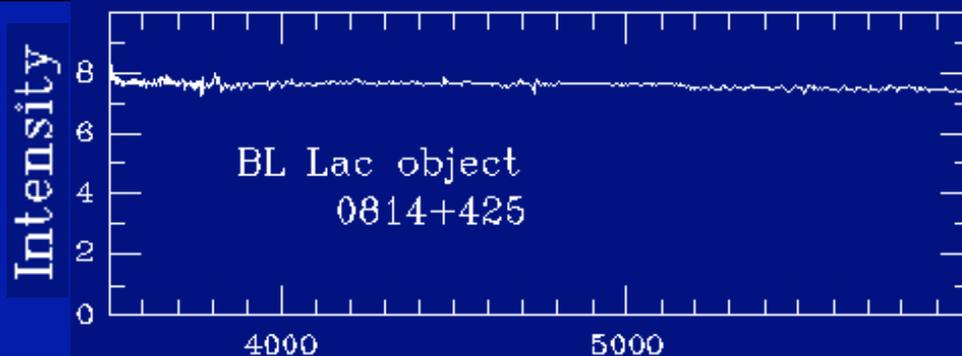
- SED promedios de AGNs de alta luminosidad
- Abarcan siempre muchos órdenes de magnitud



SEDs ejemplo 2: BL Lac object



- BL Lac(= blazar)
- Espectro plano en el óptico.
- Alta variabilidad
- Corresponderían a un jet de AGN apuntando en la dirección del observador.

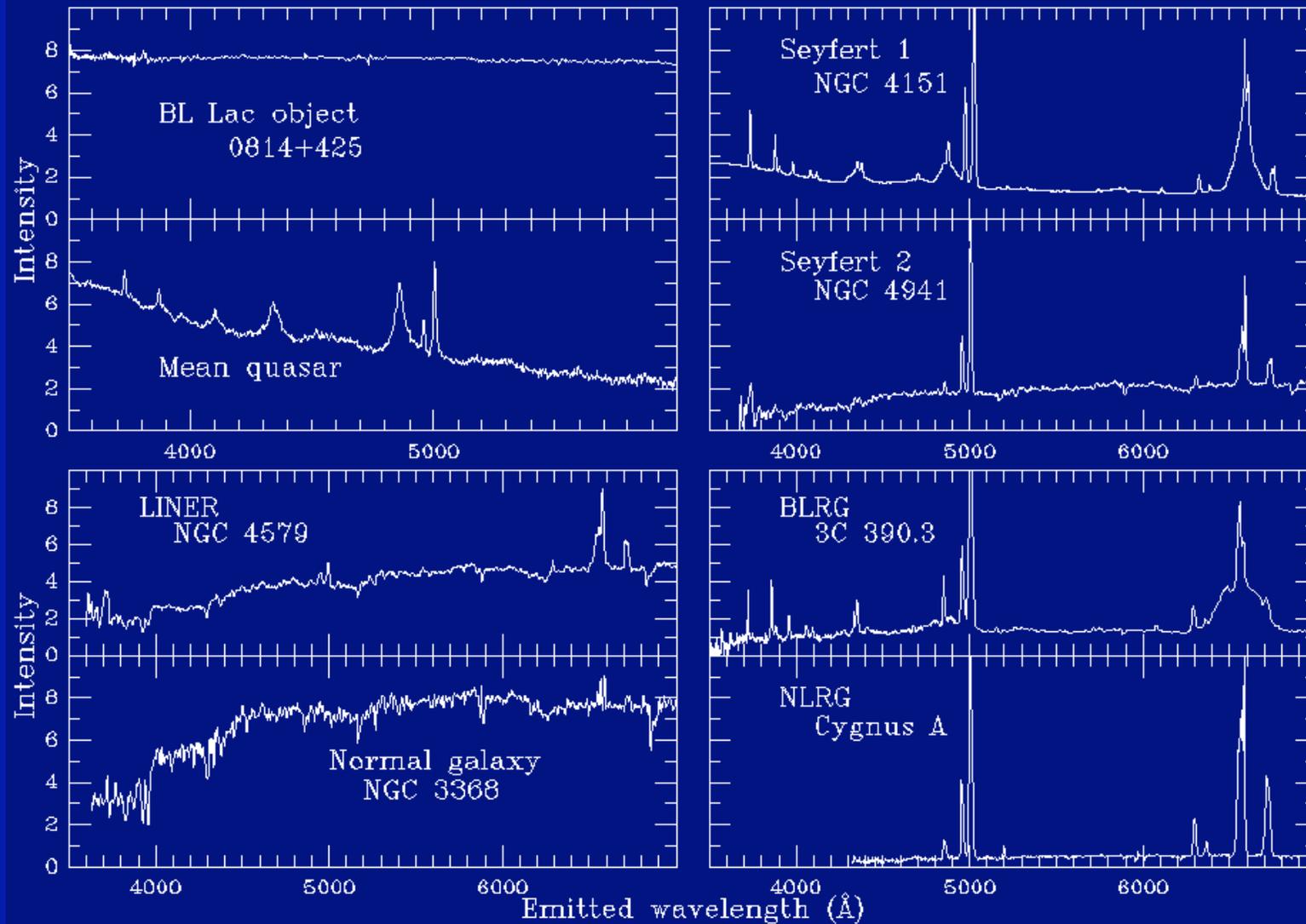


Emitted wavelength (Å)

