



# Búsqueda de emisiones en TeV de sGRBs como posibles contrapartes de ondas gravitacionales

**J. A. Montes<sup>1</sup>, M. M. González<sup>1</sup>, Y. Pérez<sup>1</sup>, N. Fraija<sup>1</sup> & J. R. Sacahui<sup>2</sup>**

*1. Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México.*

*2. Instituto de Investigación en Ciencias Físicas y Matemáticas, USAC Guatemala.*

# ¿Qué es un Gamma-Ray Burst (GRB)?

- Destellos o Rafagas de rayos gamma



- Origen extragaláctico

- Tipos:

- GRBs cortos ( $T_{90} < 2$  s)
- GRBs largos ( $T_{90} > 2$  s)

- Progenitores:

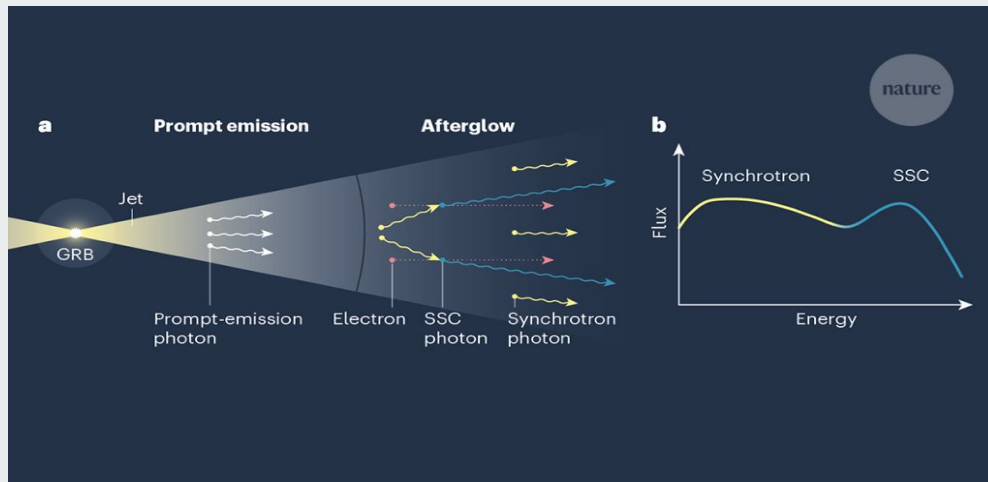
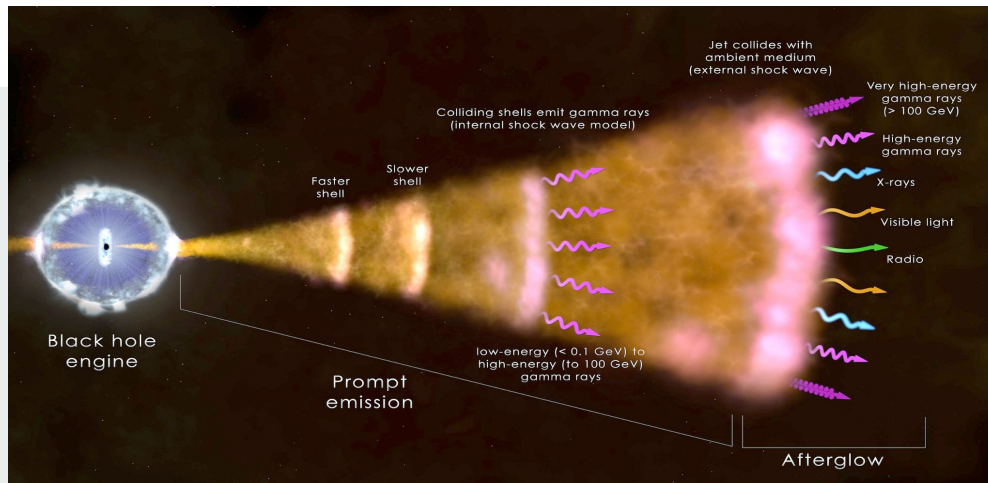
- Fusión de objetos compactos (NS-NS o BH-NS)
- Colapso de núcleo en estrellas masivas

