

# Búsqueda de la contraparte electromagnética de ondas gravitacionales con el observatorio de rayos gamma HAWC

Antonio Galván

19 de marzo de 2019

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. HAWC</b>	<b>4</b>
<b>3. Una ventana hacía la astrofísica multimensajera: WG170817/GRB170817A</b>	<b>5</b>
3.1. Observaciones a lo largo de espectro electromagnético . . . . .	6
<b>4. Constrains using HAWC on GRB170817A</b>	<b>8</b>
4.1. Mapas del cielo de días siderales . . . . .	8
4.2. Búsqueda tardía en TeVs . . . . .	9
<b>5. Conclusiones</b>	<b>10</b>

# Capítulo 1

## Introducción

El descubrimiento de los Destellos de Rayos Gamma (GRBs de ahora en adelante) se produce de manera fortuita por medio del satélite militar VELA usado por los Estados Unidos para monitorear actividad nuclear dentro y fuera de la atmósfera terrestre (Vedrenne and Atteia, 2009). La detección de 16 destellos cortos de fotones con energías entre 0.2-1.5 MeV entre Julio de 1969 y Julio de 1972 por Vela (Klebesadel et al., 1973) cuyo origen extraterrestre de esta radiación es confirmado hasta 1973 por primera vez se hace publica la detección de los destellos de rayos gamma. En la figura 1.1 se muestra uno de los 16 destellos detectados por Vela. En ella se aprecia dos periodos de tiempo. De manera lineal el background precedente al destello, inmediatamente se muestra una escala logarítmica que ilustra el breve destello, los cuales pueden durar desde unos cuantos segundos hasta centenas de segundos. Además de su periodo corto de existencia, son completamente impredecibles, no existe una dirección preferencial de la detección de estos fenómenos y llegan a ser tan brillantes como cualquier otra fuente de rayos gamma.

Estos fenomenos poseen distintas...

