



AGNs y contrapartes multimensajeras

4ta clase



Contenido

- AGNs y coincidencias con neutrinos
- Blazares - candidatos a UHECRs
- Blazares y periodicidad, ¿ondas gravitacionales?

Seyfert y coincidencia con neutrinos

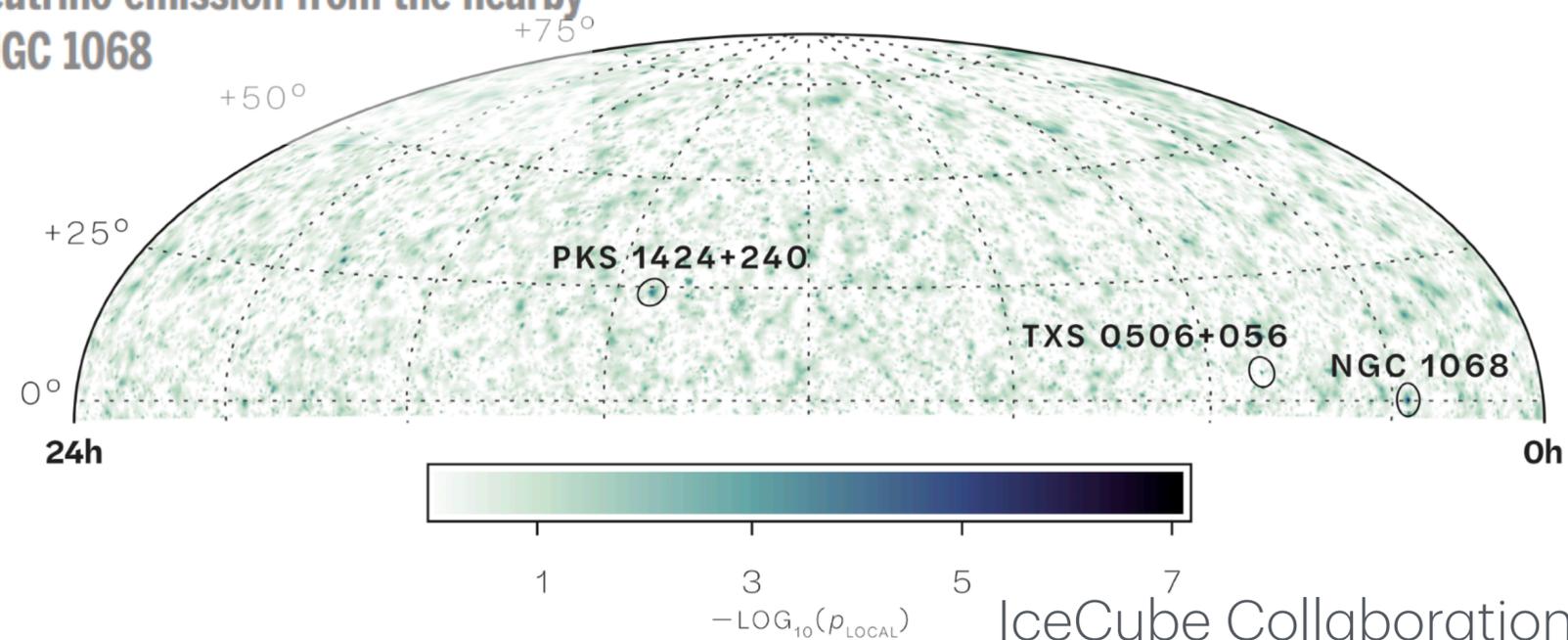
NGC 1068

- Asociación espacial entre la galaxia NGC 1068 y emisión de neutonios
- Emisión de neutonios de alta energía usando datos de IceCube entre el **2011 y 2020**.
- Se encontró un exceso de 79^{+22}_{-20} neutonios asociados con la galaxia seyfert NGC 1068
- Esta asociación se da a una significancia de 4.2σ .

NEUTRINO ASTROPHYSICS

Evidence for neutrino emission from the nearby active galaxy NGC 1068

IceCube Collaboration*†



IceCube Collaboration, 2022

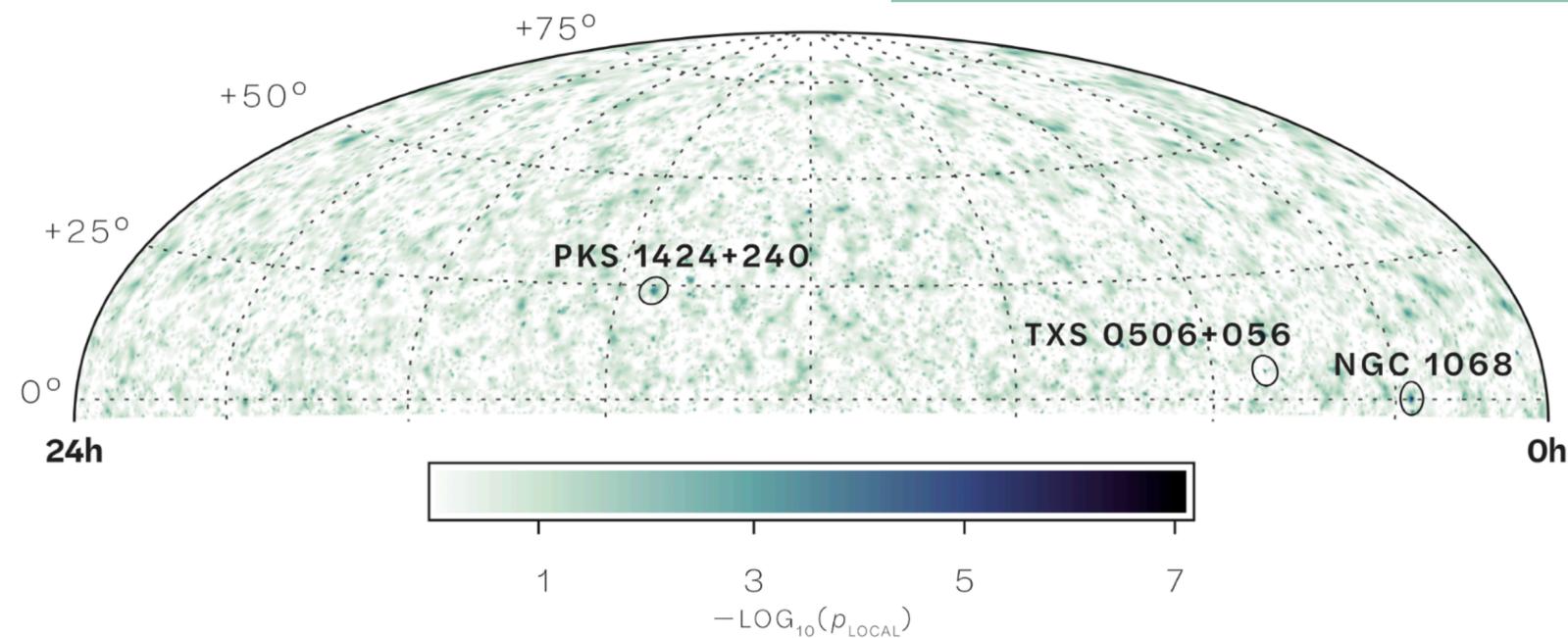
- Detección en los AGNs:
 - NGC 1068, 4.2σ
 - PKS 1424+240, 3.7σ
 - TXS 0506+056, 3.5σ

