

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

Antonio Galván

21 de marzo de 2019

Índice general

1. Introducción	2
2. HAWC	8
3. Una ventana hacía la astrofísica multimensajera: WG170817/GRB170817A	12
3.1. Observaciones a lo largo de espectro electromagnético	13
4. Constrains using HAWC on GRB170817A	15
4.1. Mapas del cielo de días siderales	15
4.2. Búsqueda tardía en TeVs	17
4.3. Límites al flujo propuestos y restricción a modelos	17
5. Conclusiones	19

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...

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices

bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est.

Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congrue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congrue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed

justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

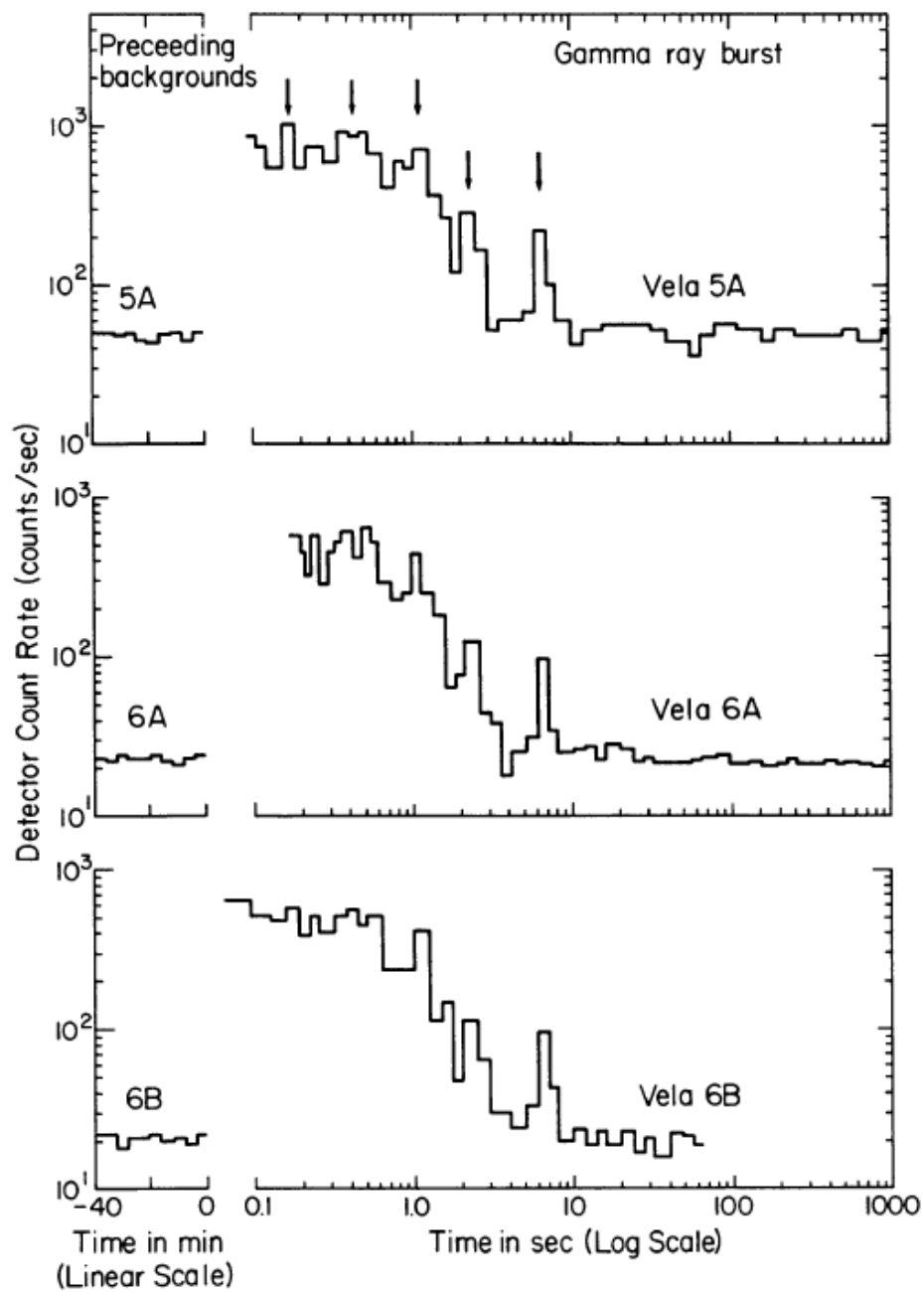


Figura 1.1: GRB detectado el 22 de Agosto de 1970 por tres detectores a bordo del satélite Vela. Las flechas indican la estructura en común en los tres detectores. Imagen tomada de Klebesadel et al. (1973).