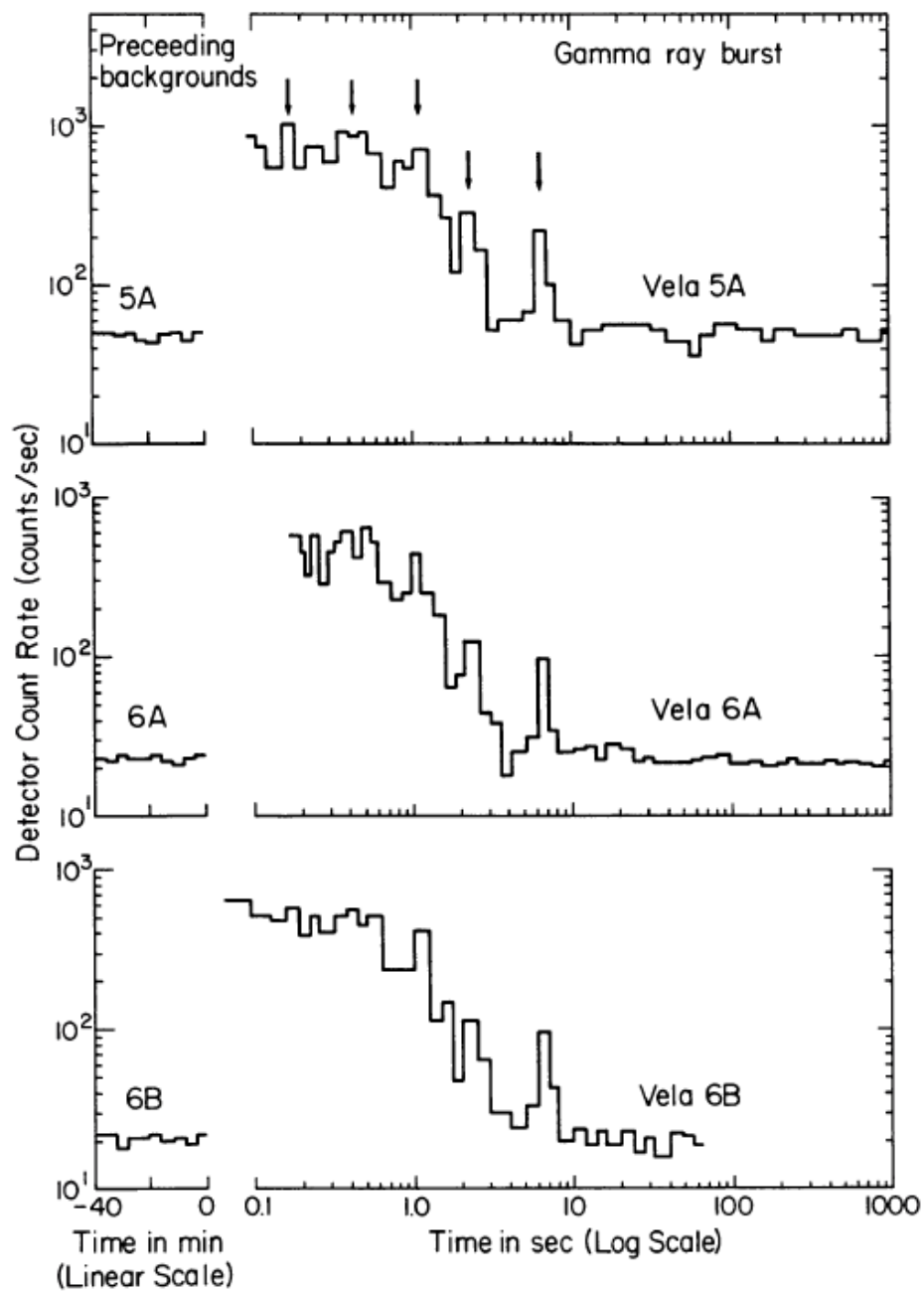


Figura 1.1: GRB detectado el 22 de Agosto de 1970 por tres detectores a bordo del satélite Vela. Las flechas indican la estructura en común en los tres detectores. Imagen tomada de Klebesadel et al. (1973).

## Capítulo 2

### HAWC

HAWC had a lot of bad lucky

## Capítulo 3

# Una ventana hacia la astrofísica multimensajera: WG170817/GRB170817A

El 17 de Agosto de 2017 a las 12:41:06.47 UT el monitor de rayos gamma (GBM)<sup>1</sup> a bordo del satélite espacial FERMI dispararía la alerta del Destello de Rayos Gamma (de ahora en adelante GRB) corto GRB170817A (von Kienlin et al., 2017). Apuntaba a ser otro de los  $\sim 2$  GRBs detectados cada semana, generando la GCN correspondiente 14 segundos después del destello. Seis minutos después, en la tierra, el interferometro LIGO <sup>2</sup> en Hanford, aparecía un candidato a onda gravitacional en *latencia baja*. Este candidato tomo relevancia debido a que era consistente con un evento coalescente de dos estrellas de neutrones y coincidente con una diferencia de  $\sim 2$  segundos del GRB170817A (Clasey Essick, 2017; Connaughton, 2017).

En la figura 3.1 se muestra la fracción del cielo en los cuales Fermi-GBM (combinando con datos de INTEGRAL para poder disminuir la incertidumbre) y LIGO (Considerando datos de Hanford y Livingston así como de VIRGO) detectaron la onda gravitacional. Finalmente la oportuna detección en la banda del óptico por el LBT<sup>3</sup> (Rossi, 2017) permite tener certeza de la posición del GRB así como de la galaxia anfitriona; NGC 4993 (Coulter et al., 2017), a la que se le estima una distancia de 40 Mpc de la Tierra. Sin lugar a dudas este evento ha sido hasta el momento uno de los más cercanos

---

<sup>1</sup>Por sus siglas en inglés; Gamma-Ray Burst Monitor

<sup>2</sup>Por sus siglas en inglés, Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory

