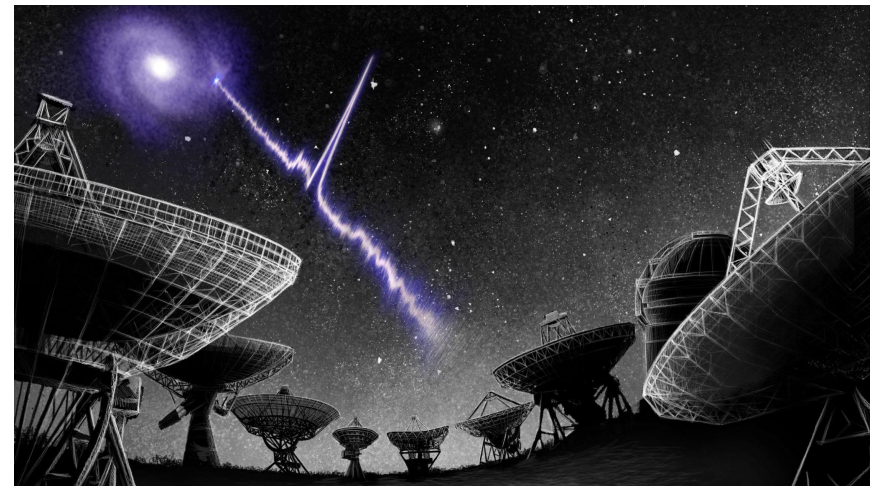


La relación de la medida de dispersión - redshift de FRBs con galaxia hospedera confirmada

Luz Ángela García Peñaloza

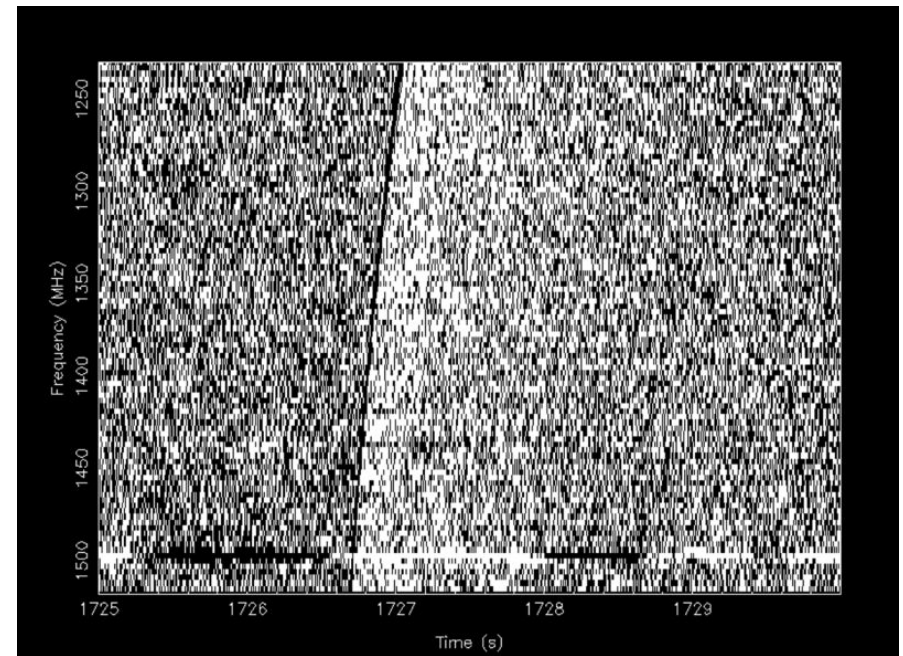
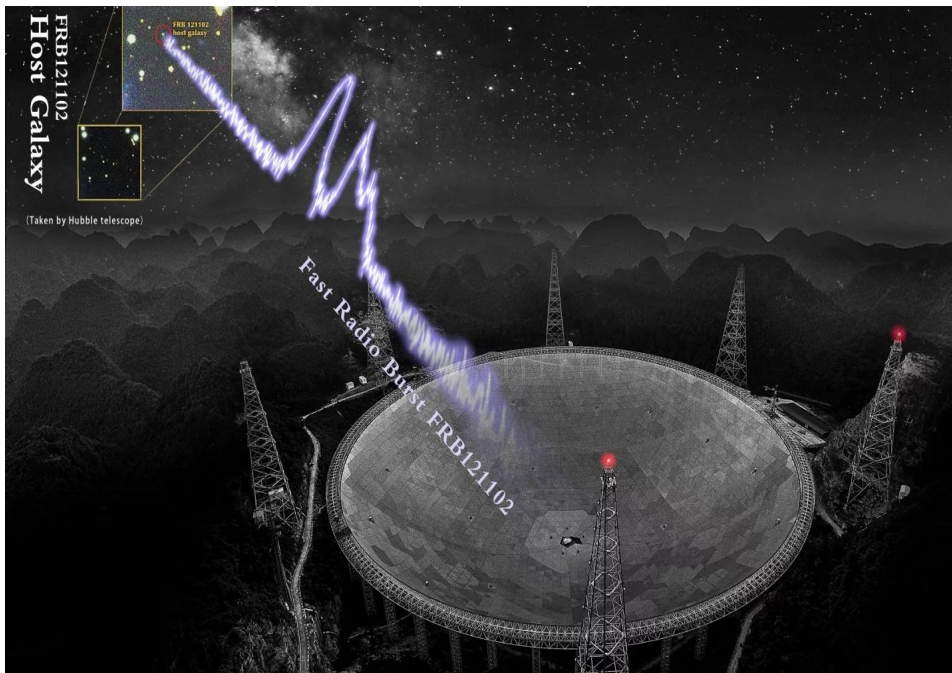
Trabajo en colaboración con Eduard Piratova-Moreno