Capítulo 2

HAWC

HAWC had a lot of bad lucky

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo.

Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per

inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis

tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

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)¹ 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 ~ 2 GRBs detectados cada semana, generando la GCN correspondiente 14 segundos después del destello. Seis minutos después, en la tierra, el interferometro LIGO ² 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 ~ 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 LBT³ (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

¹Por sus siglas en inglés; Gamma-Ray Burst Monitor

²Por sus siglas en inglés, Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory

³Por sus siglas en inglés; Large Binocular Telescope Observatory

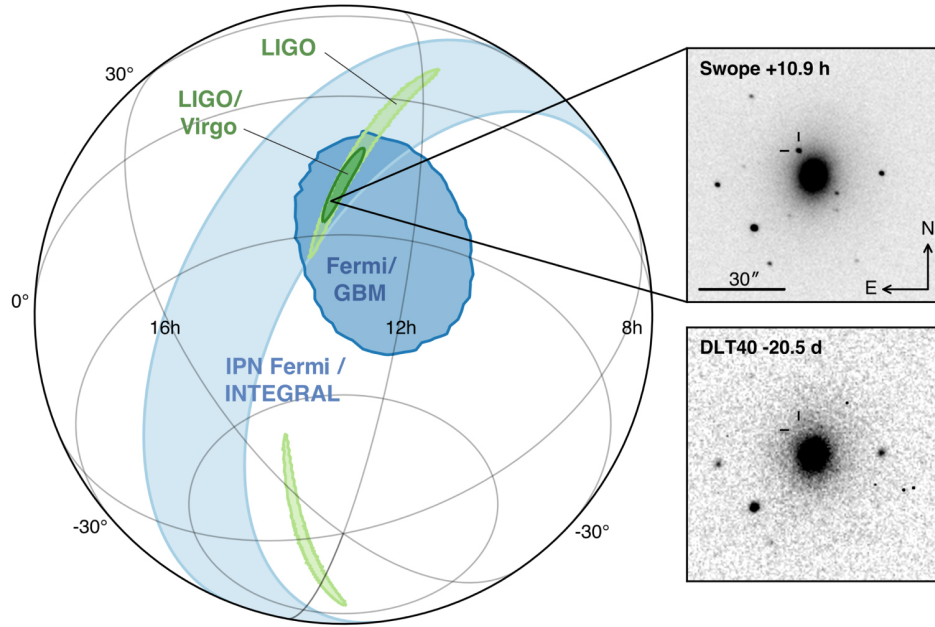


Figura 3.1: A picture of the GW. Imagen tomada de (Abbott et al., 2017)

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 ~ 24 días post merger a distintas longitudes de onda.