<sup>3</sup>Por sus siglas en inglés; Large Binocular Telescope Observatory

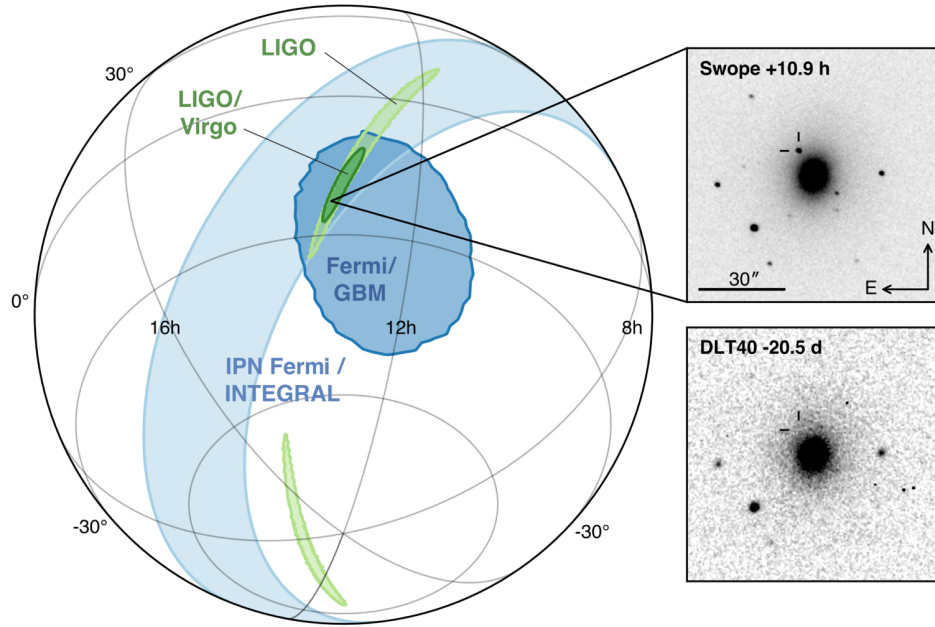


Figura 3.1: A picture of the GW. Imagen tomada de (Abbott et al., 2017)

registrados hasta la fecha y destinado a marcar un parte aguas dentro de la astrofísica.

### 3.1. Observaciones a lo largo de espectro electromagnético

Las observaciones dentro de las 24 hrs del colapso (de ahora en adelante *merger*) de estrellas de neutrones son de vital importancia pues es en este momento donde se debe descartar si un posible transiente en óptico podría ser o no el afterglow esperado del GRB, como por otro lado, poder encontrar una galaxia anfitriona. En la figura 3.2 se muestra una línea del tiempo de los primeros  $\sim 24$  días post merger a distintas longitudes de onda.