Cosmology in Colombia - Diciembre 2024

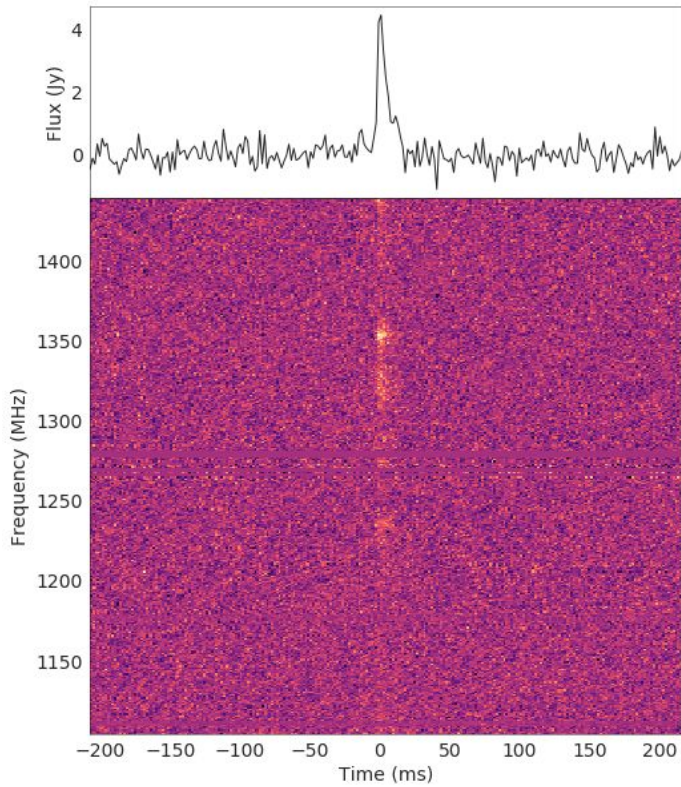
¿Qué es un FRB?

Imágenes tomadas de la red

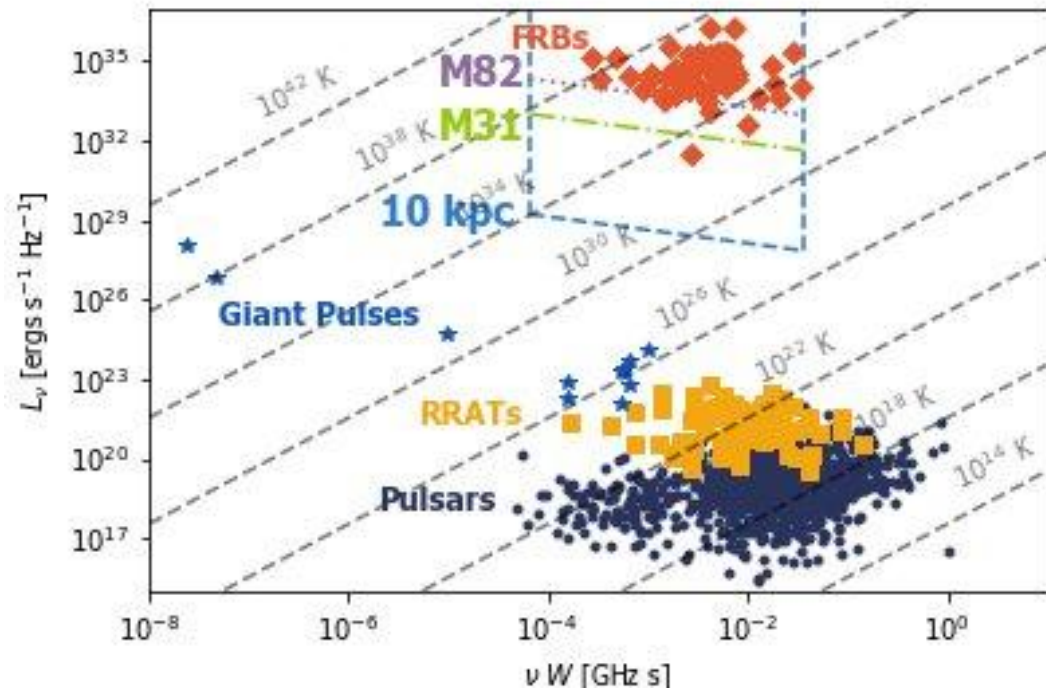


Luz Ángela García - Universidad ECCI

¿Qué es un FRB?



Imágenes tomadas de la red

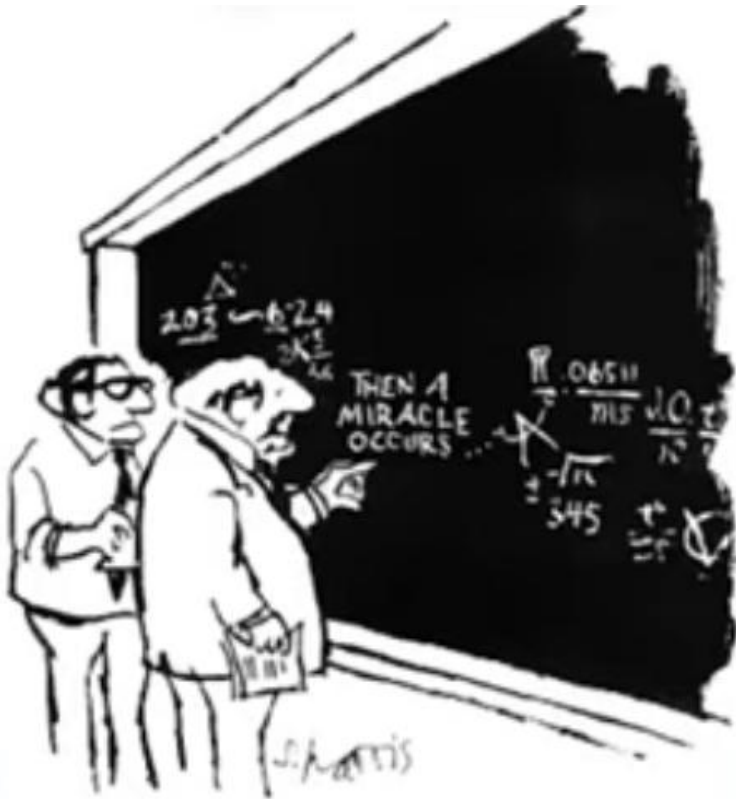


Luz Ángela García - Universidad ECCI

¿Qué genera los FRBs?

No lo sabemos.

