

Los estallidos rápidos de radio – o Fast Radio Bursts (FRBs) – representan uno de los campos más recientes y prometedores de la astrofísica actual. Descubiertos en 2007, pasaron sus primeros diez años con más especulación que datos firmes en torno a su naturaleza. Sin embargo, la localización precisa de unos pocos de estos estallidos durante los últimos años ha aportado una cantidad de información sin igual sobre dónde se pueden producir y sus posibles orígenes. Aunque al mismo tiempo ha abierto un número incluso mayor de incógnitas.



**Benito Marcote Martín**  
Joint Institute for VLBI ERIC  
*marcote@jive.eu*

La mayor parte del Universo parece inmutable a nuestros ojos, mostrando cambios en escalas de tiempo mucho mayores a las humanas. Esto es especialmente cierto en el campo de la Cosmología, donde únicamente eventos como los estallidos de rayos gamma o la fusión de estrellas de neutrones o agujeros negros parecen perturbar este estado.

Sin embargo, existen unos eventos que se producen en escalas de tiempo mucho más rápidas. Estamos hablando de los estallidos rápidos de radio (FRBs). Estos eventos únicamente duran milésimas de segundo, después de las cuales no queda ningún rastro observable.

## EL DESCUBRIMIENTO

Los FRBs no fueron descubiertos hasta 2007, a raíz de un reanálisis de datos del radio telescopio Parkes en Australia. Durante este análisis se detectó la presencia de una señal brillante que únicamente duraba unos milisegundos, pero mostraba una dispersión característica de una emisión producida a escalas cosmológicas (Lorimer et al. *Science* 2007; ver Fig. 1).

Aunque los púlsares son conocidos por mostrar señales similares, éstos son increíblemente periódicos. Pero la señal de este FRB no se ha vuelto a observar hasta la fecha. Adicionalmente, la dispersión que sufre la luz al propagarse por el espacio es proporcional a la cantidad de materia que hay entre el emisor y nosotros, y se observa como un retraso en la llegada de la señal proporcional al inverso del cuadrado de la frecuencia. El problema con los FRBs es que para explicar la dispersión observada se debe recurrir a una cantidad de materia muy superior a la contribución de toda nuestra galaxia en esa dirección. Por lo tanto, había que posicionar dicha emisión a una distancia cosmológica, de forma que el medio intergaláctico sea responsable de la mayor parte de esta dispersión.

Durante los primeros diez años se detectaron más de estos eventos, llegando a cientos en la actualidad (ver el catálogo de FRBs; Petroff et al. *PASA* 2016). Todos ellos sugiriendo distancias cosmológicas, lo que aumentaba la incógnita sobre estos objetos. A tales distancias la emisión debería ser de 10 a 15 órdenes de magnitud mayor que la de los púlsares. De forma adicional, y en base al número de FRBs detectados estos años, se predicen frecuencias de  $10^{3-4}$  FRBs observables cada día. Estos ratios son significativamente

mayores de los esperados en otro tipo de eventos como estallidos de rayos gamma. Obviamente, un gran número de modelos fueron propuestos durante estos años, llegando incluso a tener un número mayor de posibles modelos que de FRBs descubiertos (ver [Platts et al. PR, 2019](#) para un resumen de los modelos más prometedores hasta la fecha).

## EL PRIMER FRB CON ESTALLIDOS MÚLTIPLES

El primer avance (y cambio) significativo que ocurrió en este campo ocurrió en 2012, con el descubrimiento de estallidos múltiples en un mismo FRB, FRB 121102 ([Spitler et al. ApJ 2014](#), [Nature 2016](#); [Scholz et al. ApJ 2016](#)). Esto rompía la idea de que los FRBs provenían de eventos cataclísmicos (o al menos una parte de ellos). Aunque muchos modelos comenzaron a plantear la idea de dos posibles tipos diferentes de FRBs.