Una vez que la alerta

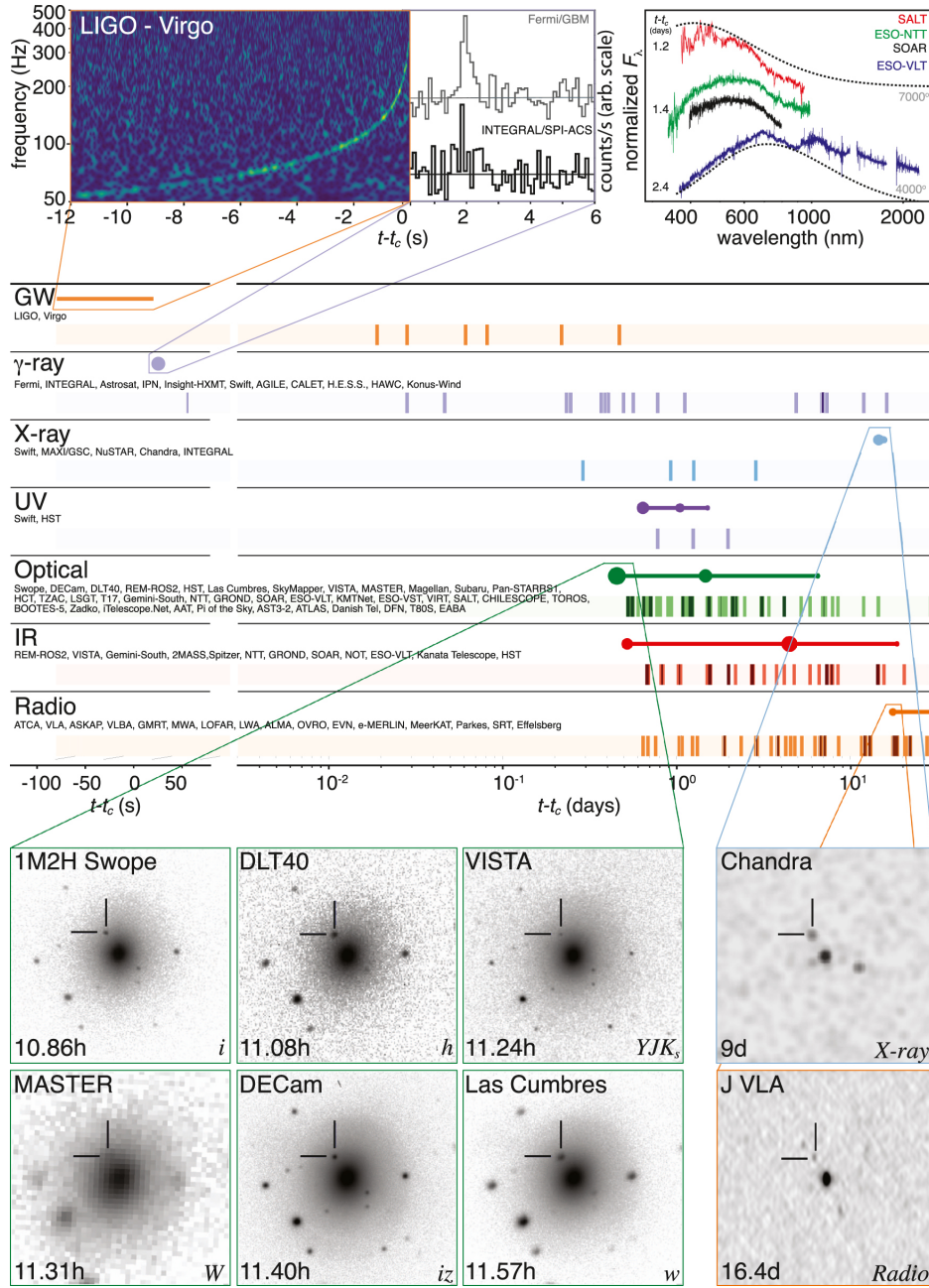


Figura 3.2: A picture of the GW. Imagen tomada de (Abbott et al., 2017)



# Capítulo 4

## Constrains using HAWC on GRB170817A

Desafortunadamente, el evento de la onda gravitacional GW170817 ocurrió fuera del campo de visión de HAWC. Sin embargo, 8 hrs después el tránsito logra entrar en el campo de visión del observatorio colocando un upper limit a XX (Abbott et al., 2017). Debido a la naturaleza que presentó el afterglow de este GRB, en donde, apareció la emisión de rayos X a 9 días [??] y de radio a 16 días [??] después del destello respectivamente, alcanzando un flujo máximo a los **120 días** [??] se realiza un monitoreo a ciegas buscando emisión en TeV's detectable por HAWC.

### 4.1. Mapas del cielo de días siderales

HAWC presenta su óptima sensibilidad para fuentes que se encuentran dentro de las declinaciones  $-26^\circ$  y  $+64^\circ$ , tal y como se muestra la región sombreada en la figura 4.1. De esta manera definimos a un transito como la visibilidad de una fuente por HAWC la cual se encuentra con un ángulo cenital  $\theta < 45^\circ$ . Un estudio más detallado presentado en (Abeysekara et al., 2017a) muestra que la mayor cantidad de emisión de fuentes cómo lo son la nebulosa del Cangrejo, y los Markarian 421 y 501 deberían de detectarse dentro de las primeras 4 hrs del transito sobre HAWC. Así mismo los mapas inician a la media noche sideral de HAWC. Los mapas son divididos en mapas de 12 horas siderias, de tal forma que se genera una subclaficiación, aquellas fuentes las cuales tienen una ascensión recta  $< 3$  hrs ó  $> 21$  hrs ó bien, el

complemento.