Una vez que la alerta

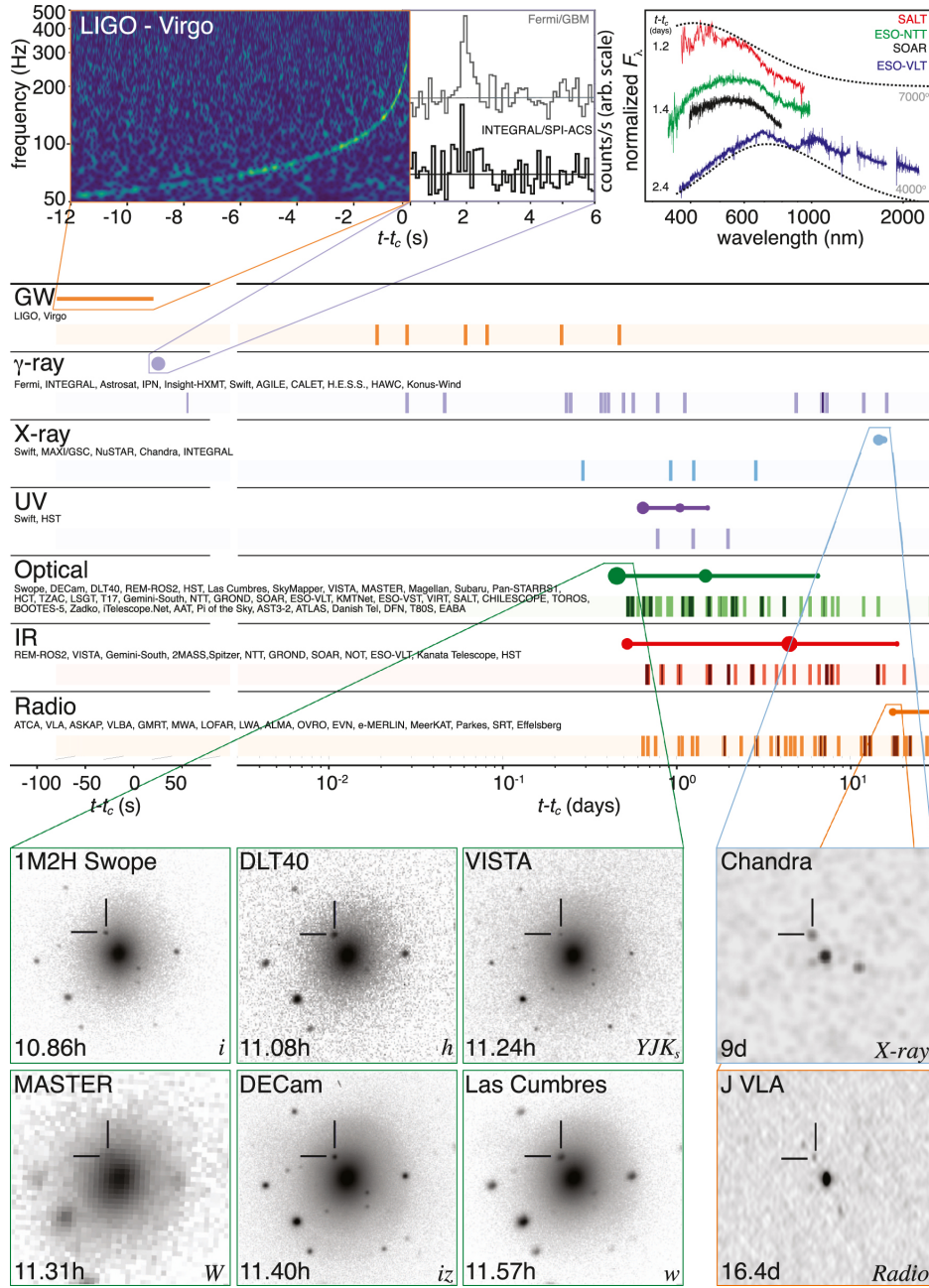


Figura 3.2: A picture of the GW. Imagen tomada de (Abbott et al., 2017)

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) después de ~ 8 hrs. después de la detección por Fermi-GBM. Debido a la naturaleza que presentó el afterglow de este GRB, en donde, apareció la emisión de rayos X a 9 días (Troja et al., 2017) y de radio a 16 días (Hallinan et al., 2017) después del destello respectivamente, alcanzando un flujo máximo a los **120 días** (D’Avanzo et al., 2018; Margutti et al., 2018) 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° 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., 2017b) 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