Seyfert y coincidencia con neutrinos

NGC 1068

- Asociación espacial entre la galaxia y los neutrinos
- Emisión de neutrinos de alta energía detectada entre el **2011 y 2020**.
- Se encontró un exceso de 79^{+22}_{-20} neutrinos de alta energía asociados a la galaxia seyfert NGC 1068
- Esta asociación se da a una significancia estadística de 4.2σ

Emisión
continua
durante los 9
años de
observación



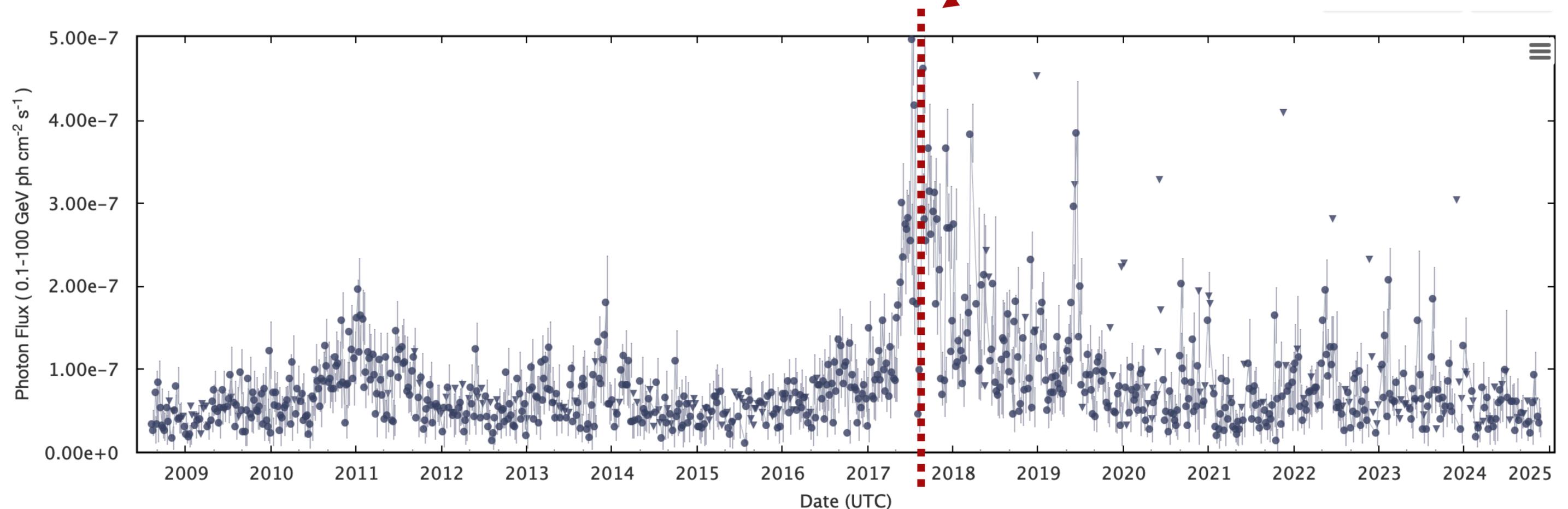
- Detección en los AGNs:
 - NGC 1068, 4.2σ
 - PKS 1424+240, 3.7σ
 - TXS 0506+056, 3.5σ

Blazares y coincidencia con neutrinos

TXS 0506+056

Tiempo de
detección del
exceso de neutonios

- TXS 0506+056 podría ser emisora de neutrinos constantemente pero también en estado de flare.
- Coincidencia espacio temporal con un evento de neutrinos con IceCube, con una significancia de $\sim 3\sigma$

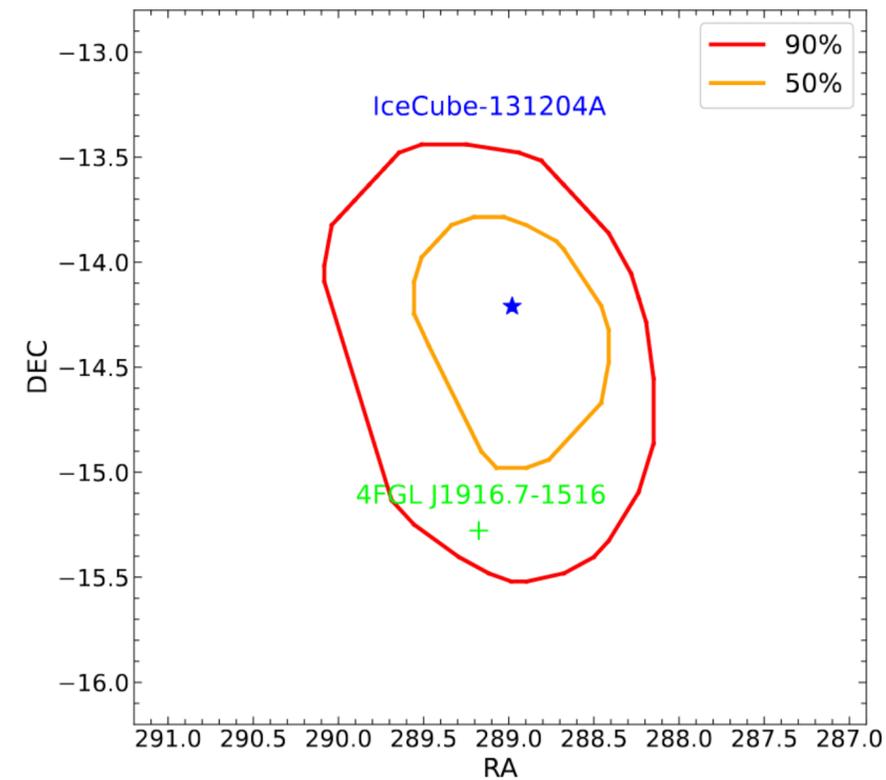
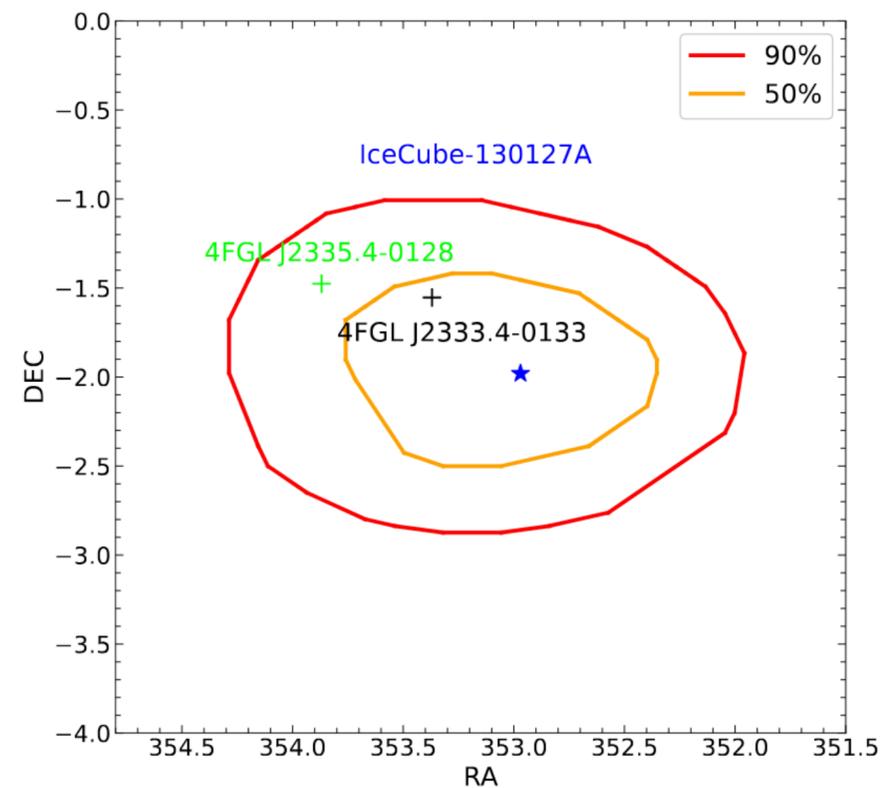


Curva de luz de TXS0506+056 observada por Fermi LAT. Obtenida base de datos de Fermi LAT.