Pero sabemos que ocurren 1000 FRBs / día



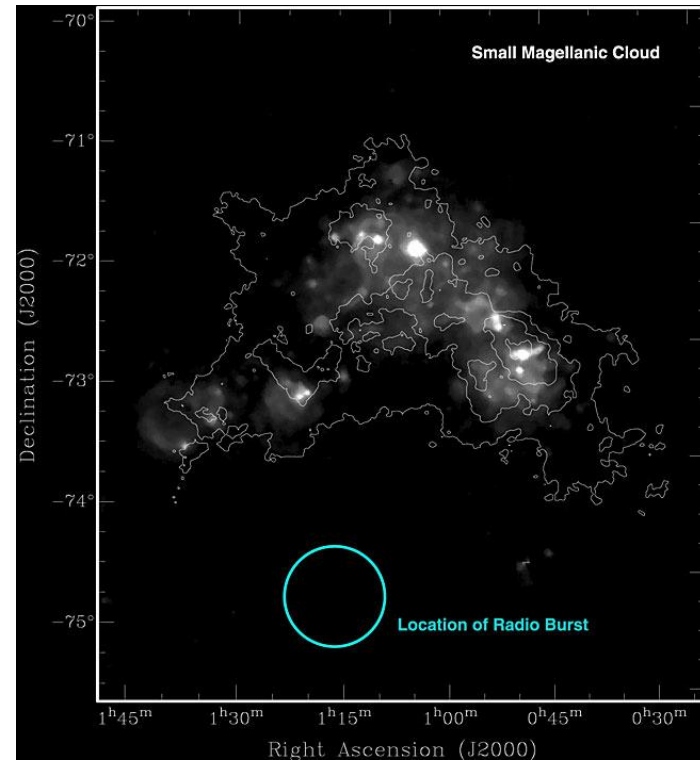
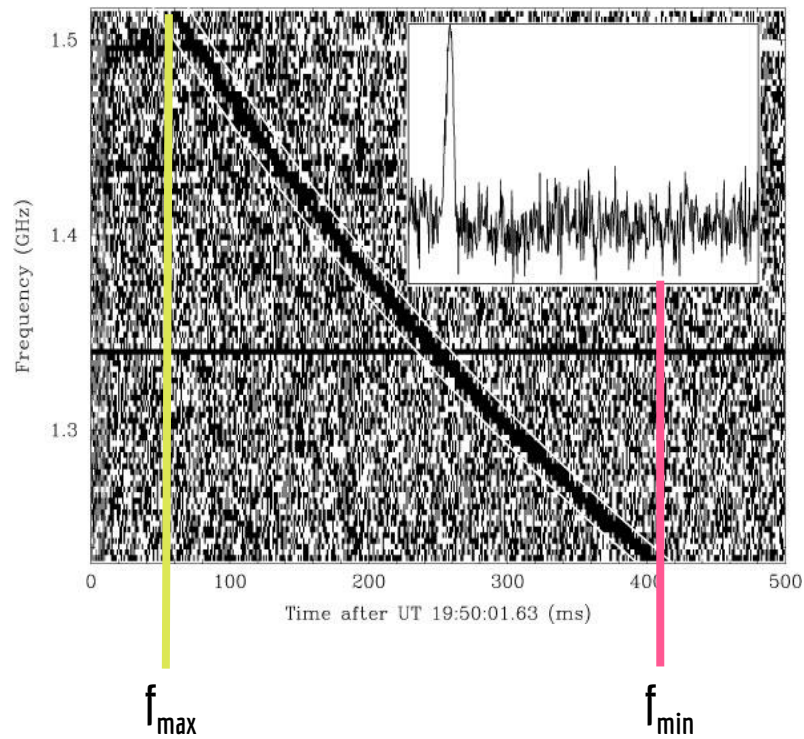
"I think you should be more explicit here in step two."

Imagen tomada de la red

Luz Ángela García - Universidad ECCI

¿Qué es un FRB?

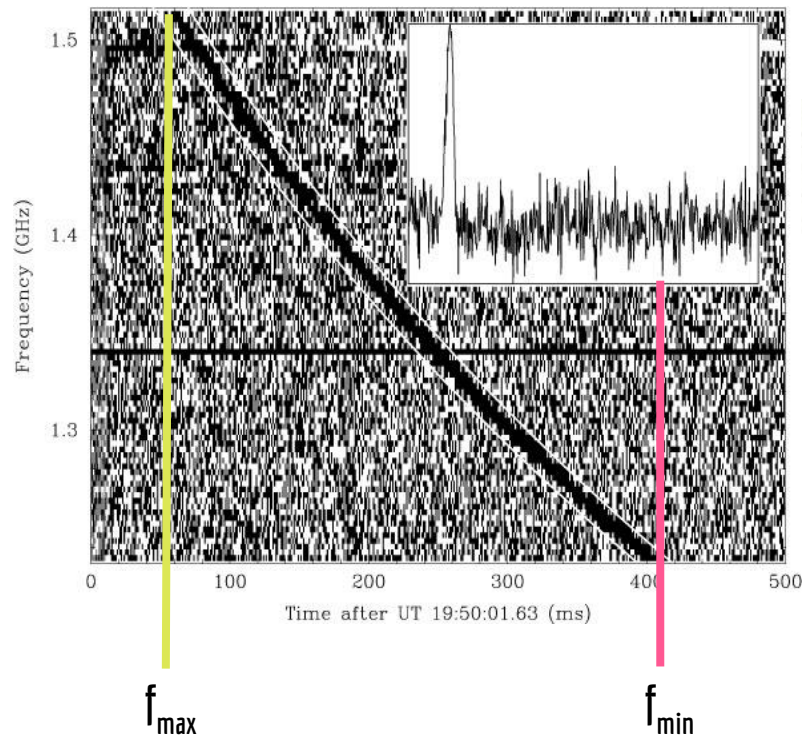
Diagrama de cascada del FRB Lorimer



Luz Ángela García - Universidad ECCI

¿Qué es un FRB?