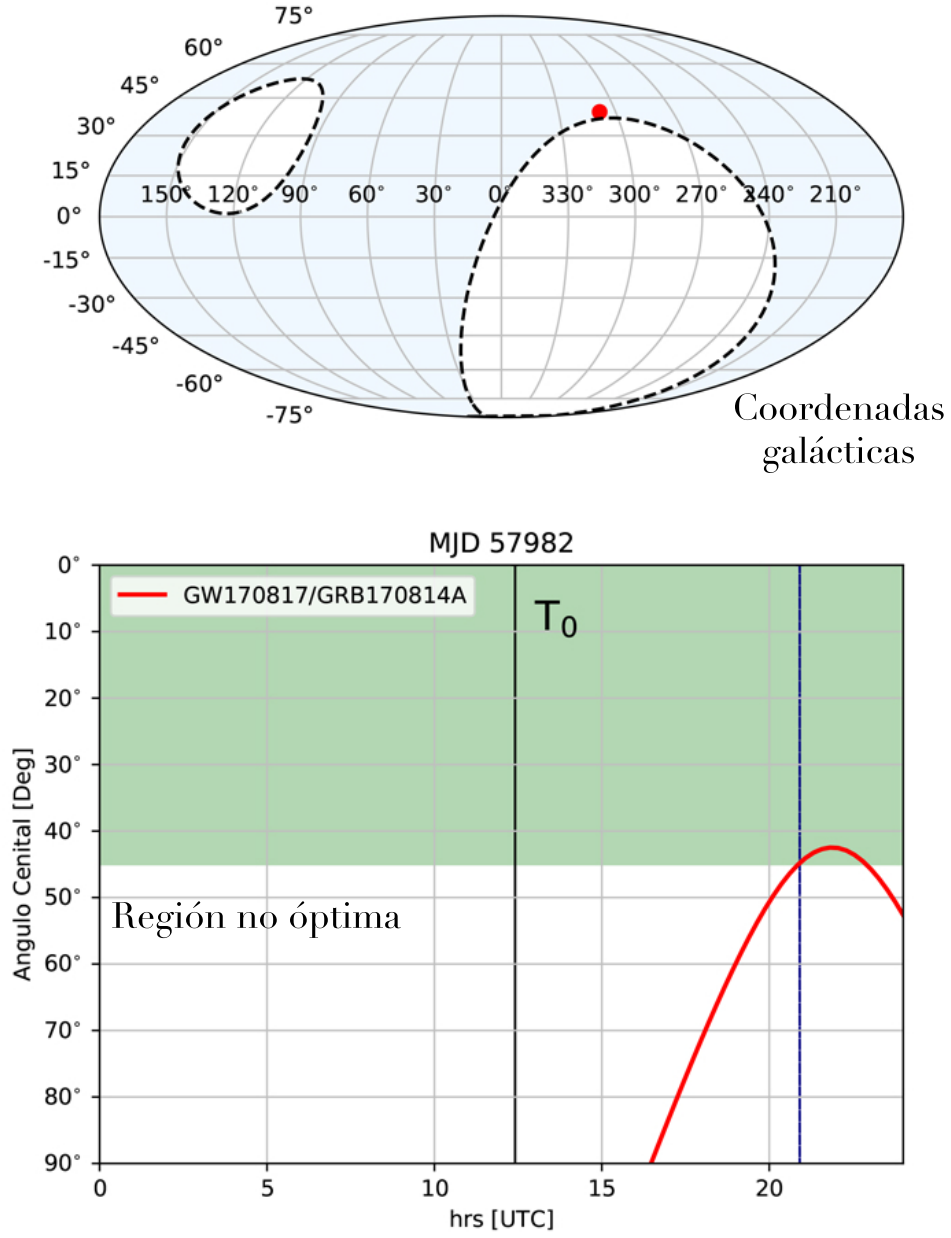


Figura 4.1: Transito de la onda gravitacional sobre HAWC.

de 12 horas siderias, de tal forma que se genera una subclaficiación, aquellas

B	Tiempo total sobre HAWC	Tiempo corregido
1	0	0
2	0	0
3	0	0

fuentes las cuales tienen una ascensión recta <3 hrs ó >21 hrs ó bien, el complemento.