AGNs con posible emisión de neutrinos

Ejemplos más recientes:

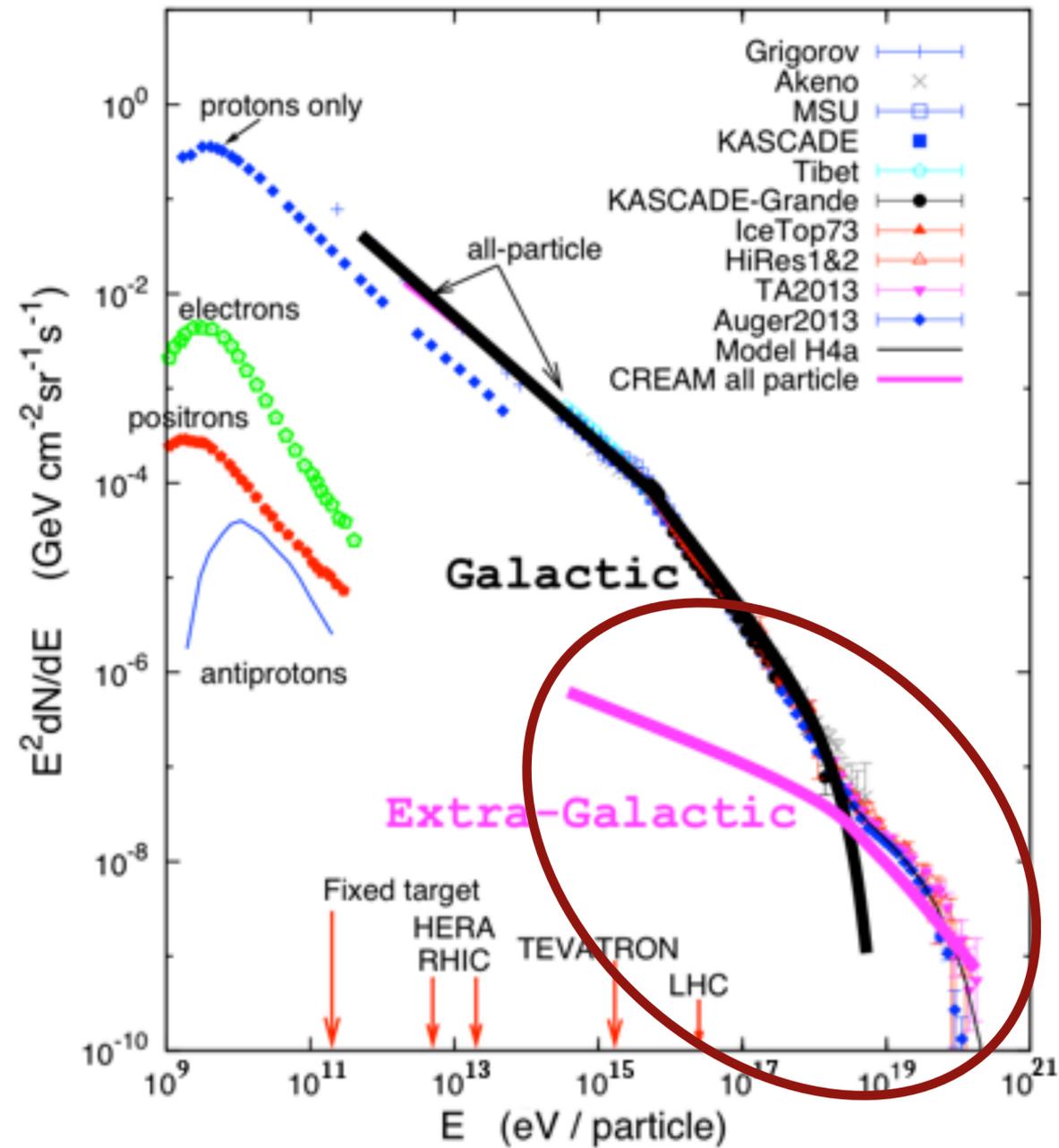
- PKS 2332–017 y PMN J1916–1519 presentan coincidencia espacio temporal con el evento neutrino IC-130127 y IC-131204A, respectivamente.