Sin embargo, todavía existía una limitación fundamental en el campo de los FRBs: ninguno de estos eventos se había podido asociar con contrapartidas conocidas. Todos los FRBs habían sido descubiertos con radio antenas individuales, lo que implica resoluciones de varios minutos de arco.

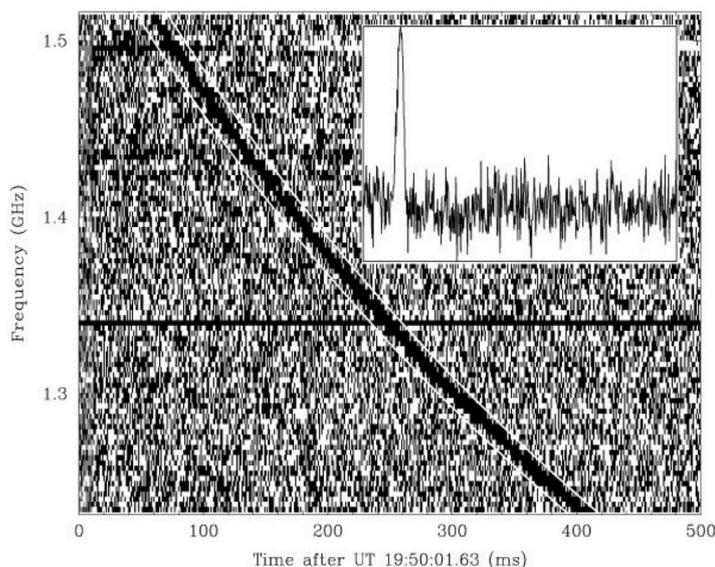


Fig. 1: FRB observado por el radiotelescopio Parkes. La señal, de sólo unos milisegundos de duración, muestra una dispersión clara: la señal llega más tarde a frecuencias más bajas. Esto revela la existencia de una ingente cantidad de material entre el emisor y nosotros. El recuadro interior muestra la señal integrada a todas las frecuencias, después de corregir dicha dispersión.

## LA PRIMERA LOCALIZACIÓN PRECISA DE UN FRB

Un gran paso adelante ocurrió en 2017, cuando el mismo FRB 121102 fue localizado con suficiente precisión como para asociarlo con contrapartidas multi-longitud de onda.

La presencia de estallidos múltiples permitió apuntar tanto el Karl G. Jansky Very Large Array (VLA) como el European VLBI Network (EVN) a dicha región del cielo. La detección de varios estallidos durante estas observaciones permitió asociar FRB 121102 a una fuente persistente en radio y óptico ([Chatterjee et al. Nature 2017](#); [Marcote et al. ApJL 2017](#), [Tendulkar et al. ApJL 2017](#)). Al combinar estos datos con observaciones de Gemini Norte y el *Hubble Space Telescope* se encontró que los estallidos de FRB 121102 provienen de una galaxia enana a 972 Mpc. Más específicamente, están asociados a una objeto persistente en radio con un tamaño menor a 0.7 pc, todavía de origen indeterminado. Lo único que sabemos es que dicho objeto se encuentra inmerso en una región de formación estelar con baja metalicidad, que domina toda la emisión óptima de la galaxia (Fig. 2; [Bassa et al. ApJL 2017](#)).

Este tipo de ambientes es similar al de la mayor parte de estallidos de rayos gamma largos, favoreciendo la idea de que FRBs podrían estar ligados a magnetares jóvenes ( $\sim 100$  años) interaccionando con supernovas superlumínicas (para explicar la fuente persistente; e.g. [Margalit & Metzger ApJL 2018](#)). En cambio, el reducido tamaño de dicho objeto también favorecía la presencia de un agujero negro masivo ( $\sim 10^{5-6} M_{\odot}$ ) en las inmediaciones, algo que se vio reforzado por la detección de una rotación por Faraday únicamente observada hasta ahora en objetos cercanos a Sgr. A\* ([Michilli et al. Nature 2018](#)).