Cada mapa sidereal está dividido en 9 bins en función de la multiplicidad del primario (Abeysekara et al., 2017c) y cada bin está constituido por un mapa utilizando una malla de pixeles mediante HEALPix (Górski et al., 2005) considerando una resolución de 1024 pixeles a lo largo de la esfera (cada pixel tiene una separación de 0.06°). Estos mapas son ampliamente dominados por eventos hadrónicos, por lo que la estimación del background se obtiene mediante un procedimiento de integración directa (Atkins et al., 2003; Abeysekara et al., 2017c). Una vez **continuar escribiendo acá**.

4.2. Búsqueda tardía en TeVs

Para este trabajo se consideran 3 bins temporales equidistantes logarítmicamente. De tal manera, que el bin B_i con $i=\{1,2,3\}$ contiene 1, 10 y 100 días respectivamente. Estos intervalos de tiempo son corregidos mediante un corte de calidad, mediante los cuales se busca mitigar periodos de inestabilidad del experimento, de tal forma que podemos asegurar que al menos el 50 % del tránsito está contenido dentro del mapa. La tabla [??] muestra la cantidad de tiempo integrado para los 3 bins.

4.3. Límites al flujo propuestos y restricción a modelos

Desafortunadamente, este evento no logró ser detectado por HAWC. Así que son calculados límites superiores en el flujo (Feldman and Cousins, 1998; Abeysekara et al., 2017c,a) **Continuar escribiendo acá**.