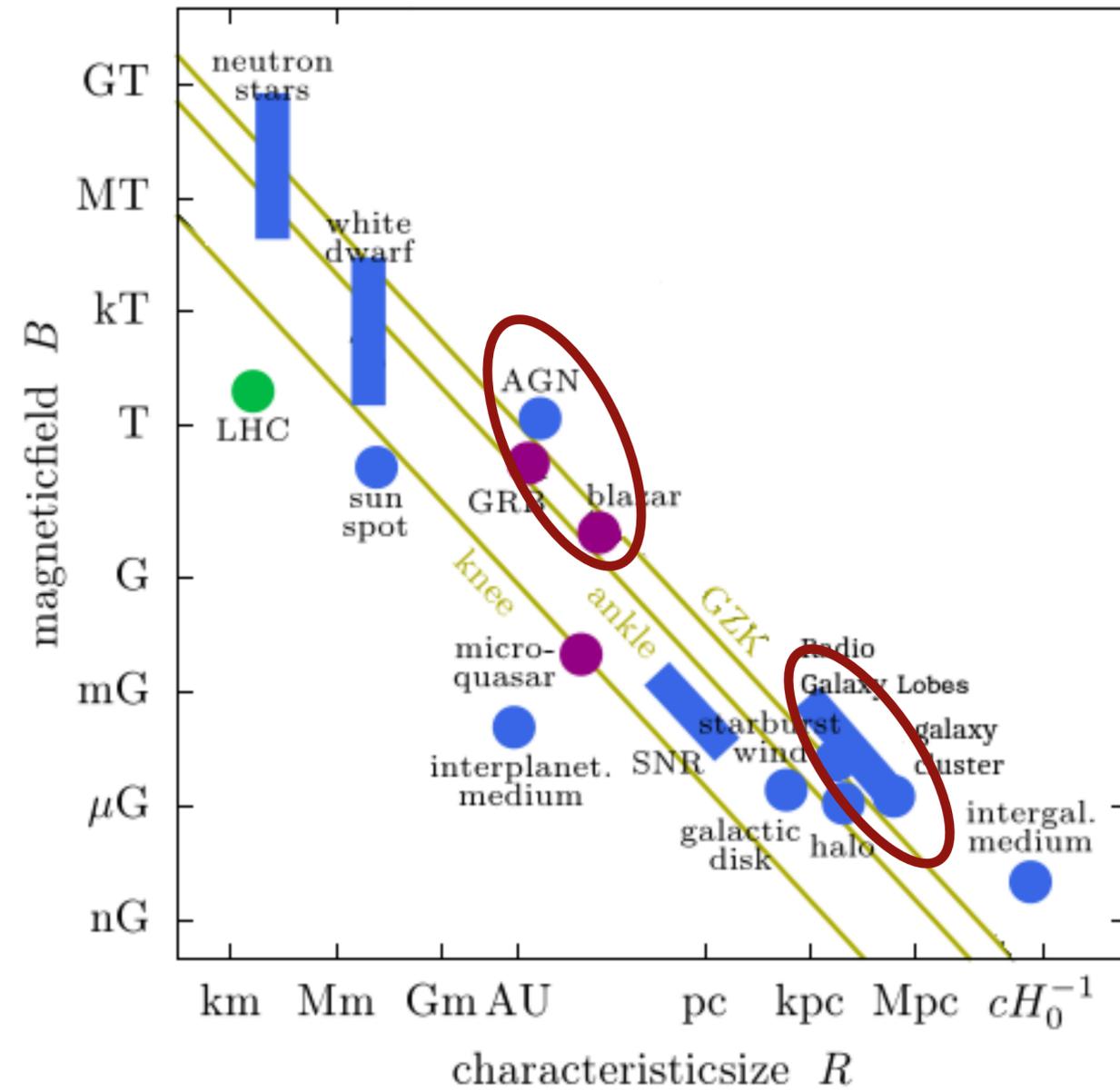
AGNs y UHECR

Espectro de Rayos C3smicos

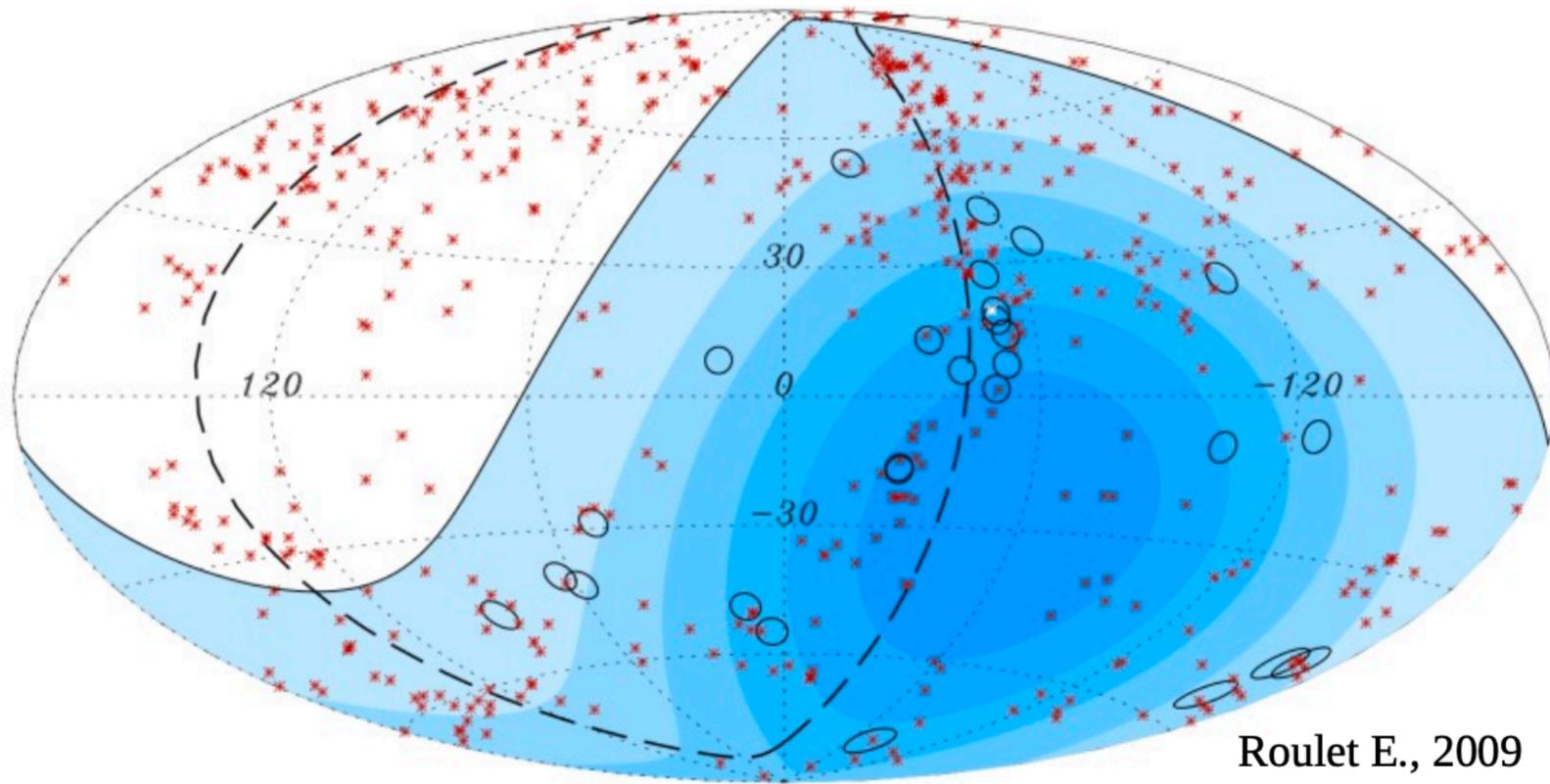
Energies and rates of the cosmic-ray particles