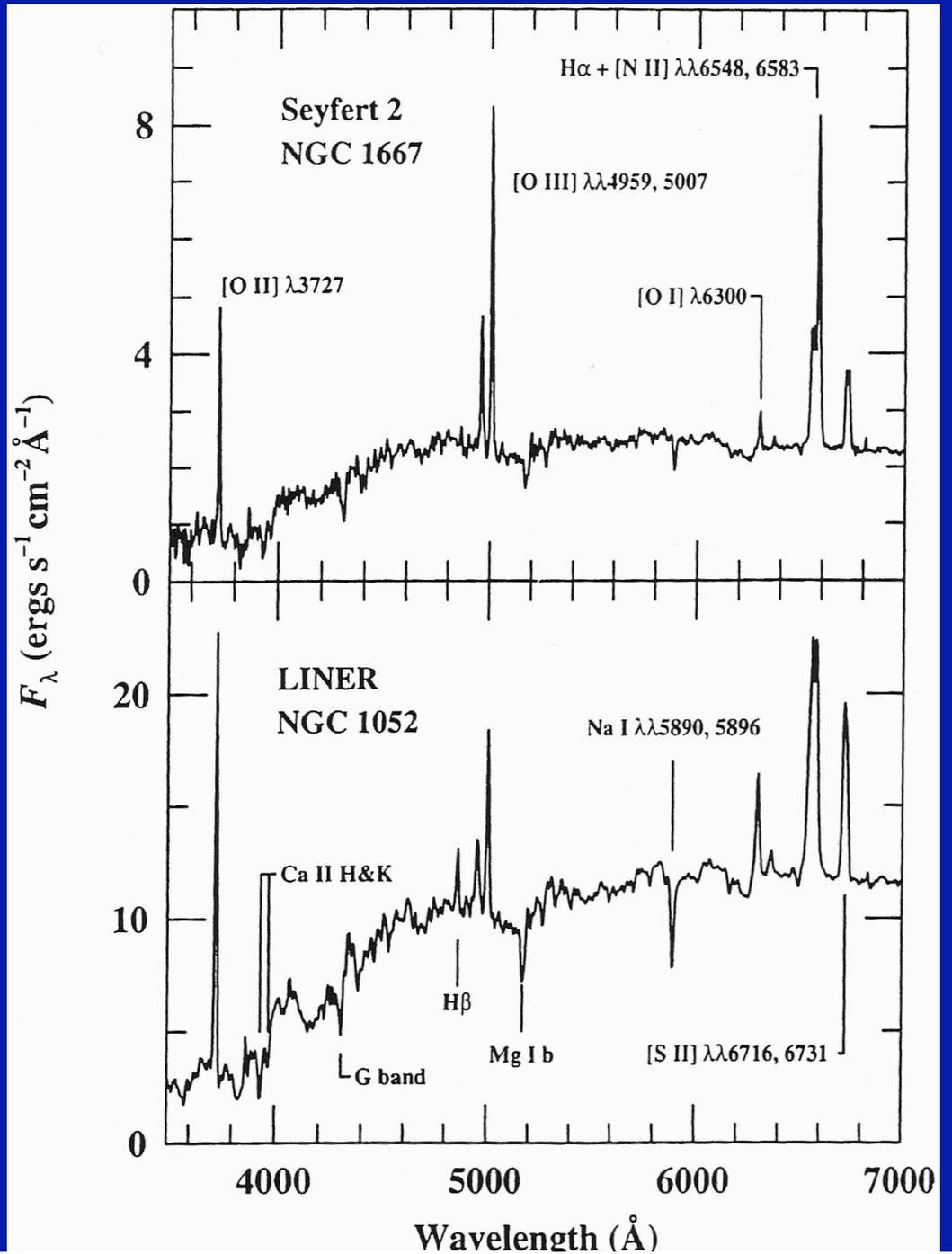
Características Observacionales Generales

- Líneas de emisión ópticas características:
 - Anchos equivalentes (EW) muy grandes ($\sim 100 \text{ \AA}$)
 - Dualidad de líneas muy anchas ($> 1.000 \text{ Km/s}$) y delgadas ($< 500 \text{ Km/s}$)
- Alta variabilidad:
 - Típicamente en escala de tiempo de semanas hasta años (algunos incluso días!)
 - Sin periodicidad aparente (espectro de Fourier ancho)
- Emisión Polarizada:
 - Polarización lineal, usualmente 0.5-2%

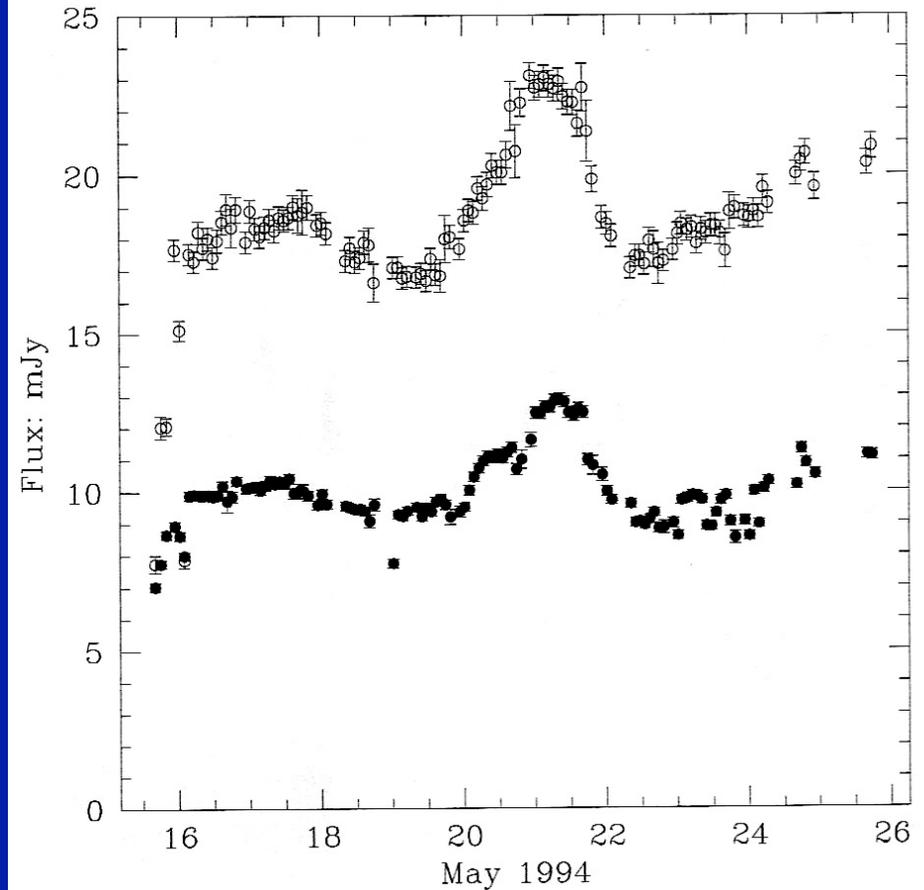
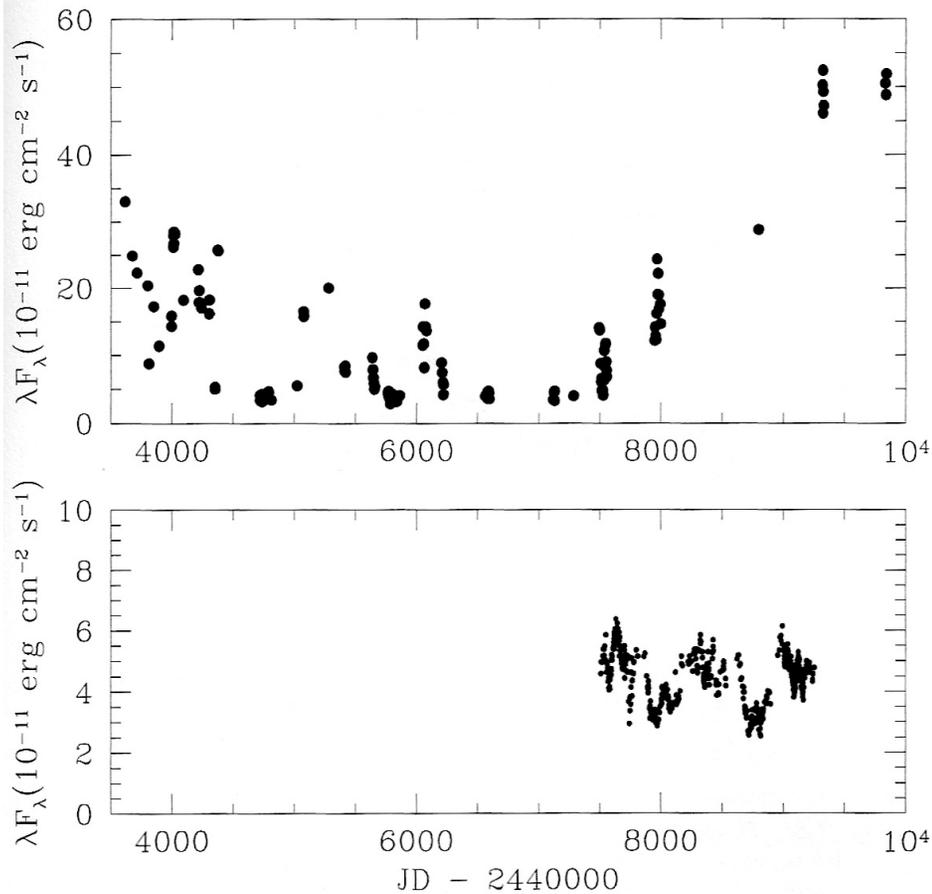
Líneas de emisión en AGN