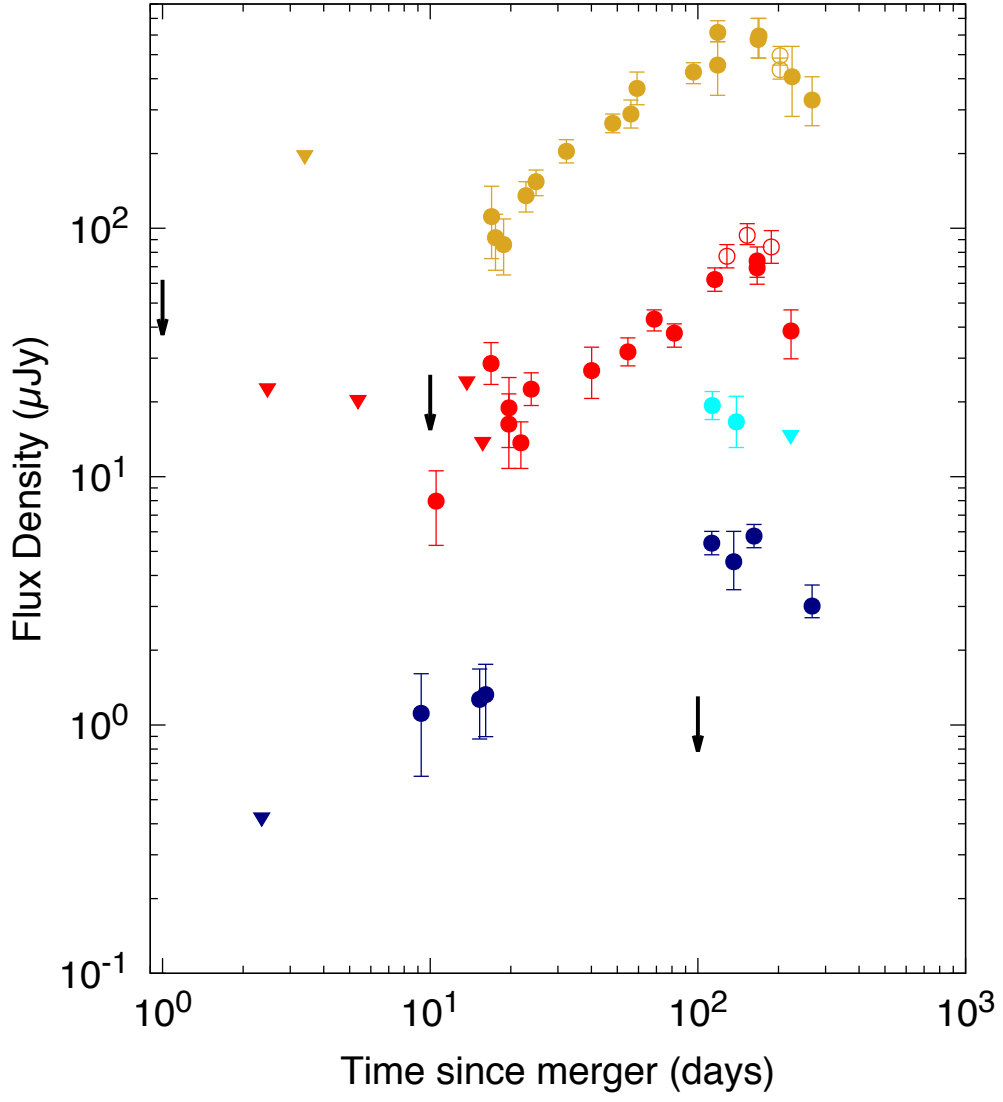


Figura 4.2: Transito de la onda gravitacional sobre HAWC.

Capítulo 5

Conclusiones

Pues nada, resulta que...

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo.

Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per

inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis

tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

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, J. C. Arteaga-Velázquez, H. A. Ayala Solares, A. S. Barber, B. Baughman, N. Bautista-Elivar, J. Becerra Gonzalez, A. Becerril, E. Belmont-Moreno, S. Y. BenZvi, D. Berley, A. Bernal, J. Braun, C. Brisbois, K. S. Caballero-Mora, T. Capistrán, A. Carramiñana, S. Casanova, M. Castillo, U. Cotti, J. Cotzomi, S. Coutiño de León, E. de la Fuente, C. De León, R. Diaz Hernandez, B. L. Dingus, M. A. DuVernois, J. C. Díaz-Vélez, R. W. Ellsworth, K. Engel, D. W. Fiorino, N. Fraija, J. A. García-González, F. Garfias, M. Gerhardt, A. González Muñoz, M. M. González, J. A. Goodman, Z. Hampel-Arias, J. P. Harding, S. Hernandez, A. Hernandez-Almada, J. Hinton, C. M. Hui, P. Hütemeyer, A. Iriarte, A. Jardin-Blicq, V. Joshi, S. Kaufmann, D. Kieda, A. Lara, R. J. Lauer, W. H. Lee, D. Lennarz, H. León Vargas, J. T. Linnemann, A. L. Longinotti, G. L. Raya, R. Luna-García, R. López-Coto, K. Malone, S. S. Marinelli, O. Martinez, I. Martinez-Castellanos, J. Martínez-Castro, H. Martínez-Huerta, J. A. Matthews, P. Miranda-Romagnoli, E. Moreno, M. Mostafá, L. Nellen, M. Newbold, M. U. Nisa, R. Noriega-Papaqui, R. Pelayo, J. Pretz, E. G. Pérez-Pérez, Z. Ren, C. D. Rho, C. Rivière, D. Rosa-González, M. Rosenberg, E. Ruiz-Velasco, H. Salazar, F. Salesa Greus, A. Sandoval, M. Schneider, H. Schoorlemmer, G. Sinnis, A. J. Smith, R. W. Springer, P. Surajbali, I. Taboada, O. Tibolla, K. Tollefson, I. Torres, T. N. Ukwatta, G. Vianello, L. Villaseñor, T. Weisgarber, S. Westerhoff, I. G. Wisher, J. Wood, T. Yapici, P. W. Young, A. Zepeda, and H. Zhou. The 2HWC