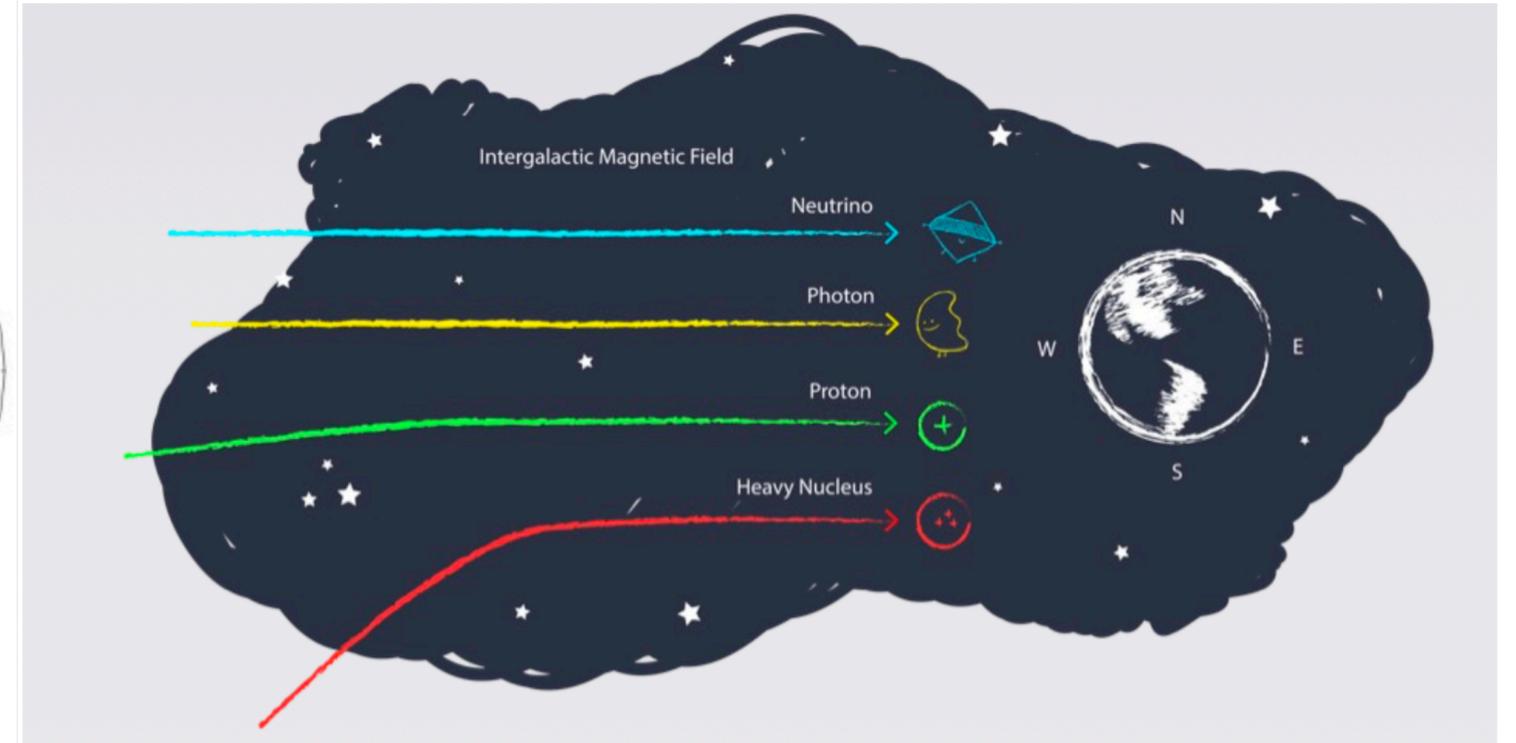
Gr3fica de Hillas



AGNs y UHECR



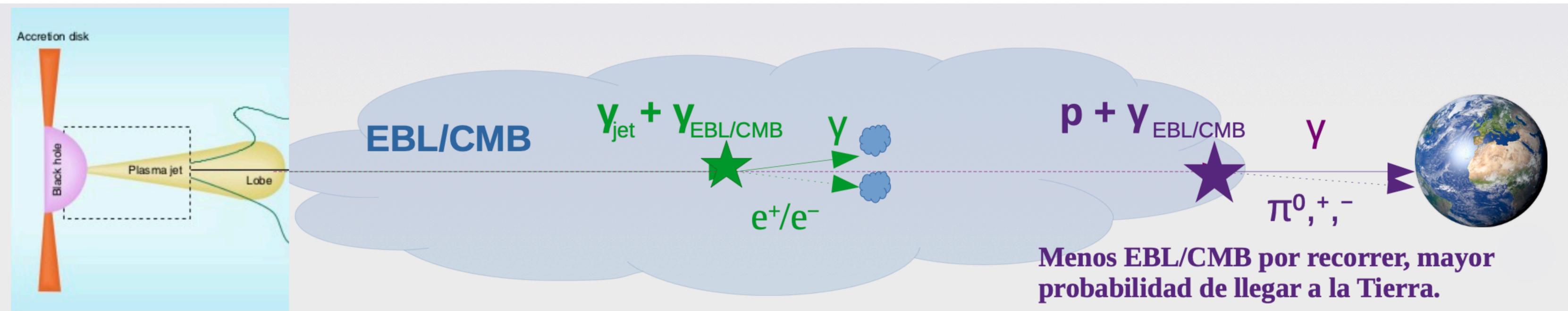
El Observatorio de Pierre Auger reporta correlación espacial entre rayos cósmicos de energía >57 EeV (Ema, 10^{18}) y AGNs a 75 Mpc.



El grado de deflexión es mayor para una partícula con más masa.

Sin embargo, la correlación entre estos mismos UHECRs es tan fuerte con galaxias normales. (Abreu P., et al, 2010)

Formas de detección de emisión proveniente de UHECRs



Los rayos cósmicos salen del AGN e interactúan con fotones del EBL de forma

Cascadas electromagnéticas: $\gamma_{AGN} + \gamma_{EBL} \rightarrow e^+ + e^- + \gamma$

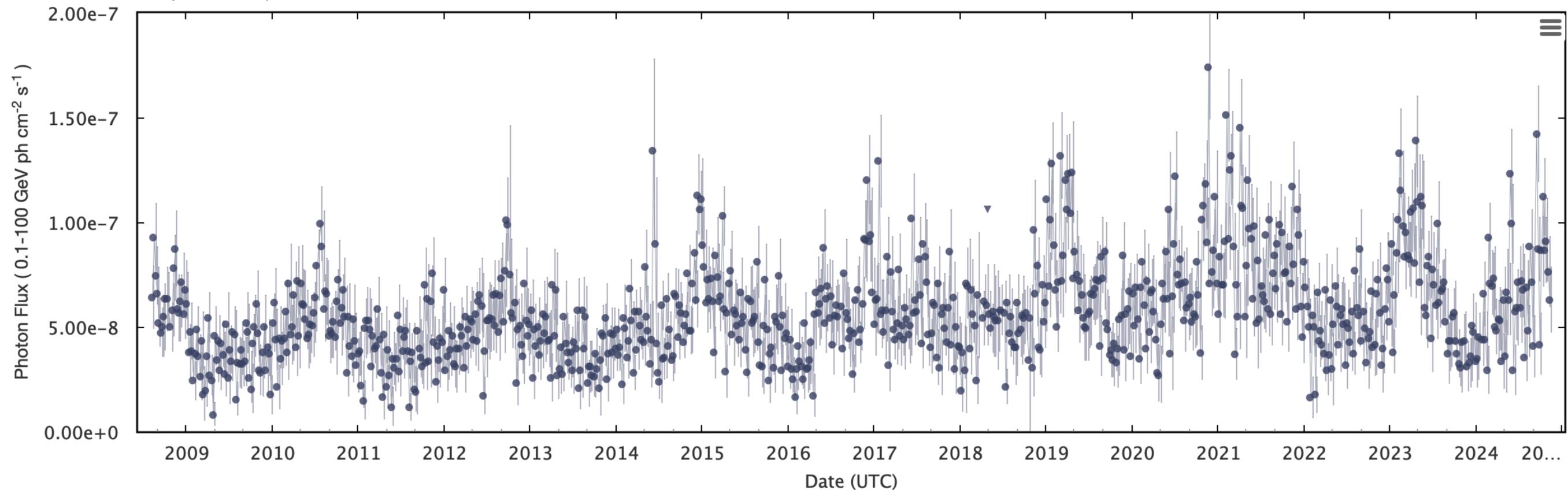
Interactúan antes y la probabilidad de ser absorbidos es mayor.

Interacciones hadrónicas: $p + \gamma_{EBL} \rightarrow p' + 2\gamma_{TeV}$

Por su energía, la interacción se da a distancias más cercanas a la Tierra

Periodicidad en blazares

- Se han observado curvas de luz de blazares que presentan periodicidad. Algunos ejemplos son Mrk 501 y PG 1553+115.
- Mrk 501 se encuentra a un $z = 0.0308$.
- PG 1553+113 está a un $z = 0.4 - 0.6$.
- Debido a esta periodicidad de flujo se propone que el núcleo se forma de un sistema binario de Agujeros Negros Super Masivos (SMBH)



Curva de luz de PG1553+113 de Fermi de 0.1-100 GeV de energía. Obtenida base de datos de Fermi LAT.