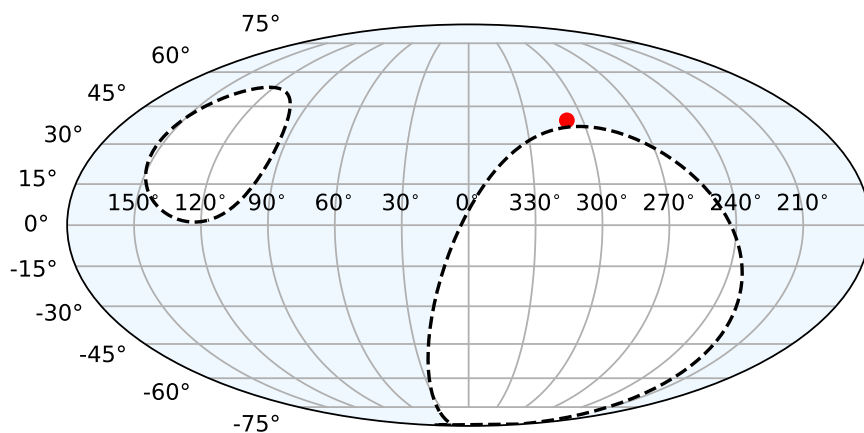


Figura 4.1: Campo de visión de HAWC

Cada mapa sidereal está dividido en 9 bins en función de la multiplicidad del primario (Abeysekara et al., 2017b) y cada bin está constituido por un mapa utilizando una malla de pixeles mediante HEALPix (Górski et al., 2005)

## 4.2. Búsqueda tardía en TeVs

Considerando bins temporales de...

# Capítulo 5

## Conclusiones

Pues nada, resulta que...

# Bibliografía

- B. P. Abbott, R. Abbott, T. D. Abbott, F. Acernese, K. Ackley, C. Adams, T. Adams, P. Addesso, R. X. Adhikari, V. B. Adya, and et al. Multimessenger Observations of a Binary Neutron Star Merger. *ApJ*, 848:L12, October 2017. doi: 10.3847/2041-8213/aa91c9.
- A. U. Abeysekara, A. Albert, R. Alfaro, C. Alvarez, J. D. Álvarez, R. Arceo, and et. al. Daily Monitoring of TeV Gamma-Ray Emission from Mrk 421, Mrk 501, and the Crab Nebula with HAWC. *ApJ*, 841:100, June 2017a. doi: 10.3847/1538-4357/aa729e.
- A. U. Abeysekara, A. Albert, R. Alfaro, C. Alvarez, J. D. Álvarez, R. Arceo, and et. al.. Observation of the Crab Nebula with the HAWC Gamma-Ray Observatory. *ApJ*, 843:39, July 2017b. doi: 10.3847/1538-4357/aa7555.
- R. Clasey Essick. LIGO/Virgo G298048: Fermi GBM trigger 524666471/170817529: LIGO/Virgo Identification of a possible gravitational-wave counterpart. *GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 21505, (2017)*, 21505, 2017.
- V. Connaughton. LIGO/Virgo G298048: Fermi GBM trigger 170817.529 and LIGO single IFO trigger. *GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 21506, (2017)*, 21506, 2017.
- D. A. Coulter, R. J. Foley, C. D. Kilpatrick, M. R. Drout, A. L. Piro, B. J. Shappee, M. R. Siebert, J. D. Simon, N. Ulloa, D. Kasen, B. F. Madore, A. Murguia-Berthier, Y.-C. Pan, J. X. Prochaska, E. Ramirez-Ruiz, A. Rest, and C. Rojas-Bravo. Swope Supernova Survey 2017a (SSS17a), the optical counterpart to a gravitational wave source. *Science*, 358:1556–1558, December 2017. doi: 10.1126/science.aap9811.

- K. M. Górski, E. Hivon, A. J. Banday, B. D. Wandelt, F. K. Hansen, M. Reinecke, and M. Bartelmann. HEALPix: A Framework for High-Resolution Discretization and Fast Analysis of Data Distributed on the Sphere. *ApJ*, 622:759–771, April 2005. doi: 10.1086/427976.
- R. W. Klebesadel, I. B. Strong, and R. A. Olson. Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin. *ApJ*, 182:L85, June 1973. doi: 10.1086/181225.
- A. Rossi. GW170817/GRB170817A: LBT optical detection. *GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 22763, (2017)*, 22763, 2017.
- G. Vedrenne and J.L. Atteia. *Gamma-Ray Bursts: The brightest explosions in the Universe*. Springer Praxis Books. Springer Berlin Heidelberg, 2009. ISBN 9783540390886. URL <https://books.google.com.mx/books?id=jZHSdrvzz0gC>.
- A. von Kienlin, C. Meegan, and A. Goldstein. GRB 170817A: Fermi GBM detection. *GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 21520, #1 (2017)*, 21520, 2017.