- Emisión temprana:

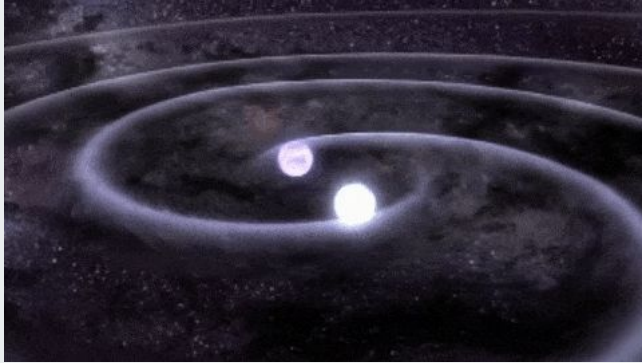
- Generada por choques internos en el Jet
- $< 0.1$  GeV - 100 GeV

- Emisión tardía:

- Generada por interacciones del Jet con el medio
- Auto-Sincrotrón-Compton + Sincrotrón
- Radio - VHE ( $> 100$  GeV)



# ¿Qué son las ondas gravitacionales?



Ondulaciones en la curvatura del espacio-tiempo, causadas por objetos masivos compactos en movimiento.

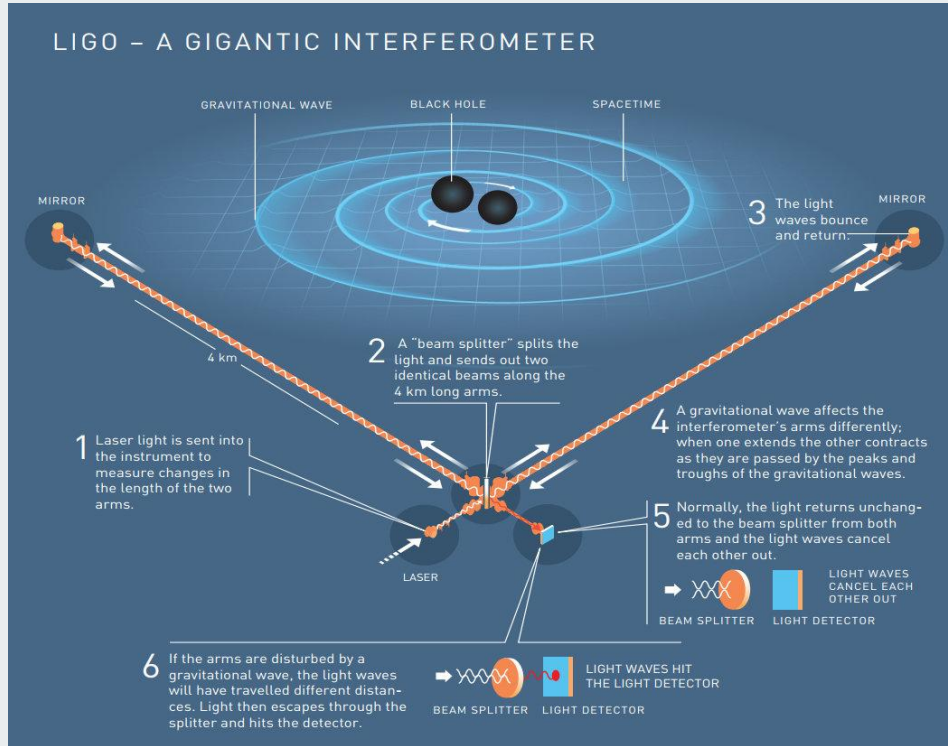
- Predicha por Relatividad General - Einstein 1915
- Progenitor más común:
  - Sistemas binarios de objetos compactos
    - BH-BH
    - BH-NS
    - NS-NS

Tras cada órbita, los objetos compactos pierden energía gravitacional en forma de ondas gravitacionales