- LINERs v/s Seyfert 2s
 - Líneas de elementos de más baja ionización



Variabilidad



Izq. arriba: curva luz UV ngc 4151, izq. abajo: ngc 5548 (Sy 1 galaxies)
Der: PKS 2155-304 (BL Lac) @1400Å abajo y @2800Å arriba

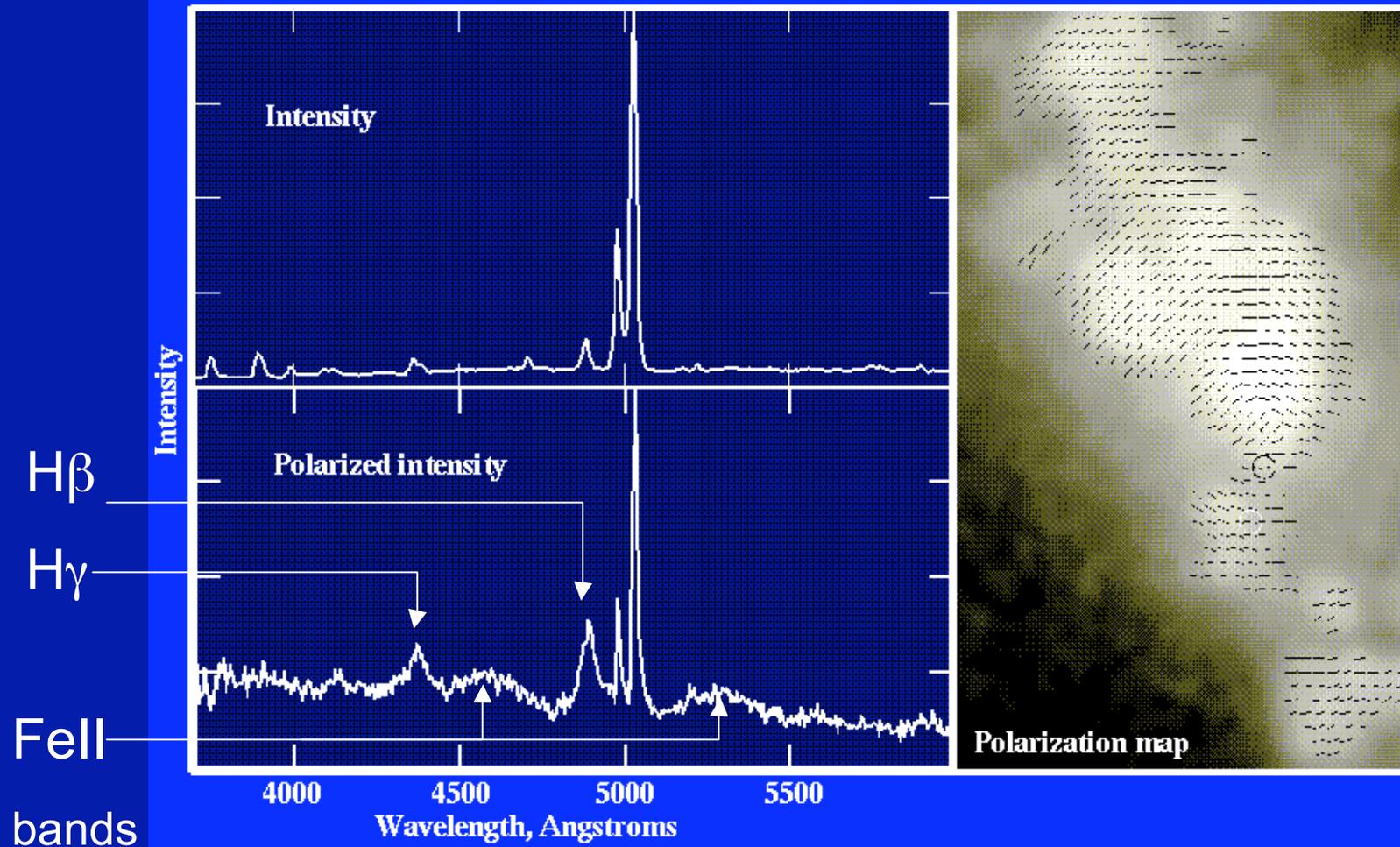
Variabilidad y tamaño físico

- Para que una fuente muestre una variabilidad dentro de un intervalo Δt , su tamaño no puede superar $R \sim c \Delta t$.
- Para un QSO que tiene una variabilidad de horas, esto implica un tamaño físico de unas pocas U.A.
 - 1 hora-luz = 7.2 U.A.
- En el caso de un agujero negro:

$$R_S = \frac{2GM}{c^2} = 1.97 \left(\frac{M}{10^8 M_\odot} \right) U.A.$$

Polarización

Polarization and the Hidden Nucleus of NGC 1068



ngc 1068: Clasificado Sy 2, a 18.4 Mpc
Espectro polarizado parece Sy 1!!!

Resumen de propiedades v/s tipos de AGN

- Vista “3D”:
 - Ancho de líneas
 - Variabilidad
 - Emisión en Radio
- Hay de todas las combinaciones excepto alta variabilidad & silencioso en radio