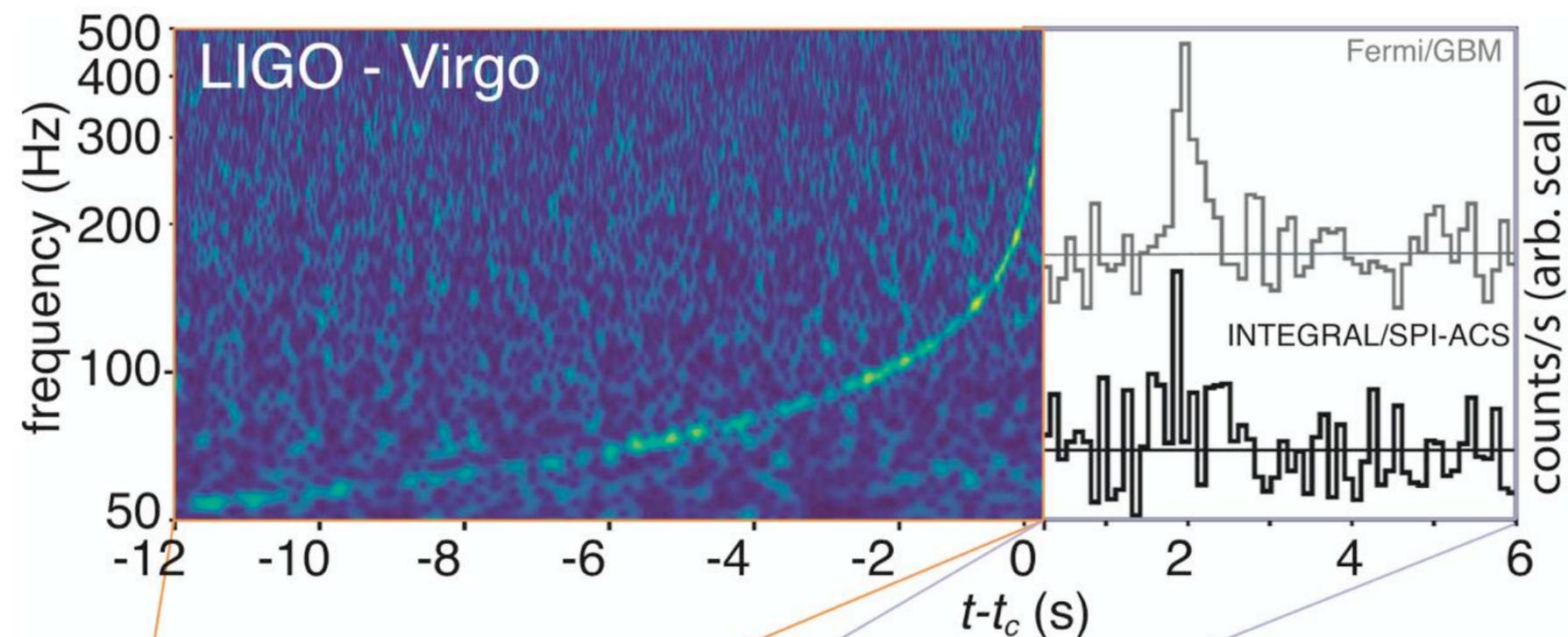
Periodicidad en blazares

¿Posible detección de ondas gravitacionales?

- Una forma de probar que los blazares con periodicidad se componen de un sistema binario de agujeros negros, es por medio de la observación de ondas gravitacionales.
- La primer onda gravitacional detectada fue GW150914, sistema de agujeros negros estelares, a una distancia de $z = 0.94$.

Onda gravitacional detectada por LIGO en 2015 de un sistema binario de agujeros negros estelares.

Abbott et al, 2016

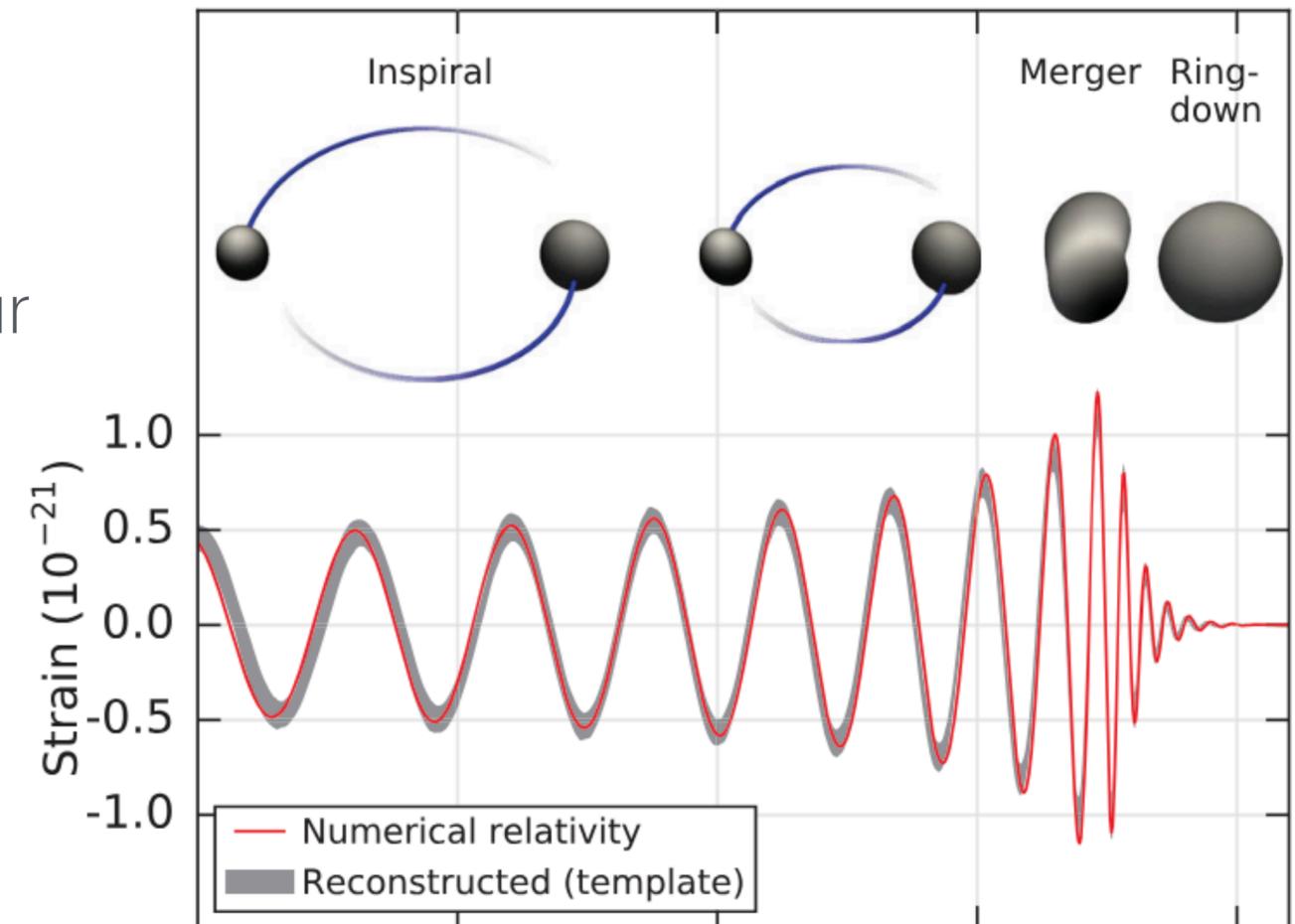


Abbott et al, 2017.