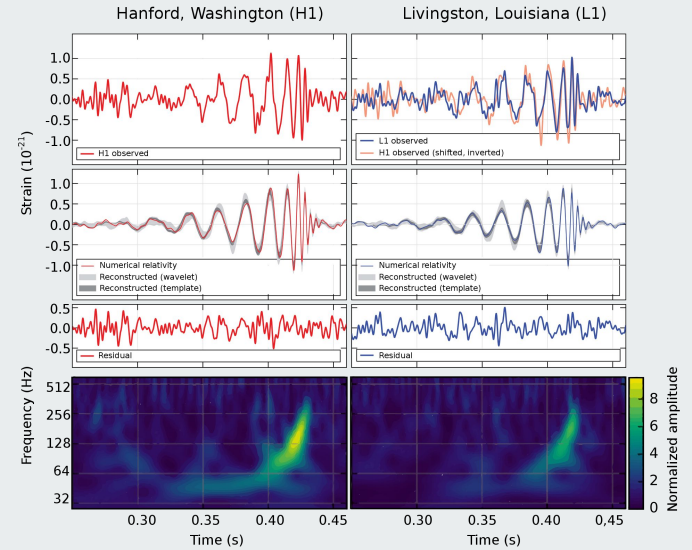
- Muy lentamente, sus órbitas se acercan.
- Al colisionar, se generan las ondas gravitacionales más poderosas que pueden existir.
  - Aun así, son demasiado débiles para poder detectarlas regularmente!



# El observatorio LIGO

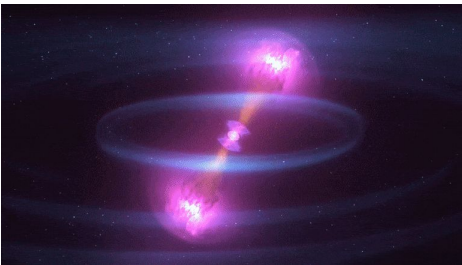
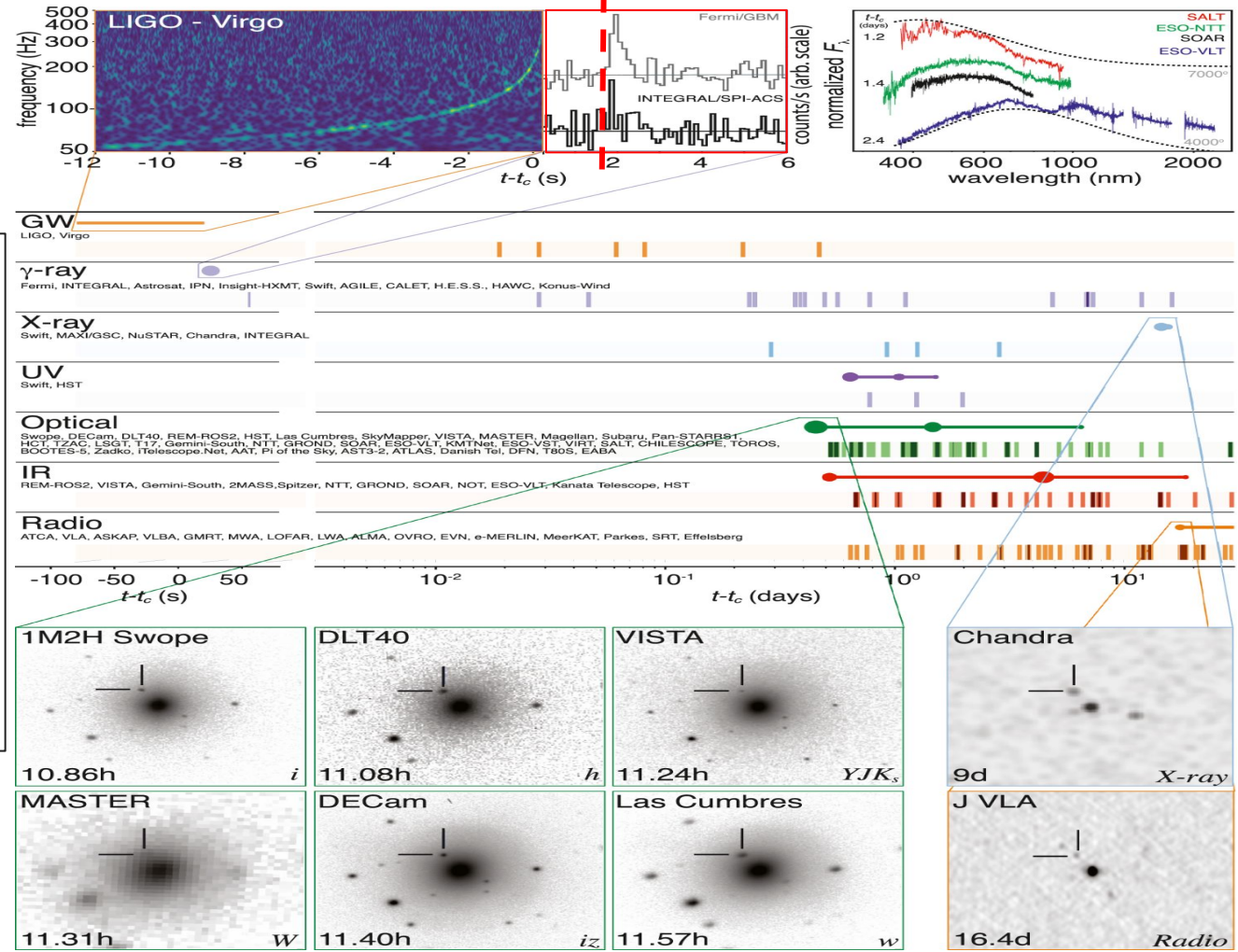