## LOCALIZACIONES DE FRB DE UN SOLO EVENTO

En 2019 tres nuevas localizaciones fueron publicadas ([Bannister et al. Science 2019](#), [Ravi et al. Nature 2019](#), [Prochaska et al. Science 2019](#)). Las tres observaron nuevos FRBs de los que no se han observado repeticiones (FRBs de un solo evento). Estos FRBs fueron localizados en lugares radicalmente distintos al primero: dos dentro de galaxias elípticas y el último en algún lugar dentro de una galaxia masiva. Ninguno de ellos se pudo asociar con objetos concretos dentro de dichas galaxias debido a la ausencia de emisión compacta destacada.

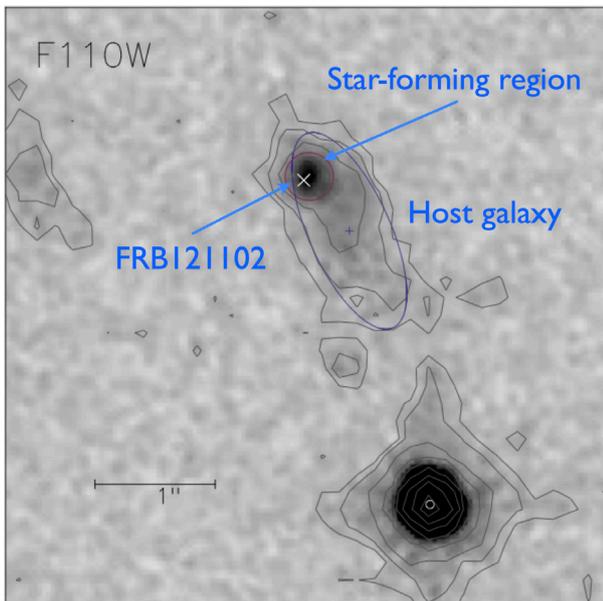
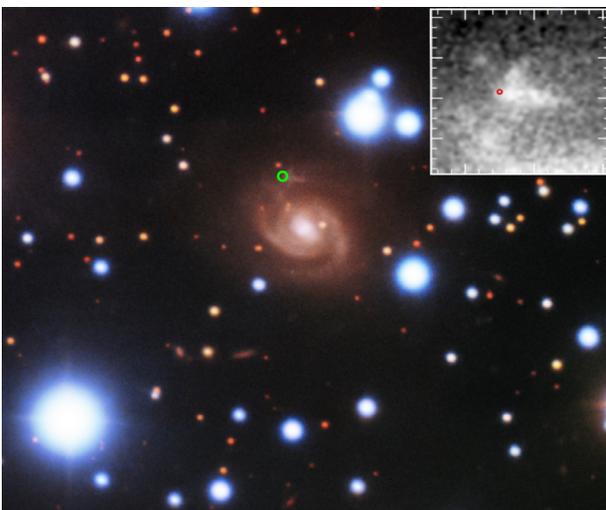


Fig 2. Ubicación de FRB 121102, el primer FRB localizado con precisión. Los estallidos provienen de una región de formación estelar con baja metalicidad que domina toda la emisión óptica de la galaxia enana a la que pertenece.

Fig 3. Ubicación de FRB 180916, el segundo FRB con múltiples estallidos localizado hasta la fecha. Su ubicación (círculos verde y rojo) muestra claras diferencias con respecto al anterior: aunque ambos se encuentran en regiones con formación estelar, este segundo FRB se localiza en una galaxia espiral, y dicha región muestra una metalicidad solar, aunque de un tamaño y forma inusual.



Esta disparidad de ambientes dificultó la idea de un modelo común a todos los FRBs, reforzando de nuevo la idea de que quizá los FRBs con múltiples estallidos se encuentran en hábitats más jóvenes (de formación estelar), mientras que los FRBs de un sólo evento pudieran estar ligados a galaxias más viejas.