La onda gravitacional se empezó a detectar 12 seg antes de la colisión. Esta colisión tuvo contraparte electromagnética.

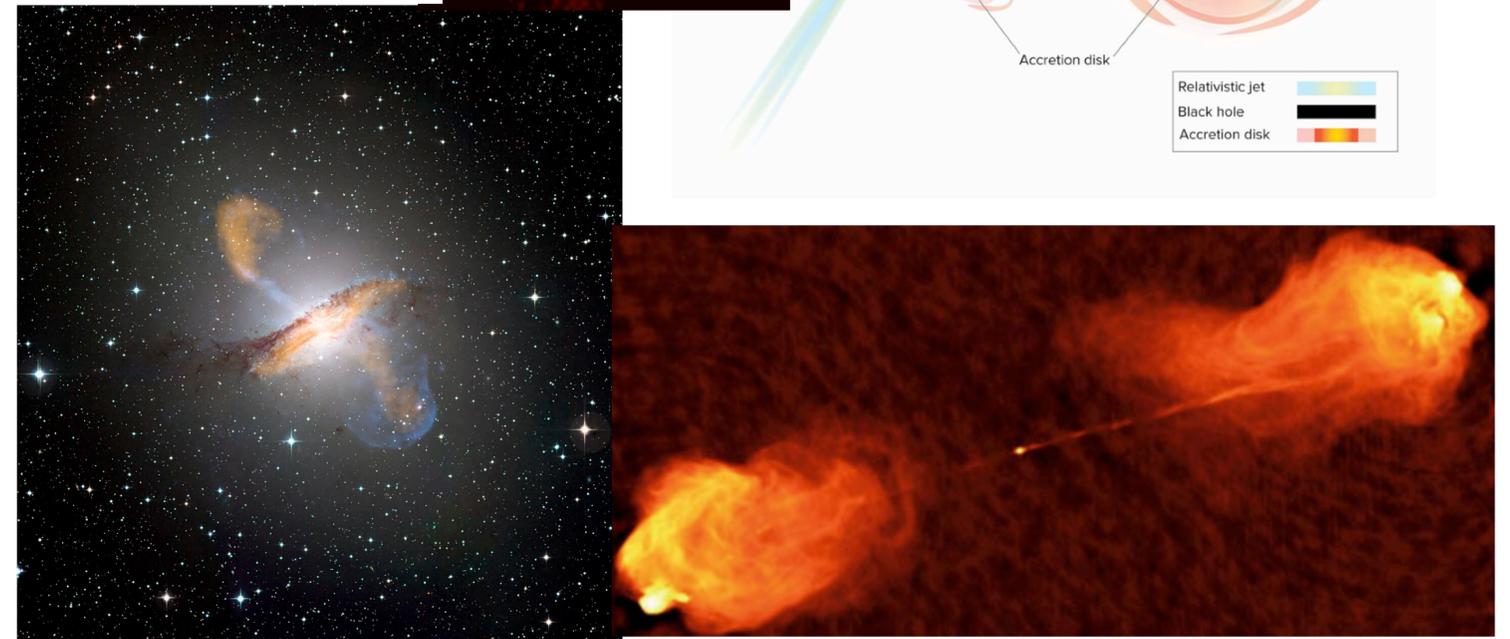
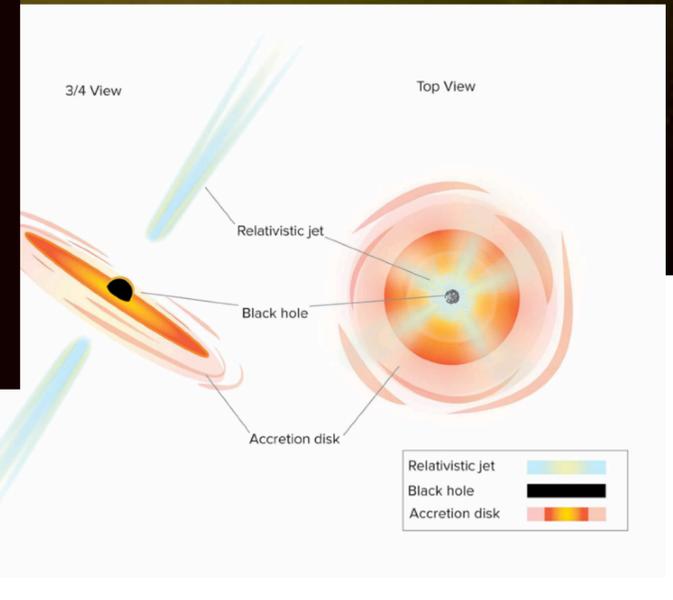
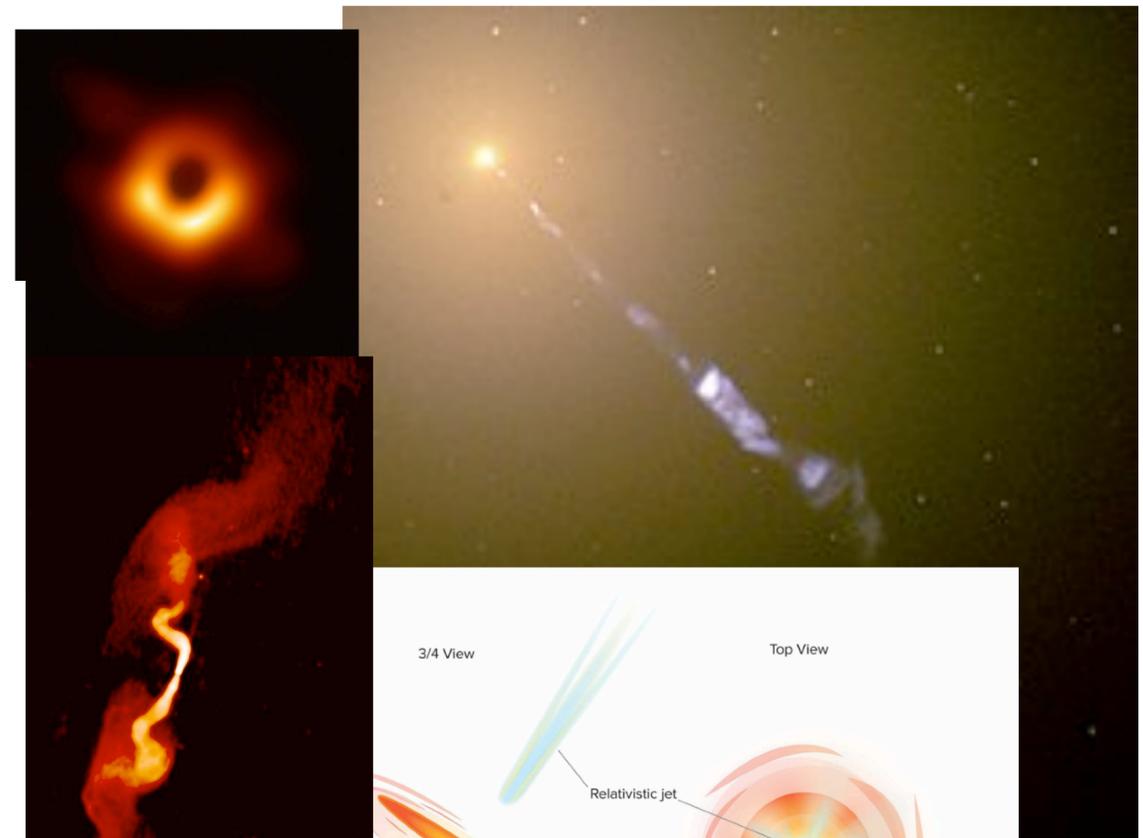
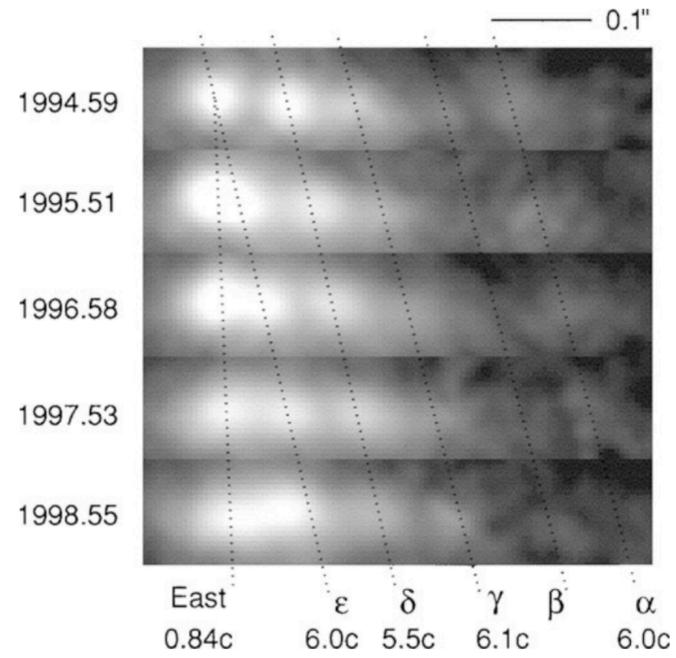
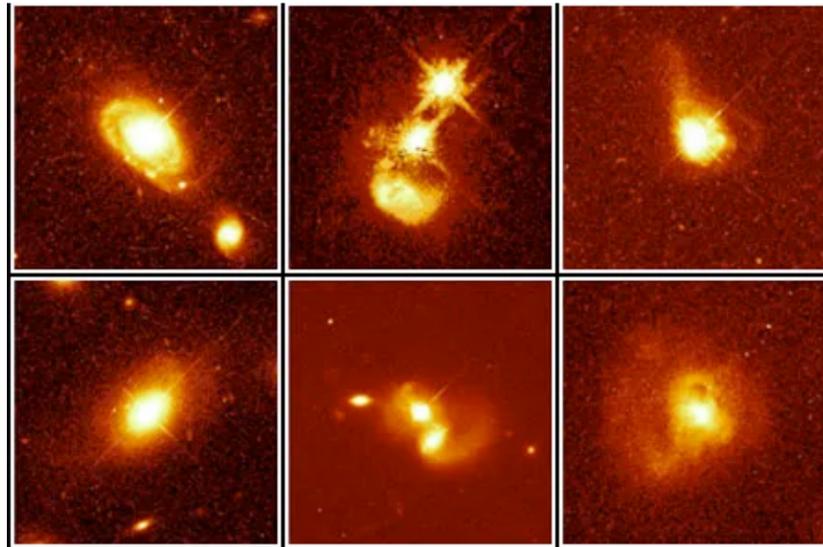
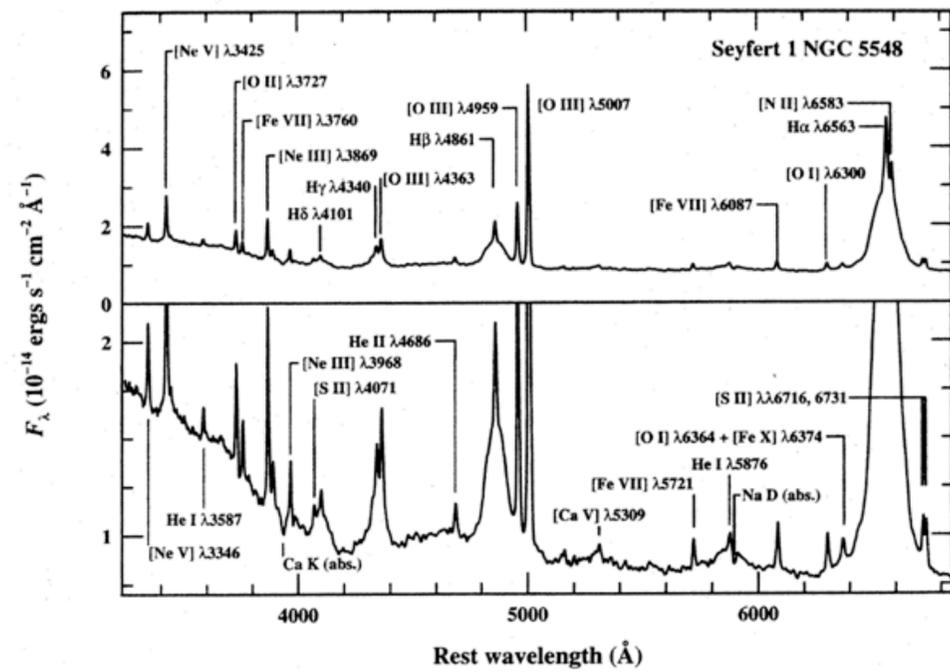
Periodicidad en blazares