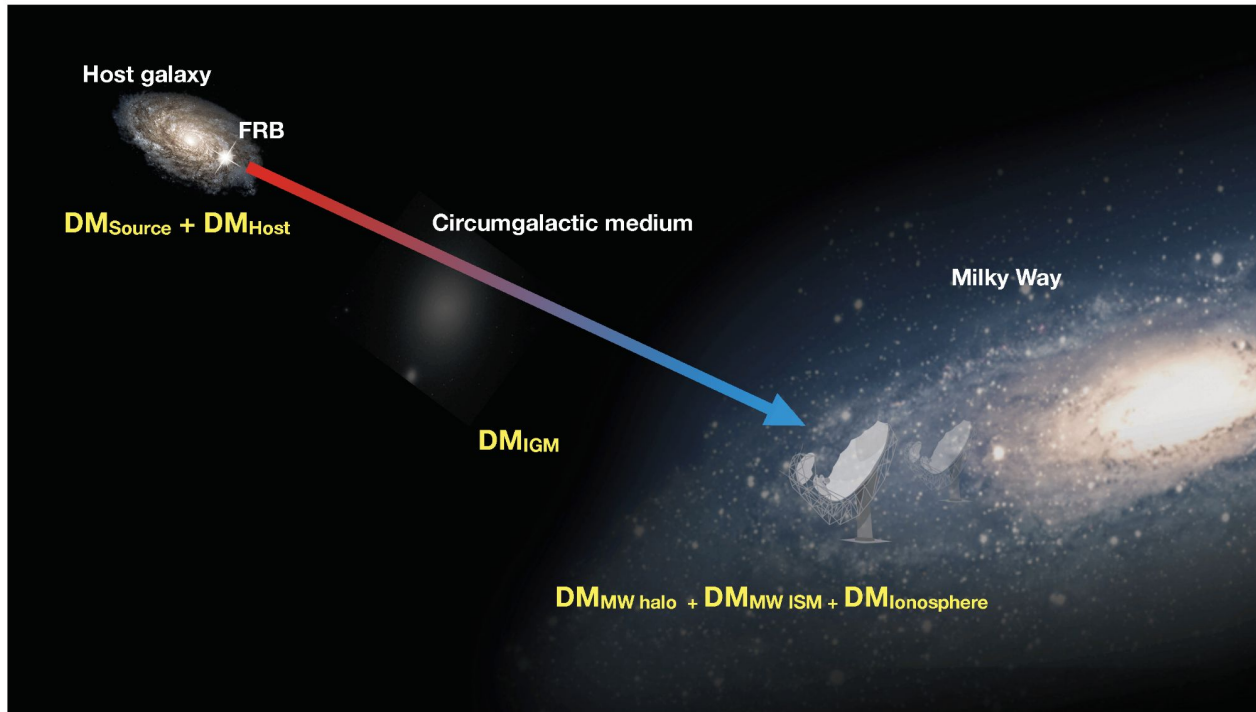
Diagrama de cascada del FRB Lorimer



$$\Delta t = \frac{e^2}{2\pi m_e c} (\nu_{lo}^{-2} - \nu_{hi}^{-2}) DM \approx 4.15 (\nu_{lo}^{-2} - \nu_{hi}^{-2}) DM \text{ ms}$$

$$DM = \int_0^d n_e(l) dl.$$

Luz Ángela García - Universidad ECCI



Medida de dispersión

$$DM_{\text{obs}} = DM_{\text{MW}} + DM_{\text{IGM}} + \frac{DM_{\text{host}}}{(1+z)}$$

Imagen tomada de la red

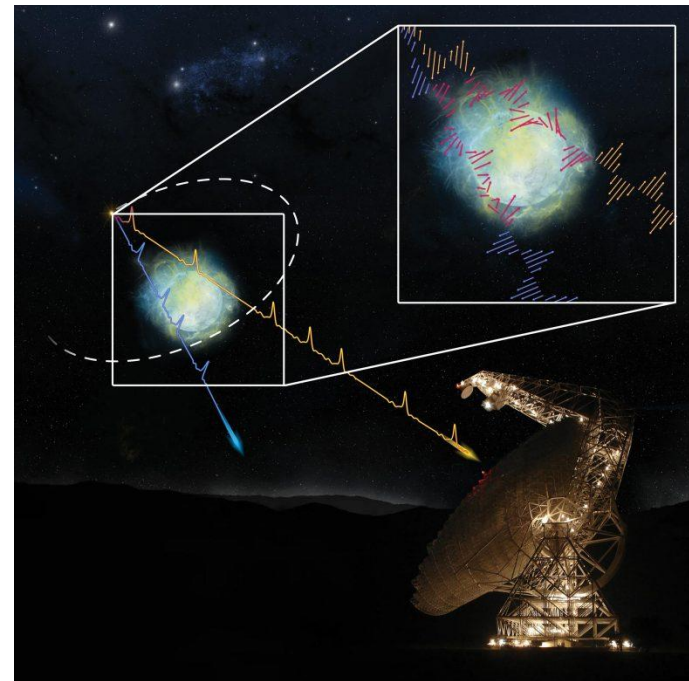
Luz Ángela García - Universidad ECCI

Nuestra muestra de FRBs

Transient Name Server (TNS): <https://www.wis-tns.org/>

Imagen tomada de la red

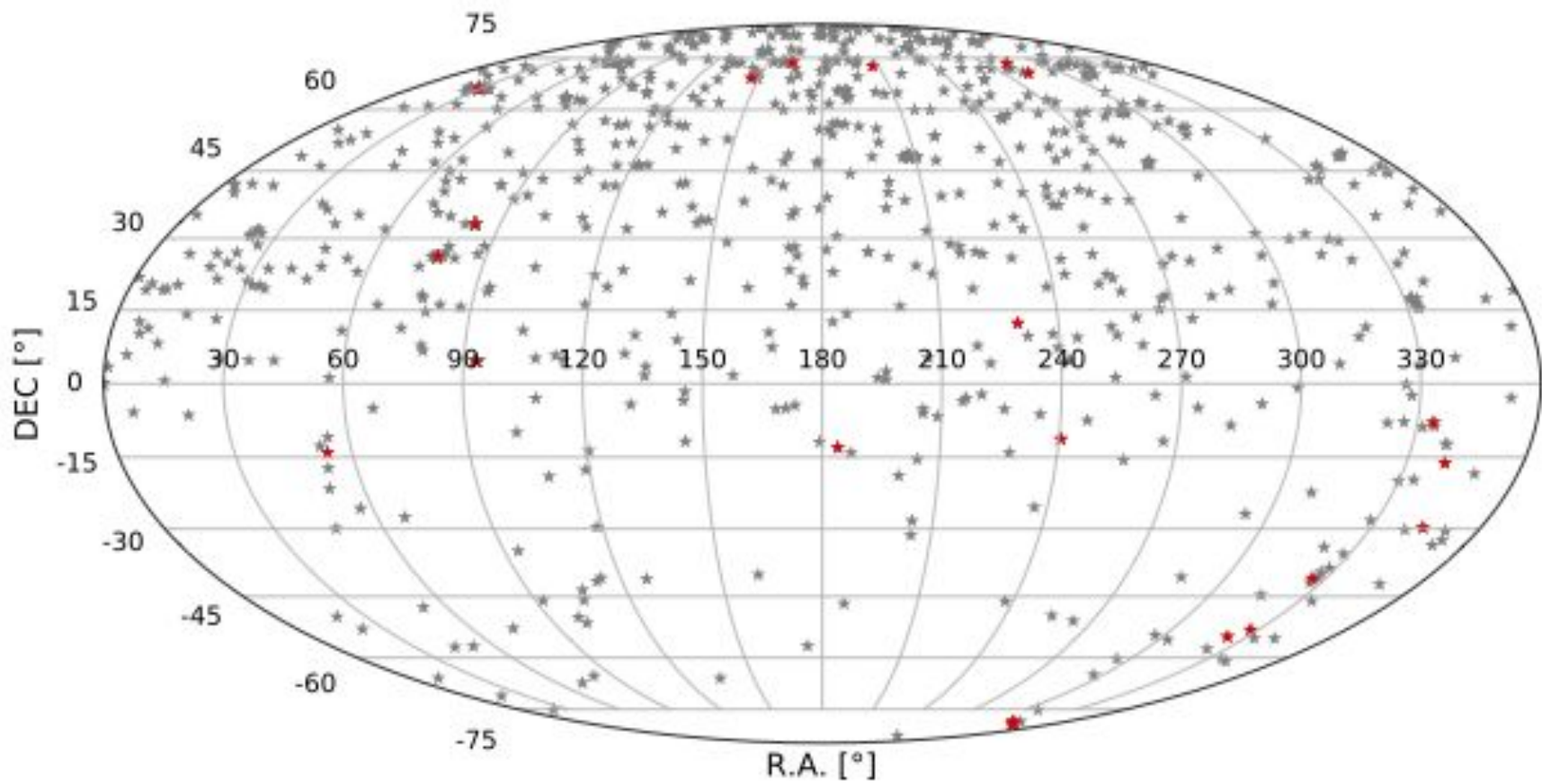
- A la fecha tenemos 941 FRBs liberados de radiotelescopios en Tierra en ~ 1400 MHz, aunque hay detecciones en el rango de 400 - 800 MHz.
- De estos, solo ~ 150 tienen identificado el *redshift* (z). Sin embargo, algunos de ellos son repetidores, por lo que en este trabajo solo usamos 24 entradas únicas.
- FRB20240114A ha sido recientemente confirmado (repetidor), pero sus propiedades físicas aún se encuentran muy incompletas.