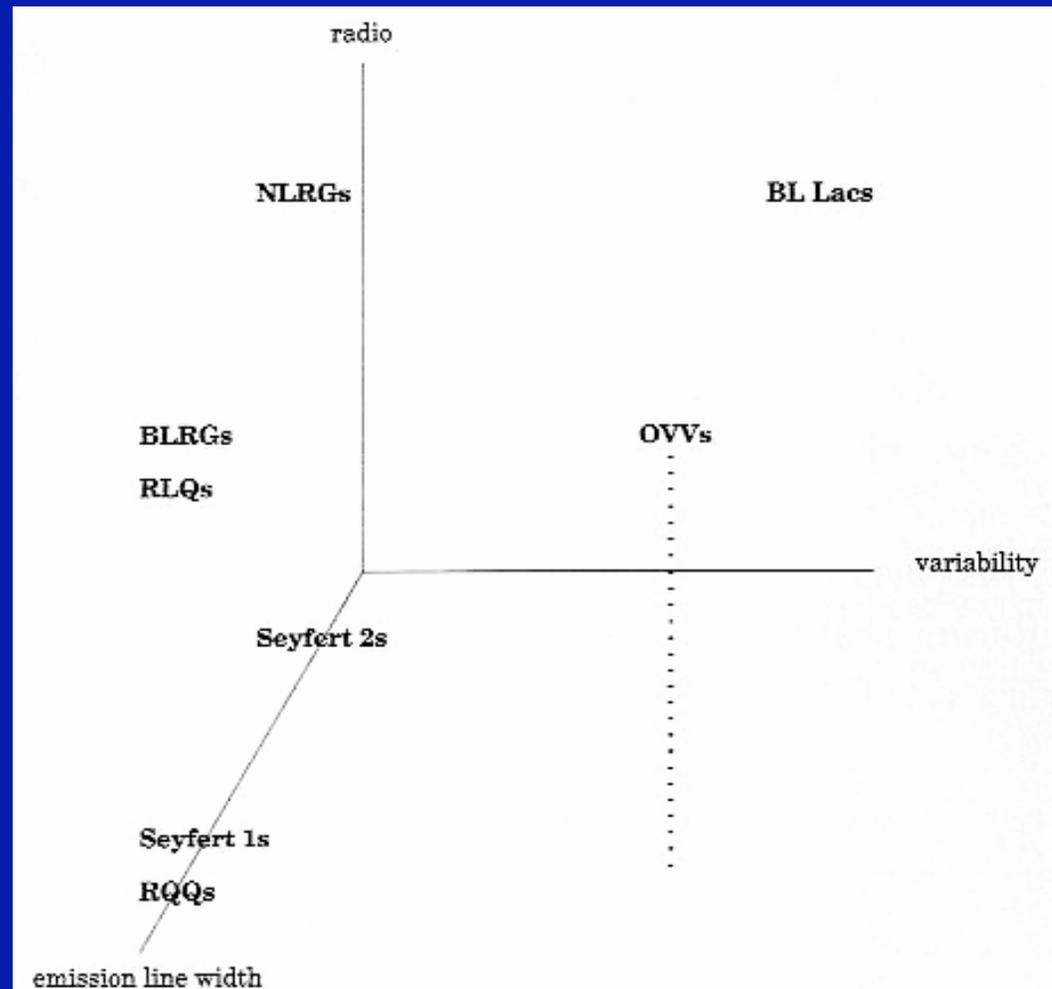
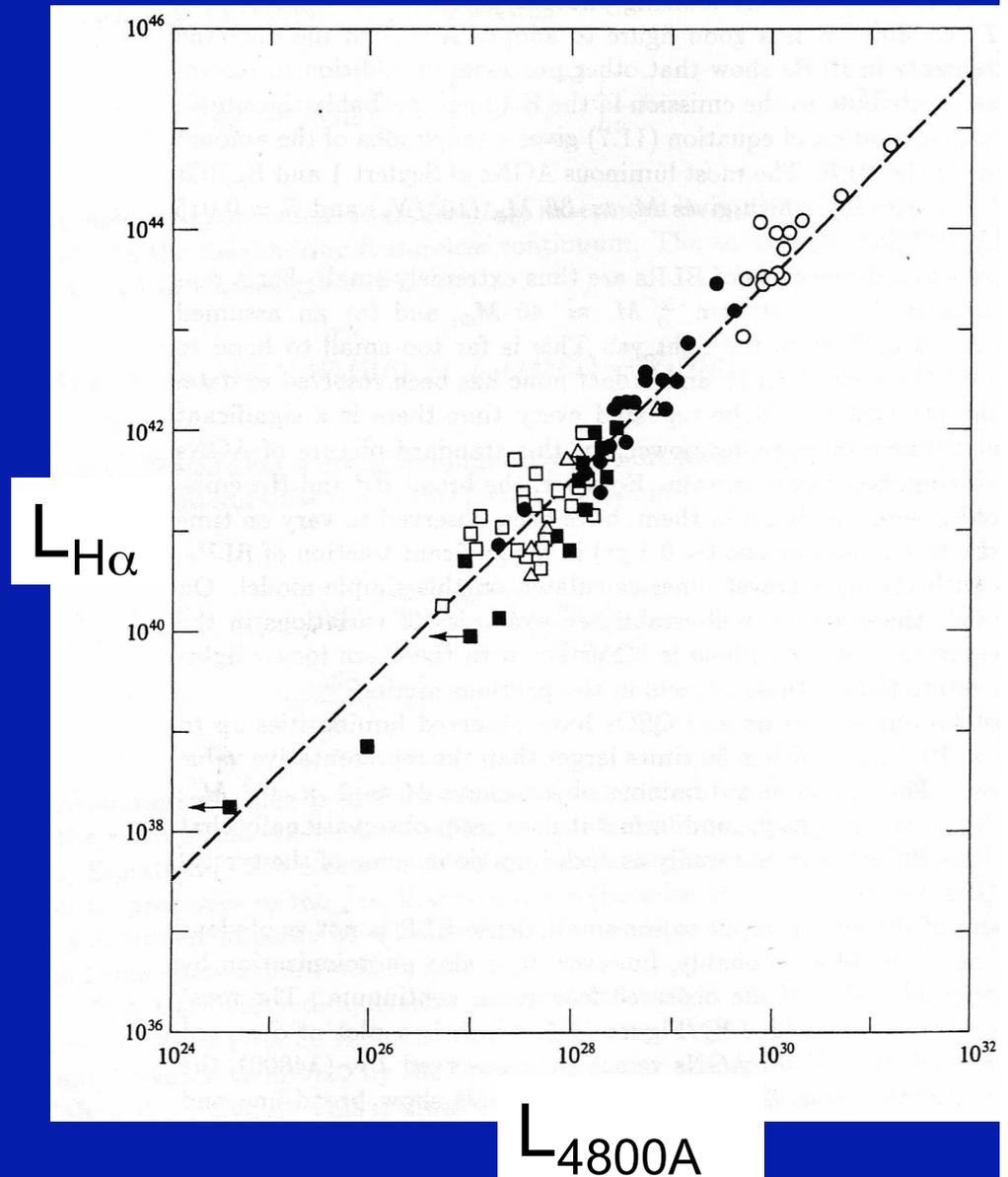


Table 1.2: The AGN Bestiary

Beast	Pointlike	Broad-band	Broad Lines	Narrow Lines	Radio	Variable	Polarized
Radio-loud quasars	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Some	Some
Radio-quiet quasars	Yes	Yes	Yes	Yes	Weak	Weak	Weak
Broad line radio galaxies (FR2 only)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Weak	Weak
Narrow line radio galaxies (FR1 and FR2)	No	No	No	Yes	Yes	No	No
OVV quasars	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BL Lac objects	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes
Seyferts type 1	Yes	Yes	Yes	Yes	Weak	Some	Weak
Seyferts type 2	No	Yes	No	Yes	Weak	No	Some
LINERs	No	No	No	Yes	No	No	No