## GW150914: Primera onda gravitacional detectada



# El primer GRB asociado a una onda gravitacional

- Destello de rayos gamma (GRB 170817A)
  - Detectado por Fermi-GBM,
  - ~ 1.7 segundos después de GW 170817
- El progenitor de esta transiente:
  - La fusión de dos NS.
  - Localizada en la galaxia huésped NGC 4993.
  - Redshift de  $z=0.01$ .

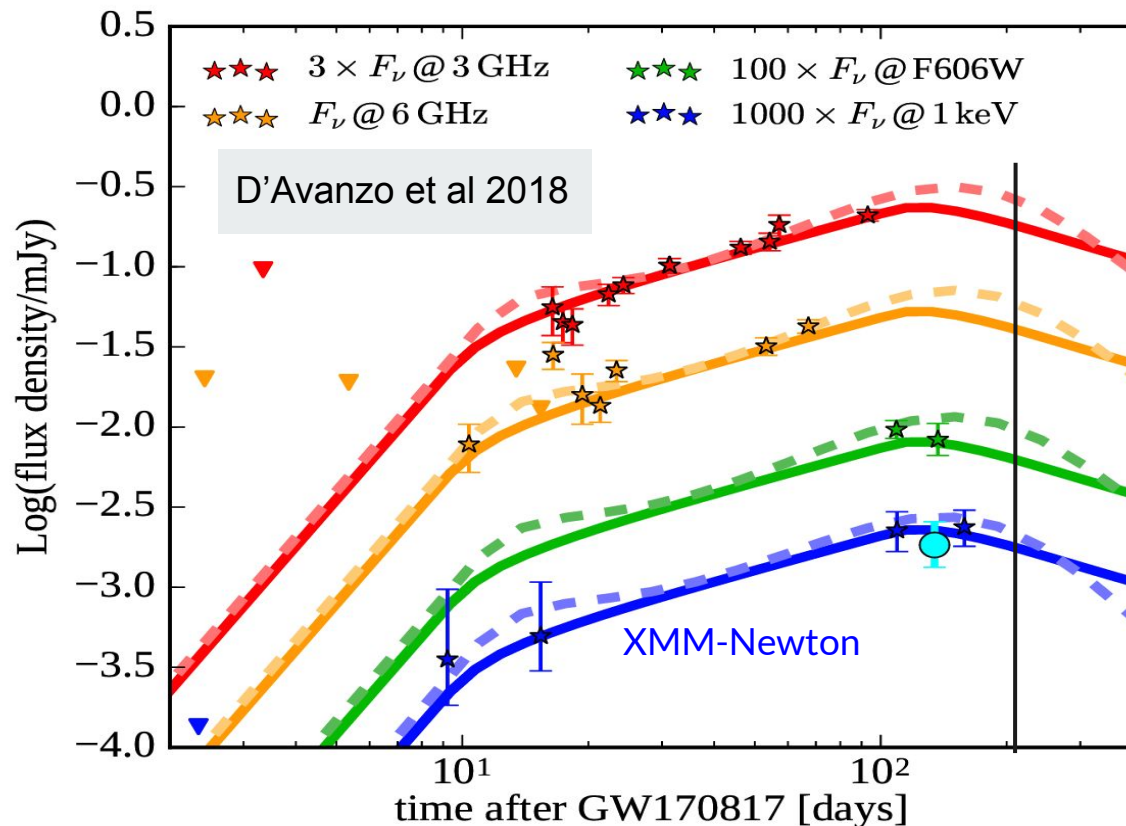