- El Laser Interferometer Space Antenna (LISA) será un detector de ondas gravitacionales que empezará funcionamiento en el 2037.
- LISA podrá observar ondas gravitacionales a menor frecuencia (0.1 mHz hasta 1 Hz). Para sistemas binarios de SMBHs, LISA podrá detectar ondas gravitacionales desde meses hasta años antes de la colisión.
- Estos eventos podrían producir ondas gravitacionales muy intensas, sin embargo, los detectores LIGO-Virgo, no las han detectado hasta ahora.



Abbott et al, 2017.

Resumen de AGNs



Resumen de AGNs

- Objetos extremos que tienen como motor central a un Agujero Negro Super Masivo.
- Su emisión se compone en varias bandas de energía.
 - Para los AGNs con jet, la emisión puede ser desde radio hasta rayos gamma de TeV.
- Su flujo varía desde minutos hasta años. La rápida variabilidad se da en regiones compactas.
- Dada su geometría y por sus velocidades relativistas, se ven afectados el ángulo de colimación, la frecuencia observada y la intensidad de flujo observada.
- Por su geometría, el jet se observa con una velocidad transversal superlumínica.
- El modelo SSC no siempre describe sus comportamientos, necesitamos otro u otros mecanismos.
- Hay indicaciones de que son emisores continuos de neutrinos astrofísicos.
- Son candidatos a UHECR.