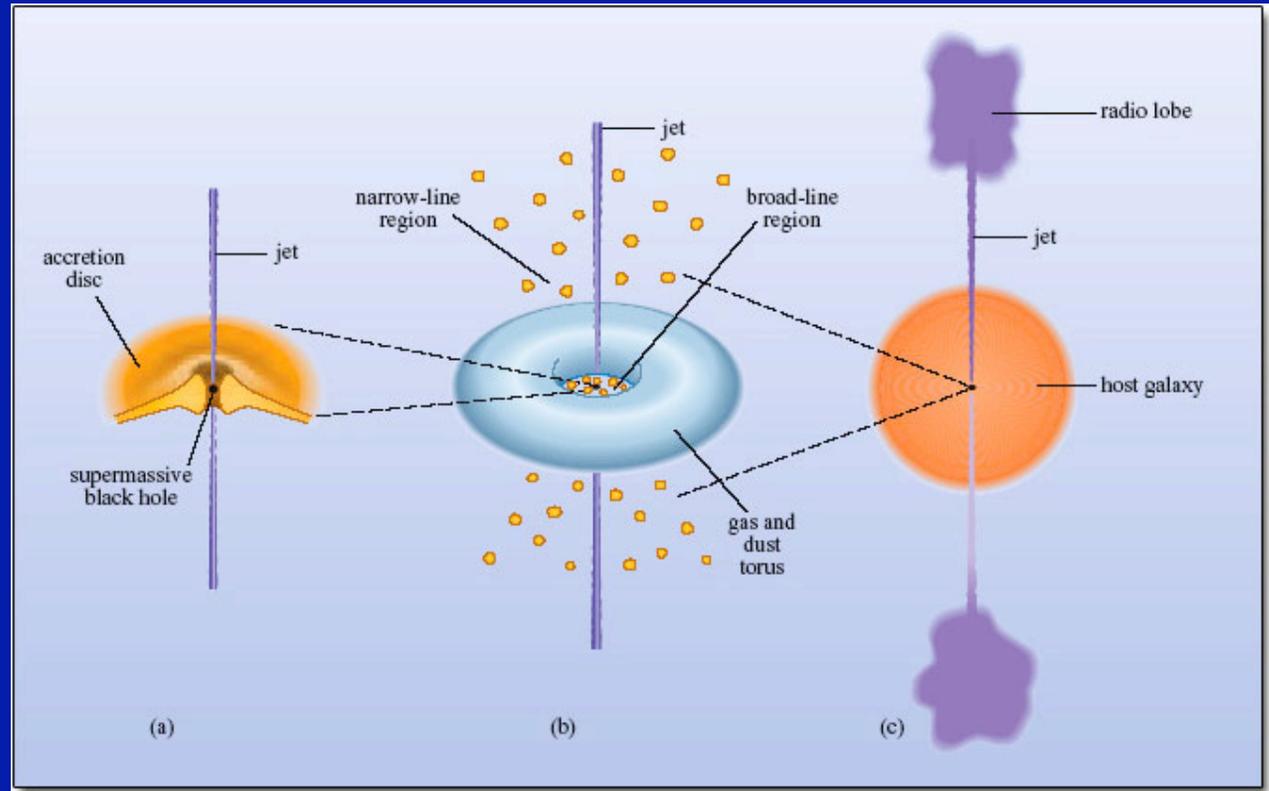
Unificación de los AGN

- Varias evidencias de que todos estos objetos pertenecen a una misma familia:
 - Observación de una Seyfert 1 en la luz polarizada de algunas Seyfert 2.
 - Existe una relación entre luminosidad de líneas y continuo que es común a varios tipos de AGN



Componentes de un AGN

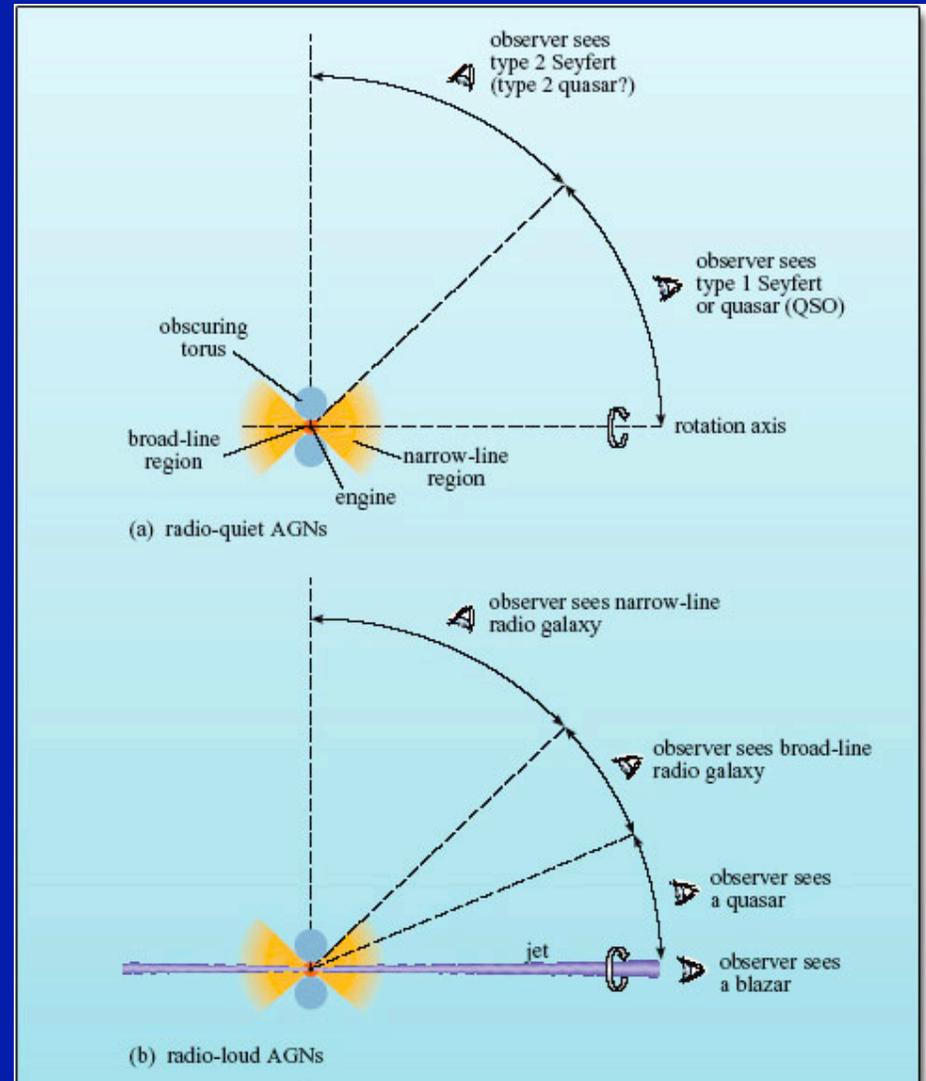
- Disco de acreción: produciría la emisión del continuo.
- Broad Line Region (BLR): produciría las líneas de emisión anchas.