# Primer GRB asociado a una GW

Primera detección de una contraparte electromagnética a un evento transiente de ondas gravitacionales. (NS-NS merger)

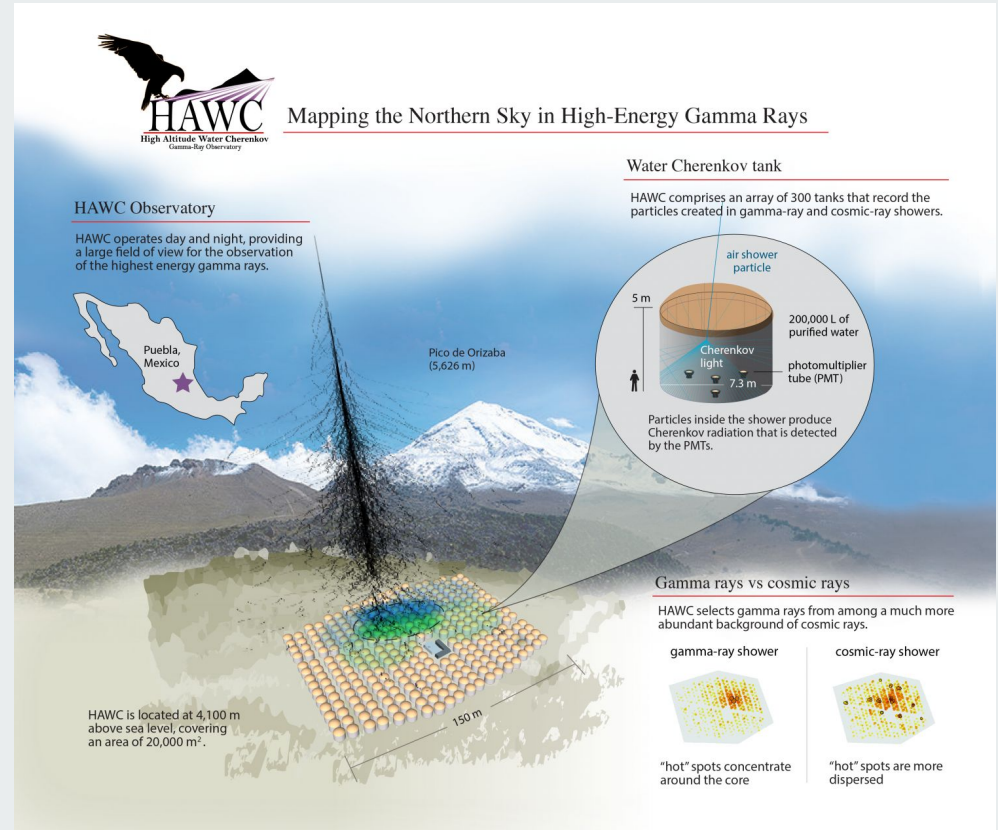
- La banda de rayos-X aparece 9 días después
- Radio hasta 16 días después.
- Pico en radio aparece 300 días después del trigger.
- Podría ser la contraparte en sincrotron de la emisión tardía en TeV.