Nuestra muestra de FRBs

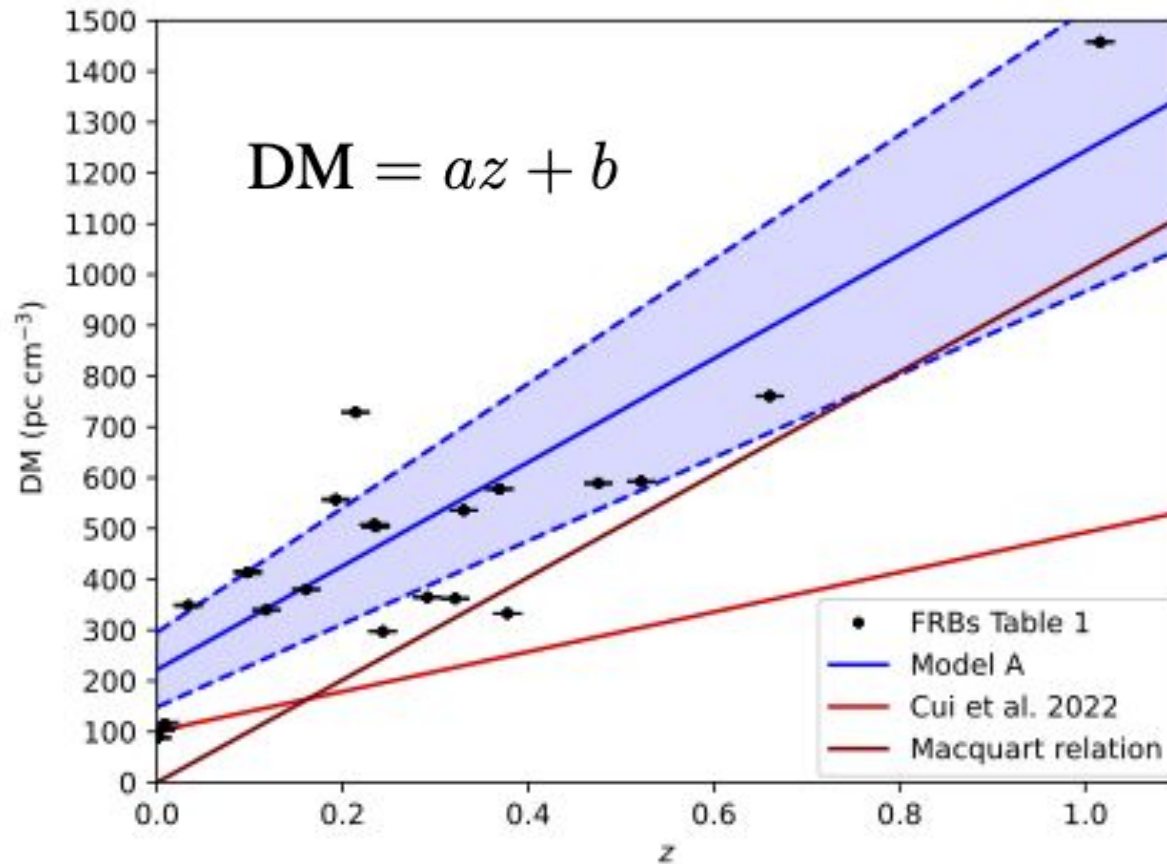
Nuestra base de datos al 24 de febrero de 2024 cuenta con 24 FRBs con z conocido y 34 variables físicas.

FRB	RA_{FRB} (deg)	DEC_{FRB} (deg)	DM (pc/cm^3)	ΔDM (pc/cm^3)	Ref.	z_{host}	Δz_{host}	Repeater	Peak flux (Jy)	Width (ms)
20121102A	82.9946	33.1479	557.0	2.0	(2)	0.1927	-	Y	1375	557
20171020A	333.75	-19.6667	114.1	0.2	(26)	0.008672	-	N	1297	114.1
20180301A	93.2292	4.6711	536.0	5.0	(27)	0.3305	-	Y	1352	522
20180916B	29.5031	65.7168	348.8	1.62	(28)	0.0337	-	Y	603.9	347.8
20180924B	326.1052	-40.9000	362.16	0.06	(28)	0.3214	-	N	1320	361.42
20181030A	163.2	73.74	103.5	1.62	(29)	0.0039	-	Y	703.7	101.9