- Narrow Line Region (NLR): produciría las líneas de emisión delgadas.
- Toro de polvo: Obscurecería parte de la emisión y emitiría radiación en el IR.
- Jets / Lóbulos: Emitirían en el Radio

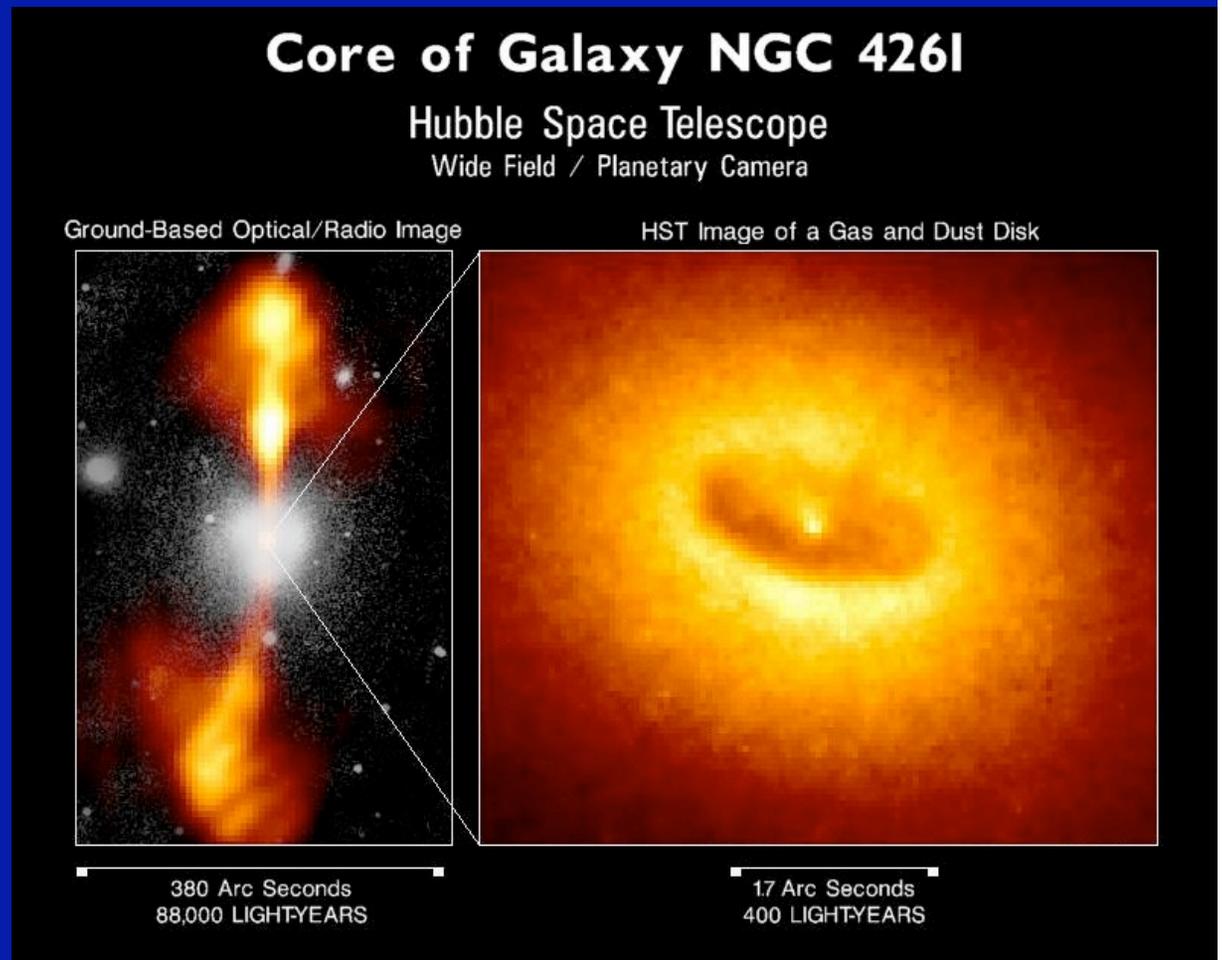
Ángulo de visión v/s tipo de AGN

- El ángulo del observador con respecto al toro determinaría si se ven líneas anchas o no.
- Los objetos BL Lac serían consecuencia de mirar directo hacia el Jet.



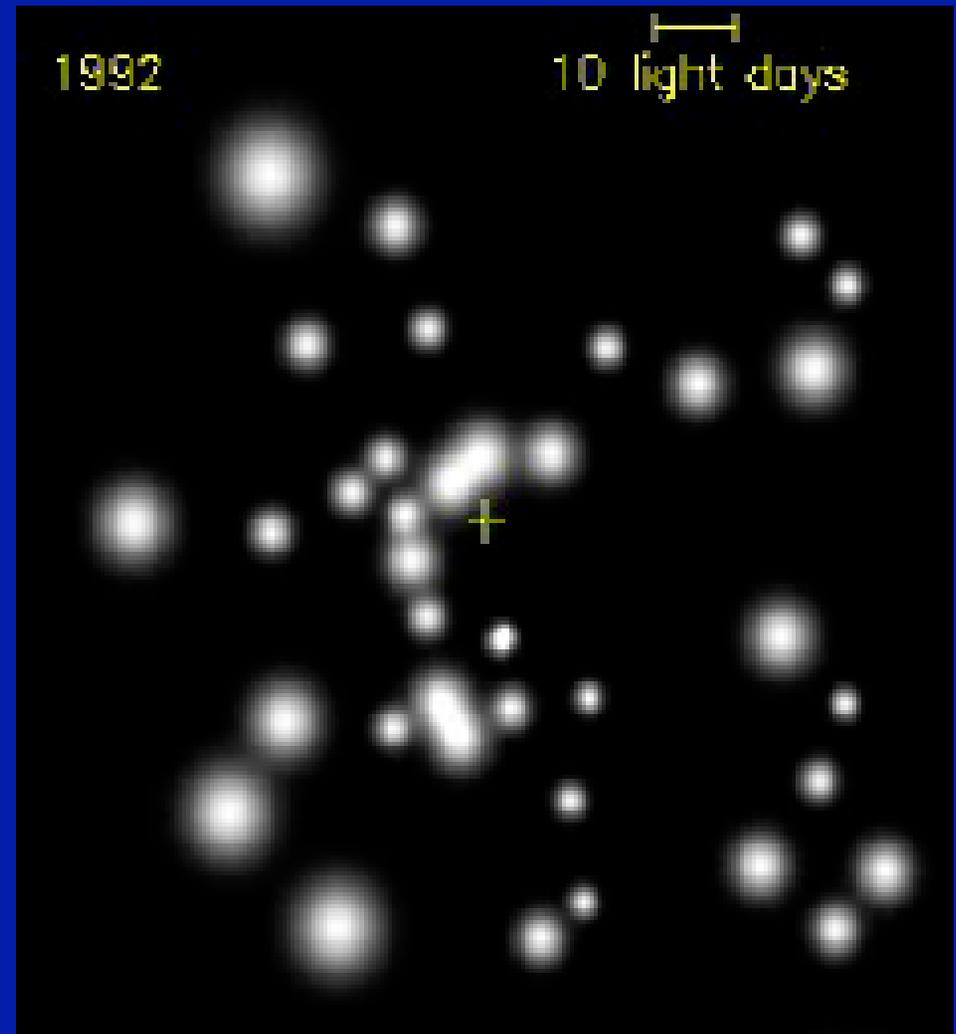
Evidencias a favor de Unificación

- LINER que muestra:
 - toro de polvo
(Imagen HST: WFPC2)
 - Jets en radio perpendiculares al toro