El atípico comportamiento de la emisión tardía del GRB 170817A



# El Observatorio HAWC

- Ubicación:
  - Sierra Negra, Puebla, México
  - 4100 m s.n.m
- Características:
  - **Ciclo de trabajo: 95%**
  - 22,000 m<sup>2</sup>
  - 300 tanques
    - 1200 PMTs
  - 200,000 l agua purificada
  - Sensible a rayos gamma muy energéticos
  - Campo de visión instantáneo:
    - 2 sr
  - Resolución angular:
    - 0.1°
  - Rango Energético
    - 300GeV - 100TeV
- **Puede detectar fuentes transientes!**



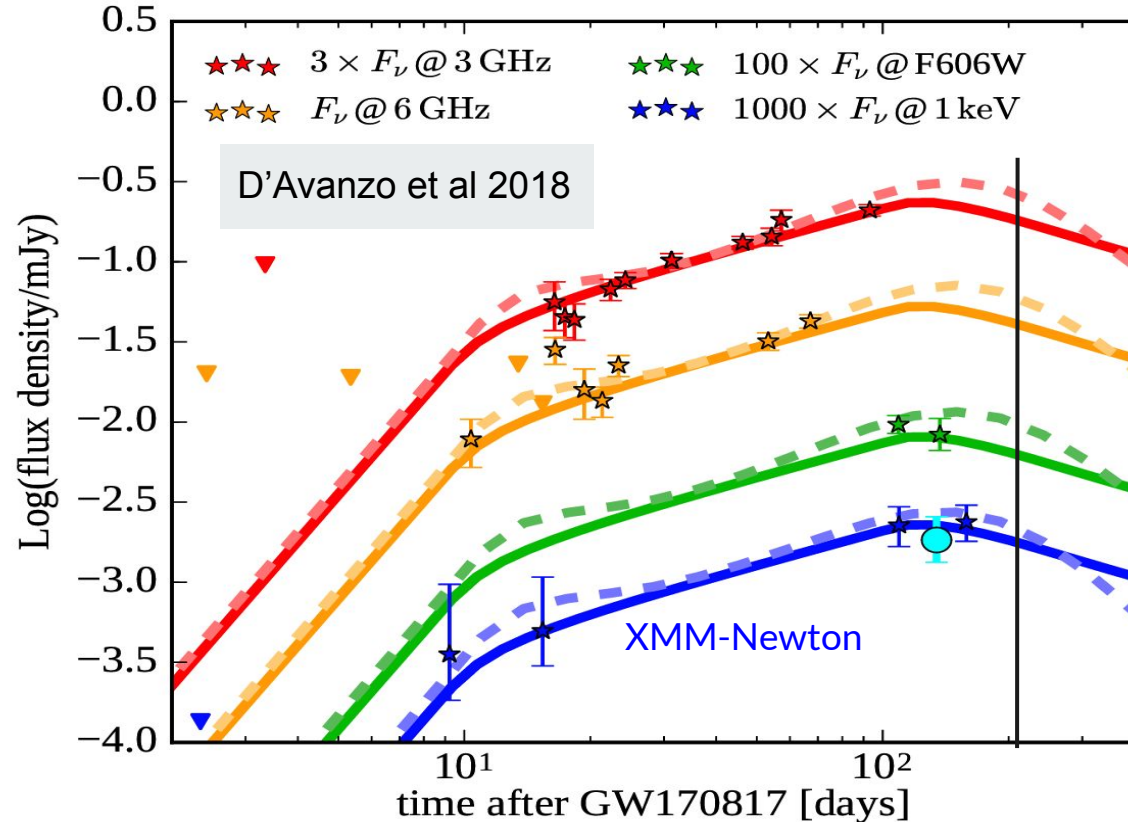
# Primer GRB asociado a una GW

Primera detección de una contraparte electromagnética a un evento transiente de ondas gravitacionales. (NS-NS merger)

- La banda de rayos-X aparece 9 días después
- Radio hasta 16 días después.
- Pico en radio aparece 300 días después del trigger.
- Podría ser la contraparte en sincrotron de la emisión en TeV.