### Un nuevo segundo repetidor localizado

Todo esto volvió a cambiar de nuevo. El radio telescopio CHIME (Canadá) ha entrado recientemente en funcionamiento. Gracias a su gran campo de visión se ha posicionado rápidamente como el telescopio con más FRBs descubiertos hasta la fecha, con más de cientos de estos eventos. De todos ellos, sólo una pequeña fracción ha mostrado estallidos múltiples (CHIME/FRB Collaboration et al. *ApJL* 2019), aunque se piensa que todos los FRBs deben ser capaces de repetir, y únicamente estamos limitados por sensibilidad y ratio de estallidos brillantes (Ravi, *Nat. Astr.* 2019).

Entre estos nuevos FRBs descubiertos por CHIME, uno de ellos, FRB 180916, se ha mostrado como el FRB más activo descubierto hasta ahora, y posiblemente uno de los más cercanos. Pero CHIME únicamente permite precisiones de varios minutos de arco en el cielo, por lo que era imposible localizarlo con precisión.

La segunda localización de un FRB repetidor se llevó a cabo tras observar dicha región del cielo en varias épocas con el EVN durante 2019. En una de ellas se detectaron cuatro estallidos, permitiendo (al igual que con el primer FRB) localizar dichas señales con una precisión de milisegundos de arco (Marcote et al. *Nature* 2020). FRB 180916 se ubica en el interior de una región de formación estelar de una galaxia espiral a 149 Mpc (Figs. 3 y 4). Dicha región es inusualmente grande (~1.5 kpc de lado), y con una característica forma en "v". Aunque en este caso la metalicidad es consistente con la solar, como es esperarse de tales galaxias, y ningún objeto compacto consistente con los estallidos fue encontrado en esta ocasión.

Como se puede ver, las diferencias con el primer FRB son notables, quedando claro que los FRBs pueden producirse en multitud de ambientes.