- HAWC Observatory Gamma-Ray Catalog. *ApJ*, 843:40, July 2017a. doi: 10.3847/1538-4357/aa7556.
- 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 2017b. 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 2017c. doi: 10.3847/1538-4357/aa7555.
- R. Atkins, W. Benbow, D. Berley, E. Blaufuss, J. Bussons, D. G. Coyne, R. S. Delay, T. De Young, B. L. Dingus, D. E. Dorfan, R. W. Ellsworth, A. Falcone, L. Fleysher, R. Fleysher, G. Gisler, M. M. Gonzalez, J. A. Goodman, T. J. Haines, E. Hays, C. M. Hoffman, L. A. Kelley, R. W. Laird, J. McCullough, J. E. McEnery, R. S. Miller, A. I. Mincer, M. F. Morales, P. Nemethy, D. Noyes, J. M. Ryan, F. W. Samuelson, M. Schneider, B. Shen, A. Shoup, G. Sinnis, A. J. Smith, G. W. Sullivan, O. T. Tumer, K. Wang, M. Wascko, D. A. Williams, S. Westerhoff, M. E. Wilson, X. Xu, and G. B. Yodh. Observation of TeV Gamma Rays from the Crab Nebula with Milagro Using a New Background Rejection Technique. *ApJ*, 595:803–811, October 2003. doi: 10.1086/377498.
- 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.

- P. D’Avanzo, S. Campana, O. S. Salafia, G. Ghirlanda, G. Ghisellini, A. Melandri, M. G. Bernardini, M. Branchesi, E. Chassande-Mottin, S. Covino, V. D’Elia, L. Nava, R. Salvaterra, G. Tagliaferri, and S. D. Vergani. The evolution of the X-ray afterglow emission of GW 170817/ GRB 170817A in XMM-Newton observations. *aap*, 613:L1, May 2018. doi: 10.1051/0004-6361/201832664.
- G. J. Feldman and R. D. Cousins. Unified approach to the classical statistical analysis of small signals. *prd*, 57:3873–3889, April 1998. doi: 10.1103/PhysRevD.57.3873.
- 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.
- G. Hallinan, A. Corsi, K. P. Mooley, K. Hotokezaka, E. Nakar, M. M. Kasliwal, D. L. Kaplan, D. A. Frail, S. T. Myers, T. Murphy, K. De, D. Dobie, J. R. Allison, K. W. Bannister, V. Bhallerao, P. Chandra, T. E. Clarke, S. Giacintucci, A. Y. Q. Ho, A. Horesh, N. E. Kassim, S. R. Kulkarni, E. Lenc, F. J. Lockman, C. Lynch, D. Nichols, S. Nissanke, N. Palliyaguru, W. M. Peters, T. Piran, J. Rana, E. M. Sadler, and L. P. Singer. A radio counterpart to a neutron star merger. *Science*, 358:1579–1583, December 2017. doi: 10.1126/science.aap9855.
- 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.
- R. Margutti, K. D. Alexander, X. Xie, L. Sironi, B. D. Metzger, A. Kathiramaraju, W. Fong, P. K. Blanchard, E. Berger, A. MacFadyen, D. Giannios, C. Guidorzi, A. Hajela, R. Chornock, P. S. Cowperthwaite, T. Eftekhari, M. Nicholl, V. A. Villar, P. K. G. Williams, and J. Zrake. The Binary Neutron Star Event LIGO/Virgo GW170817 160 Days after Merger: Synchrotron Emission across the Electromagnetic Spectrum. *ApJ*, 856:L18, Mar 2018. doi: 10.3847/2041-8213/aab2ad.
- A. Rossi. GW170817/GRB170817A: LBT optical detection. *GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 22763, (2017)*, 22763, 2017.

- E. Troja, L. Piro, H. van Eerten, R. T. Wollaeger, M. Im, O. D. Fox, N. R. Butler, S. B. Cenko, T. Sakamoto, C. L. Fryer, R. Ricci, A. Lien, R. E. Ryan, O. Korobkin, S. K. Lee, J. M. Burgess, W. H. Lee, A. M. Watson, C. Choi, S. Covino, P. D’Avanzo, C. J. Fontes, J. Becerra González, H. G. Khandrika, J. Kim, S. L. Kim, C. U. Lee, H. M. Lee, A. Kutyrev, G. Lim, R. Sánchez-Ramírez, S. Veilleux, M. H. Wieringa, and Y. Yoon. The X-ray counterpart to the gravitational-wave event GW170817. *nature*, 551: 71–74, Nov 2017. doi: 10.1038/nature24290.
- 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.