Por esta razón, buscamos emisiones tardías en GRBs cortos con características similares dentro del campo de visión de HAWC

El atípico comportamiento de la emisión tardía del GRB 170817A

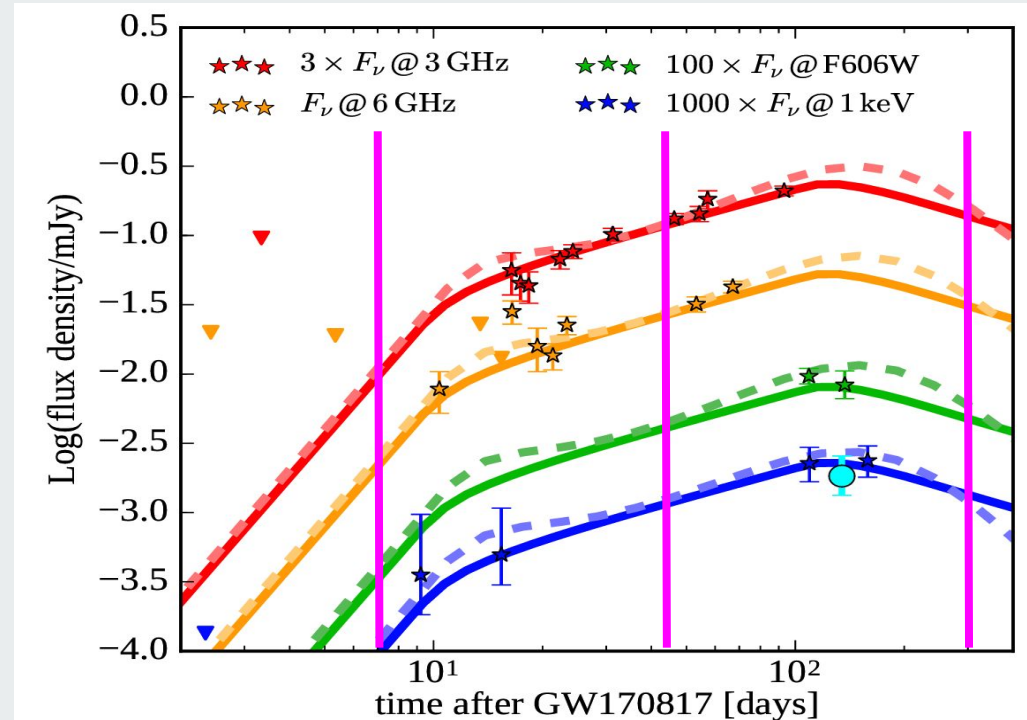




# Metodología

Ventanas de tiempo logarítmico:

- 7, 38, y 255 días
- Los picos en la emisión están dentro del intervalo temporal.



# Metodología

1. Identificar sGRBs que pasan por el campo de visión de HAWC a cualquier tiempo

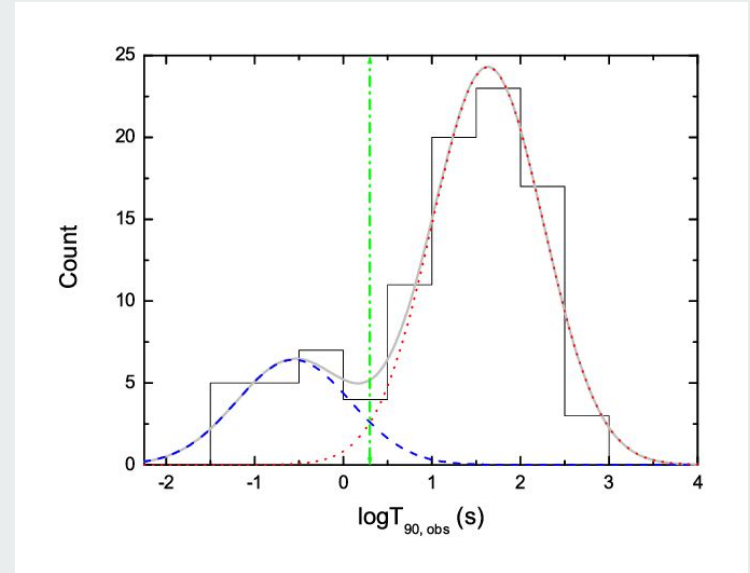
- sGRB  $\Rightarrow T_{90} < 3.5$  s (Consideramos incertidumbres)
- HAWC F. O. V.  $\Rightarrow -10 < \text{dec} < 50$  deg. (Consideramos incertidumbres)