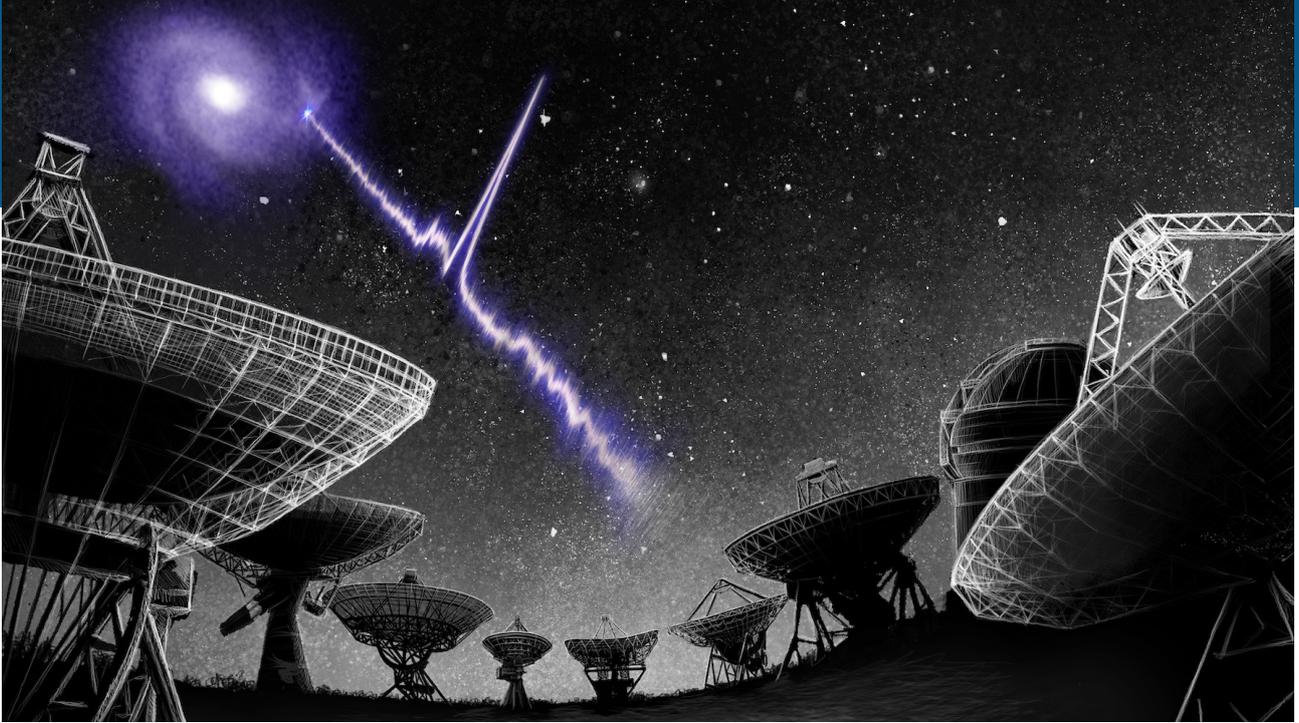


Fig 4. Representación de las observaciones del EVN detectando uno de los estallidos de FRB 180916. El EVN combina la señal de un gran número de radio antenas repartidas por Europa, Asia y África, incluyendo la antena de Yebes en Guadalajara, mantenida por el Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Crédito: Danielle Futselaar ([www.artsource.nl](http://www.artsource.nl)).

La última pieza puesta en este puzzle es el descubrimiento de una periodicidad en el patrón de estallidos de FRB 180916 de unos 16 días (CHIME/FRB Collaboration et al. *Nature* 2020), donde los estallidos aparecen en una ventana de unos cuatro días dentro de éste periodo, ¿quizá debido a un sistema binario?

### ¿QUÉ SON LOS FRBS?

Como hemos visto, únicamente conocemos con precisión la ubicación de un puñado de FRBs. Todos ellos mostrando diferencias intrínsecas y entornos distintos. Esto no ha ayudado a clarificar su naturaleza y origen, y es posible que hasta que no obtengamos un gran número de ellos estudiados con precisión no se pueda llegar a conclusiones firmes.

Este último objeto, FRB 180916, es con diferencia el más cercano a la Tierra que conocemos. Por primera vez se pueden poner límites reseñables a la posible emisión multilongitud de onda de los FRBs. Aunque se han llevado a cabo varias búsquedas de estallidos en otras regiones del espectro electromagnético (por ejemplo en rayos X, Scholz et al. *ApJL* 2017, 2020; y en óptico y rayos gamma, MAGIC Collaboration et al. *MNRAS* 2019), ningún estallido ha sido detectado hasta la fecha.

Sin embargo, recientemente se ha detectado el que podría ser el eslabón perdido entre los púlsares/

magnetares Galácticos y los FRBs. En abril 2020 se detectó una señal galáctica proveniente del magnetar Galáctico SGR 1935+2154 similar a la de los FRBs, y con contrapartidas en rayos X (Scholz et al. *ATel* 2020). Aunque esta señal es todavía varios órdenes de magnitud inferior en luminosidad, está muy por encima de la emisión conocida de este tipo de objetos. La posible conexión entre FRBs y magnetares jóvenes parece más firme después de esto. Queda por ver si el entorno (bien remanentes jóvenes de supernova o agujeros negros masivos) juegan un papel crítico en la emisión.

### FRBS EN UN CONTEXTO MÁS AMPLIO

Para concluir, es necesario mencionar el por qué de tanto interés en este tipo de objetos. Y la razón radica es algunas de sus propiedades: la brevedad de la emisión radio (únicamente milisegundos), el gran número de FRBs esperados y su gran distancia (en muchos casos con redshifts  $\gg 1$ ).

Estas propiedades permitirán trazar las propiedades del medio intergaláctico con una precisión sin precedentes. Pero además, estas señales lejanas transportan información sobre la historia de reionización del Universo. Y debido a la brevedad de la emisión ya se ha comenzado a poner límites precisos en física fundamental, como el principio de equivalencia o límites a la masa del fotón.