Luz Ángela García - Universidad ECCI

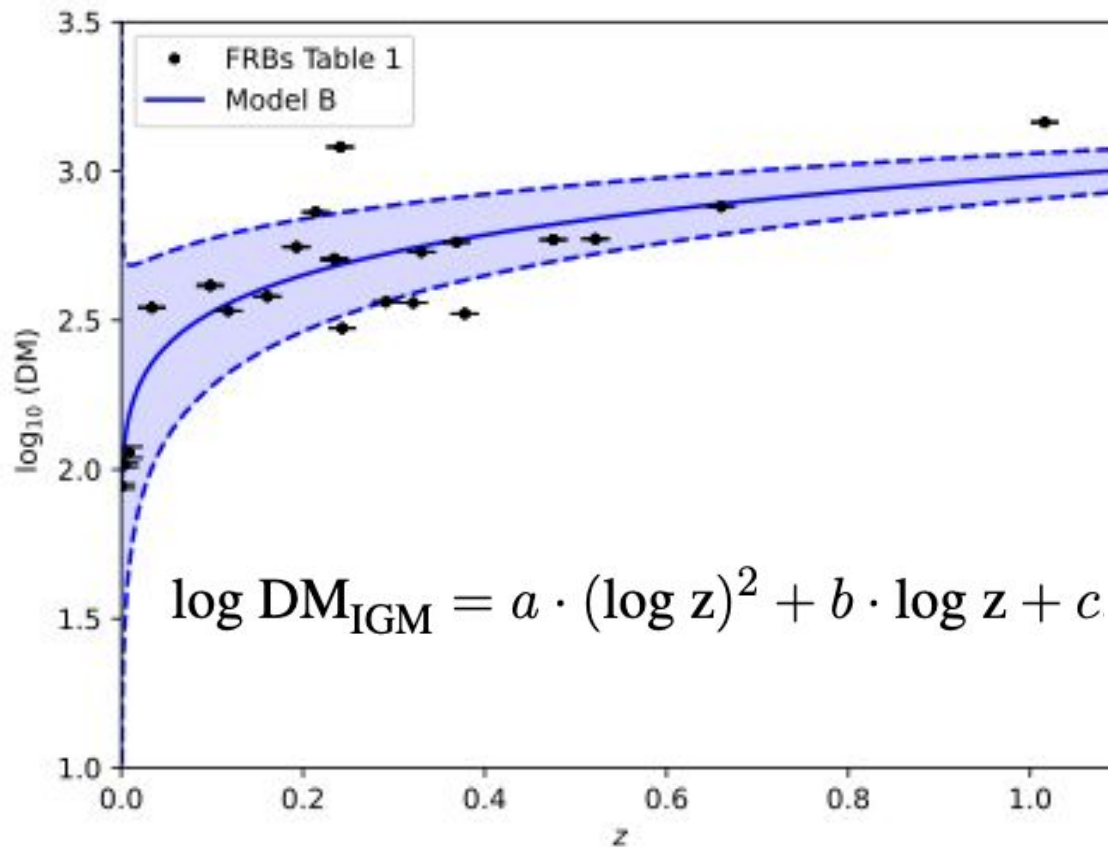
Modelo A: lineal



$$a = 1021.36 \text{ pc/cm}^3$$

$$b = 221.99 \text{ pc/cm}^3$$

Modelo B: log parabólico

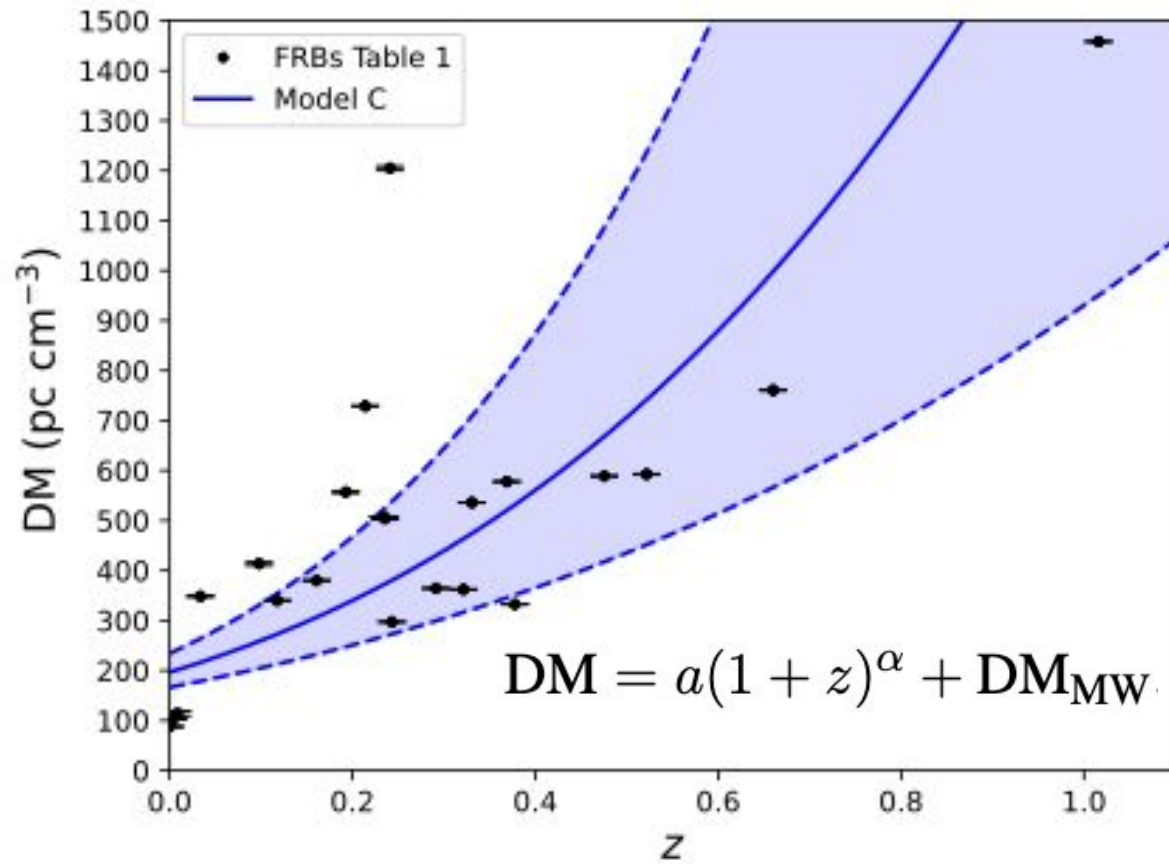


$$a = 0.06$$

$$b = 0.52$$

$$c = 2.46$$

Modelo C: ley de potencias



$$a = 155.80 \text{ pc/cm}^3$$

$$\alpha = 4.58$$

$$DM_{MW} = 40.68 \text{ pc/cm}^3$$

Modelo D: interpolación RBF

Imagen tomada de la red

$$\mathbf{DM} = \mathbf{DM}(z, \theta, \phi)$$

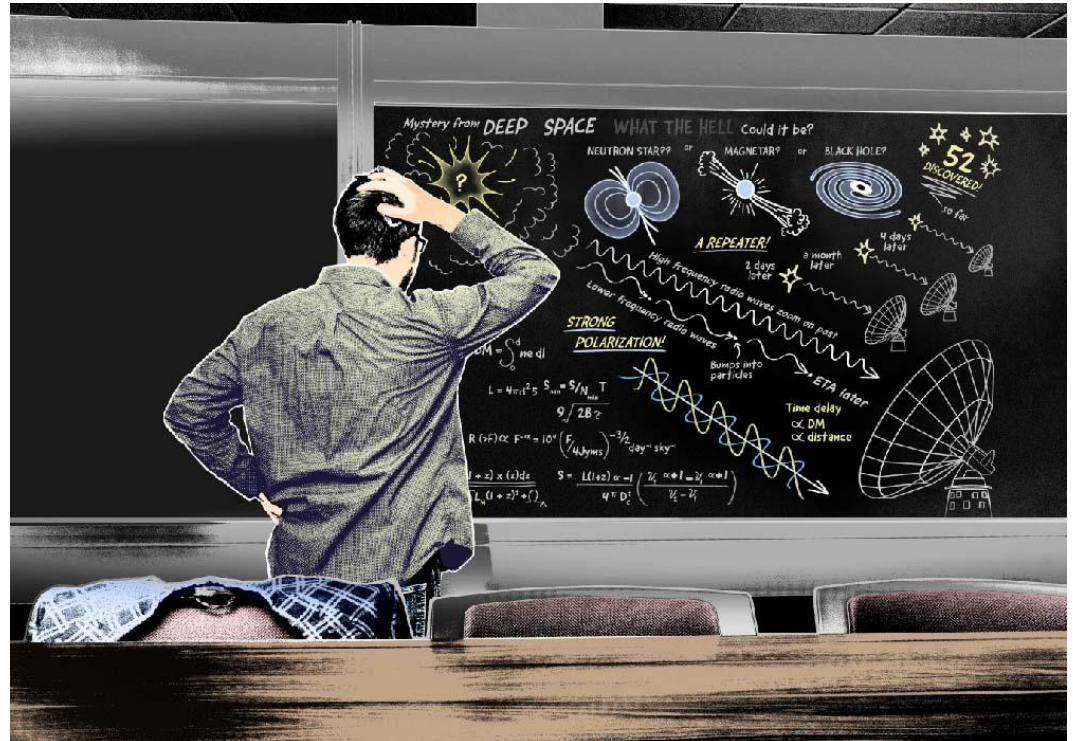
con $\phi = 90^\circ - \text{DEC}$

$$\mathbf{Err} = \sum_{i=1}^N (z_{\text{host};i} - z_{\text{inter};i})^2$$

$$z_{\text{inter}} = z_{\text{inter}}(\mathbf{DM}, \theta, \phi)$$