Evidencias a favor de Unificación

- Órbitas de estrellas en Sagitario A*
 - Fit da una masa de $\sim 4 \times 10^6 M_{\text{sol}}$
 - Perfil de densidad no consistente con ningún cúmulo estelar
- Resultado análogo obtenido en cada galaxia donde se ha podido medir



Evidencias a favor de Unificación

- Órbitas de estrellas en Sagitario A*
 - Fit da una masa de $\sim 4 \times 10^6 M_{\text{sol}}$
 - Perfil de densidad no consistente con ningún cúmulo estelar

(figura de Ghez et al. 1998, ver tb. Gillessen et al. 2009)

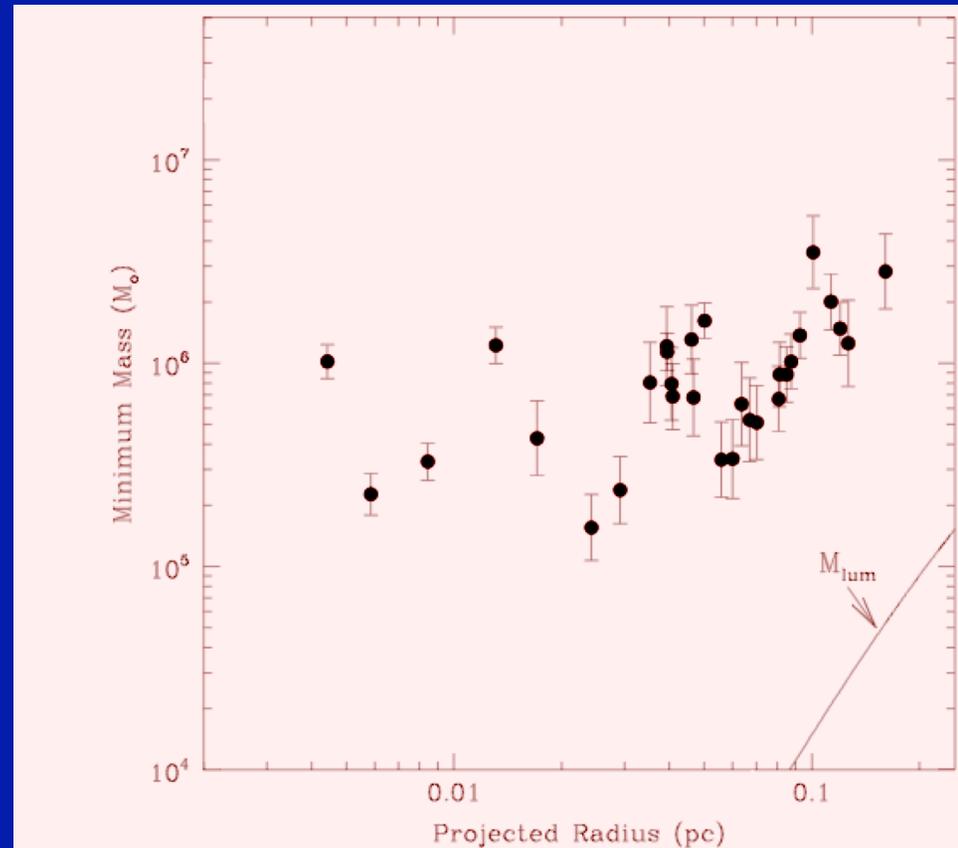
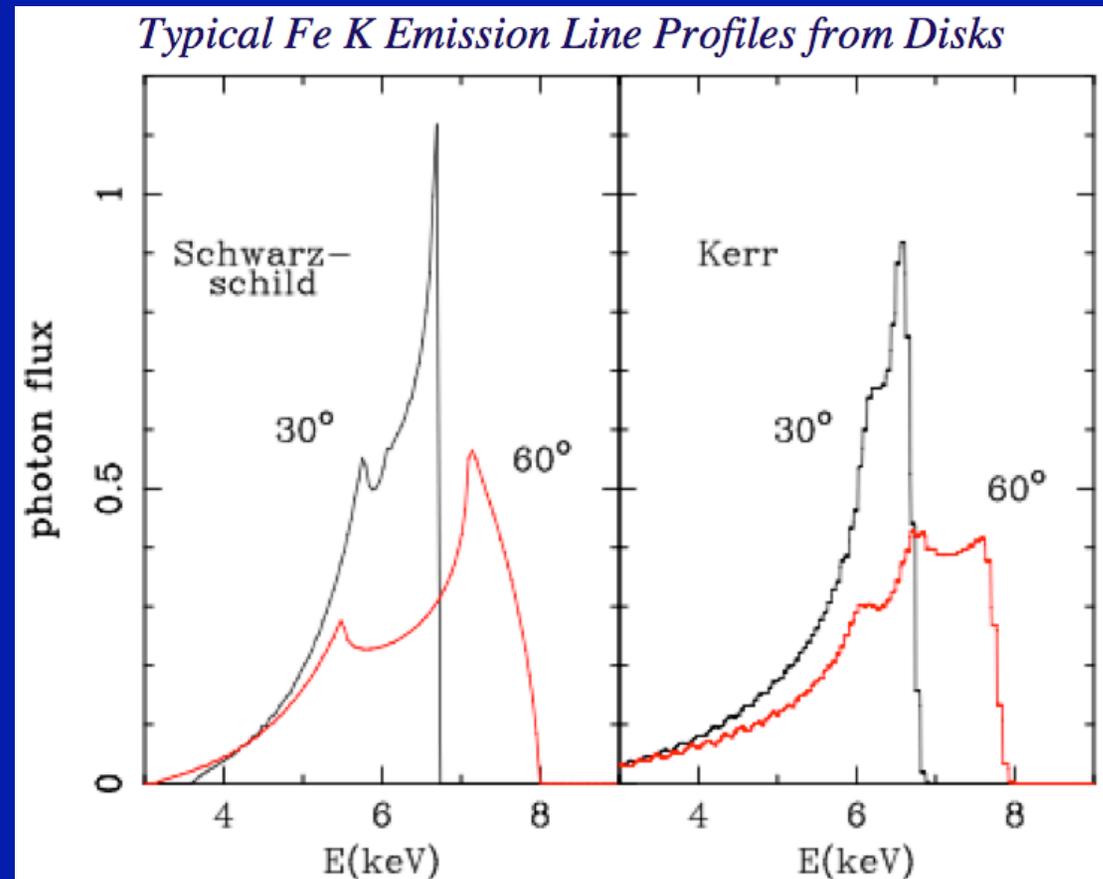