2. Cortes:

Von Kienlin, A., et al. (2019)

- $(t_{50\text{start}} - t_{90\text{start}}) / (t_{90}) < 0.2$
- $0.1 < t_{50} / t_{90} < 0.7$
- Pico en el flujo (64ms)  $< 10 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

max $T_{90}$ (s)	DEC range (deg)	in FoV	after Temporal cuts
3.5	[-20 : 60]	308/440	118/440
	[-10 : 50]	265/440	102/440
	[0 : 40]	203/440	77/440

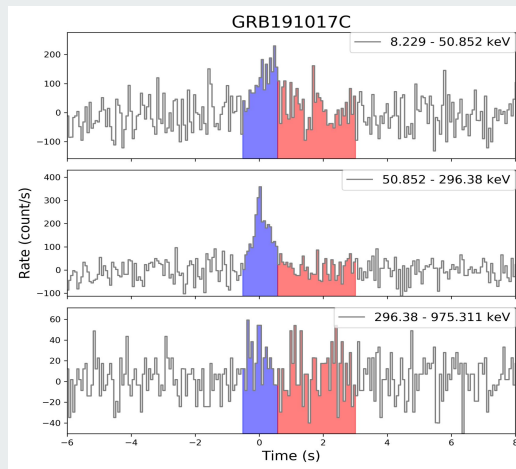
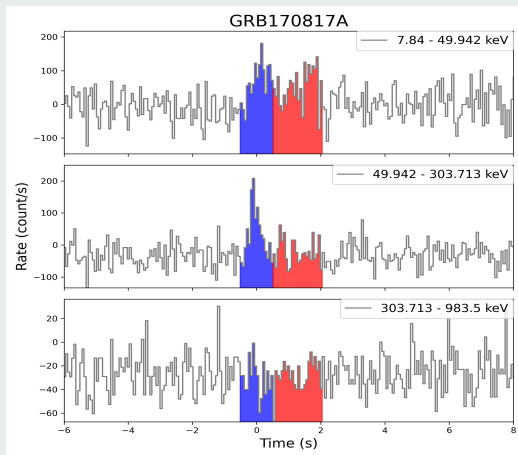


# Metodología:

## Análisis Espectral:

1. Pico inicial: **Comptonized (Compt)**
2. Cola Suave: **Black Body (BB)**

Von Kienlin, A., et al. (2019)



GRB
GRB150101B*
GRB170111B*
GRB170817A*
GRB180511A*
GRB191017C
GRB200514B
GRB200626A
GRB210510A
GRB210822B

Von Kienlin

Nosotros

# Resumen:

GRBs más interesantes:

180511 - 255-map ( $4.67\sigma$ ) at RA= 245.8, DEC=-1.53, half way of uncertainty (7deg)  
191017 - 1 and 255 days ( $4.5$  &  $4.78\sigma$ ) 3.38 deg apart, at the edge of uncertainty  
210510 - 7-map ( $4.72\sigma$ ) at RA=192.03, DEC=42.71, central part of uncertainty (2deg)  
210822 - 1-map ( $4.08\sigma$ ) at RA = 242.23, DEC=17.46, at the edge of uncertainty (4 deg)

No hay resultados interesantes para mapas de 38 días

## Trabajo a futuro:

- Desarrollar un análisis más extenso para los candidatos que no tuvieron resultados interesantes.
- Entender comportamiento temporal de los excesos en significancia
- Análisis de estimación de energía.



**Gracias por su atención!**