$$\Delta z_{\text{inter}} = \Delta z_{\text{inter}}(\mathbf{DM} \pm f \Delta \mathbf{DM}, \theta, \phi)$$

$$z_0 = 0.15 \quad f = 3$$



Pruebas estadísticas

Mediana de las diferencias entre redshifts

$$\hat{x} = \text{median}|z_{\text{pred}; i} - z_{\text{obs}; i}|$$

Verosimilitud

$$\mathcal{L} = \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (z_{\text{pred}; i} - z_{\text{host}; i})^2 \right]$$

Akaike Information Criterion (AIC)

$$\text{AIC} = 2K - 2\ln\mathcal{L} \quad \text{con} \quad K = 2, 3, 2, 2 \text{ para A, B, C, D.}$$

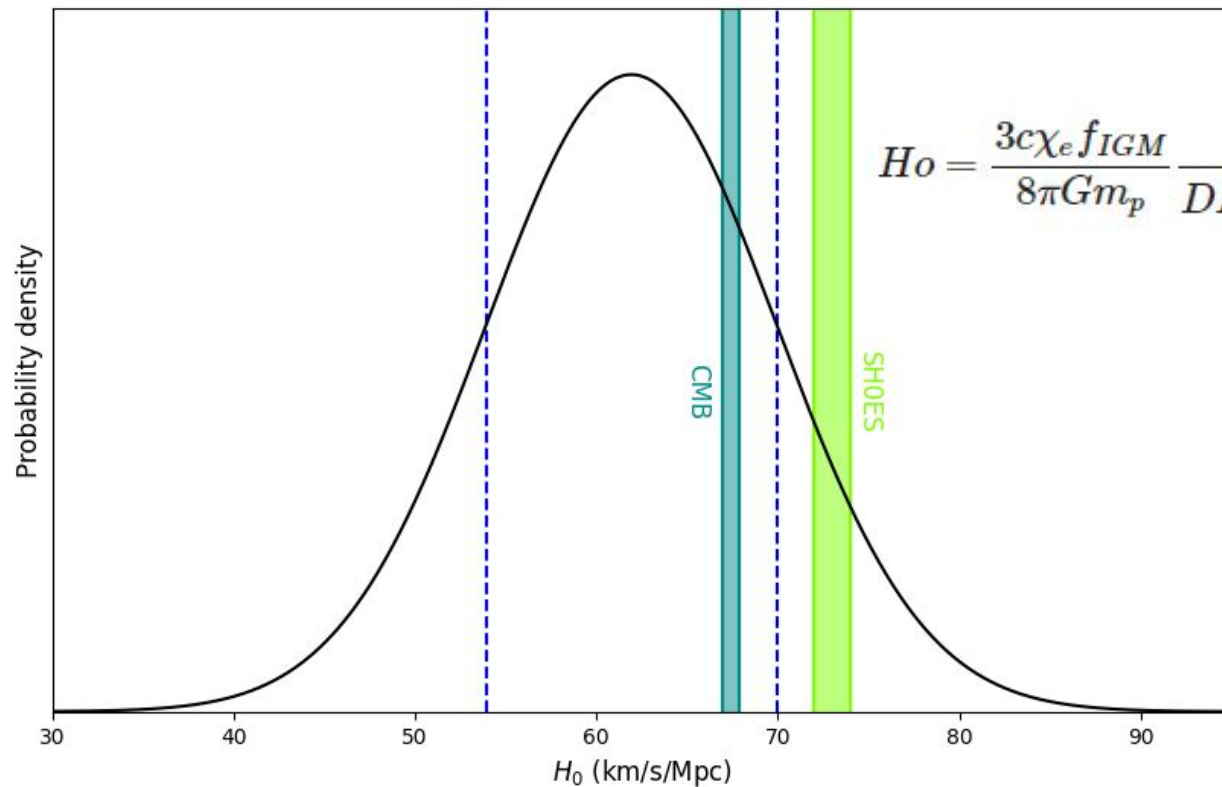
Bayesian Information Criterion (BIC)

$$\text{BIC} = -2\ln\mathcal{L} + K\ln n \quad \text{con} \quad n = \mathbf{22}.$$