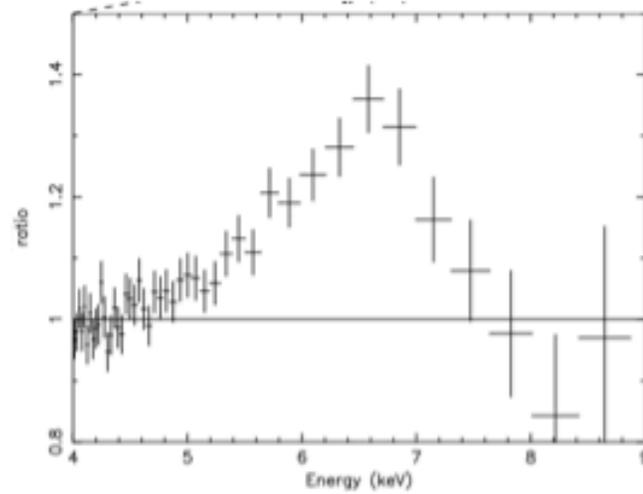
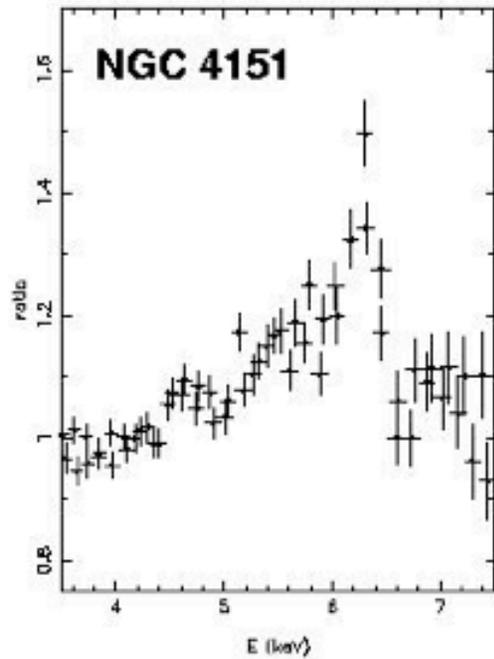
FIG. 6.—Minimum enclosed mass as a function of projected radius inferred from the 30 stars with $v/\sigma_v \geq 4$. The solid line in the lower right corner is an extrapolation of the enclosed luminous matter curve from Genzel et al. (1996). Each star suggests the presence of a central dark mass of roughly a million M_{\odot} .

Evidencias a favor de Unificación (y R.G.)

- Relatividad general predice que la luz sufre redshift gravitacional además del shift cinemático
- Modelos de emisión de la línea de Fe K (6.4 keV) asimétrica y deforme

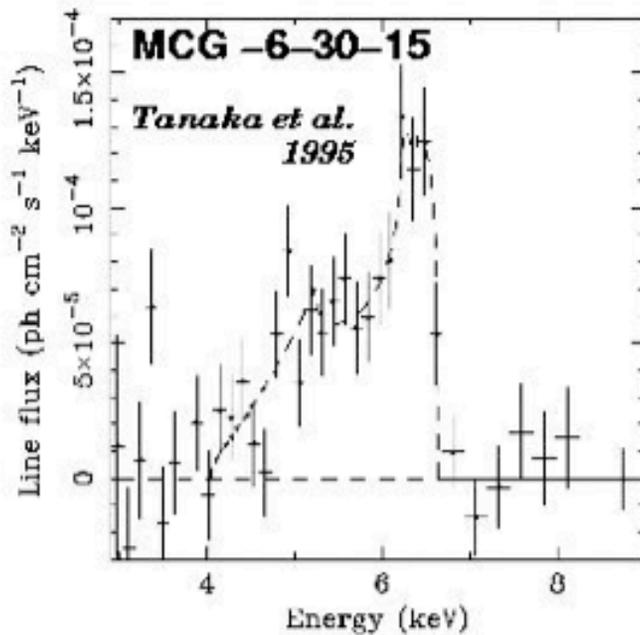


Yaqoob et al. 1995

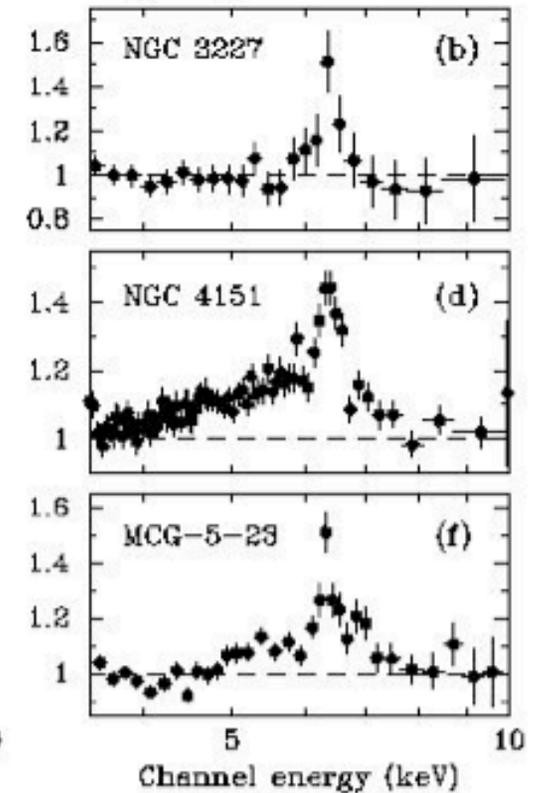
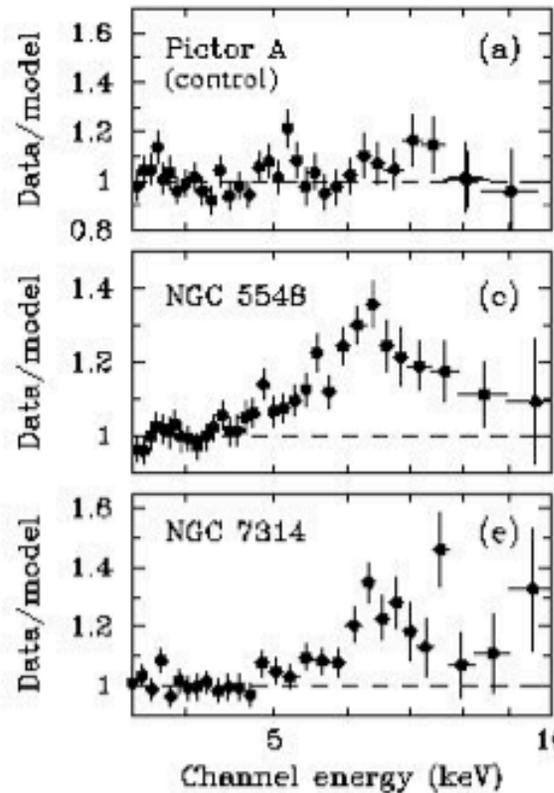


In X-ray Binaries too (although this line profile measured by Chandra).

GX 339-4
Miller et al. 2004



Yaqoob, Weaver 1996



Propiedades físicas típicas de las componentes

Component	Location	Density
Accretion disk	10^{-3} pc	$\sim 10^{15}$ cm $^{-3}$
BLR	0.01–1 pc	$\sim 10^{10}$ cm $^{-3}$
Torus	1–10 pc	10^3 – 10^6 cm $^{-3}$
HIG	~ 1 pc	10^3 – 10^5 cm $^{-3}$
NLR	100–1000 pc	10^3 – 10^5 cm $^{-3}$
Starburst	~ 1000 pc	10^0 – 10^3 cm $^{-3}$