Pruebas estadísticas

Metric	Model A	Model B	Model C	Model D
\hat{x}	0.13	0.07	0.13	0.11
\mathcal{L}	33.52	2.03×10^{-5}	218.94	433.22
AIC	-3.02	27.61	-6.78	-8.14
BIC	-0.84	30.88	-4.60	-5.96

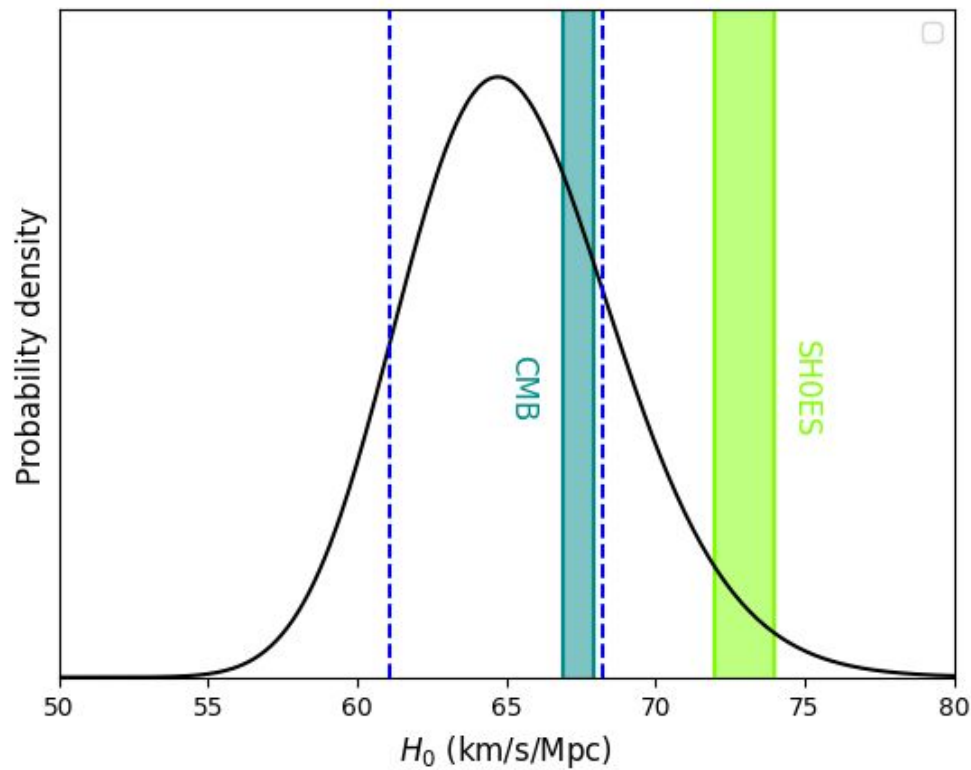
Valor de H_0 inferido con 54 FRBs localizados - promedio aritmético



$$H_0 = \frac{3c\chi_e f_{IGM}}{8\pi G m_p} \frac{10^4 \Omega_b h^2}{DM_{Tot} - DM_{MW} - \frac{100}{1+z}} \int_0^z \frac{1+z'}{E(z')} dz'$$

Piratova-Moreno et al. in prep.

Valor de H_0 inferido con 54 FRBs localizados - Verosimilitud

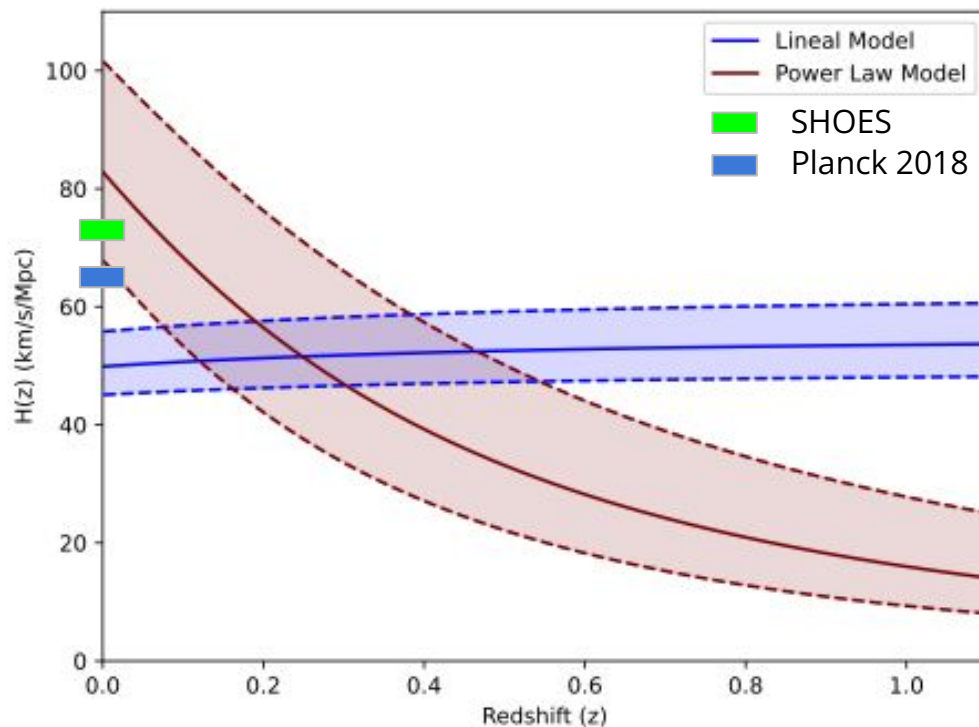


$$\ln \mathcal{L}(H_0) = -\frac{1}{2} \sum_i \left[\frac{(\text{DM}_{\text{obs},i} - \text{DM}_{\text{model},i})^2}{\sigma_i^2} + \ln(\sigma_i^2) \right]$$

$$H_0 = 64.7 \pm 3.6 \text{ km/s/Mpc}$$

Piratova-Moreno et al. in prep.

Valor de H_0 inferido a partir de 54 FRBs con los modelos paramétricos



$$H(z) = \frac{3c}{8\pi G m_p} 10^4 \Omega_b h^2 (1+z) f_{\text{IGM}}(z) f_e(z) \left(\frac{d\text{DM}_{\text{IGM}}}{dz} \right)^{-1}$$

$$\text{DM}_{\text{theo}}(z_i) = \text{DM}_{\text{IGM}}(z_i) + \langle \text{DM}_{\text{host}} \rangle(z_i)$$

$$\sigma^2(z_i) = \sigma_{\text{MW}}^2 + \sigma_{\text{host}}^2(z_i) + \sigma_{\text{IGM}}^2(z_i)$$

Lineal Model

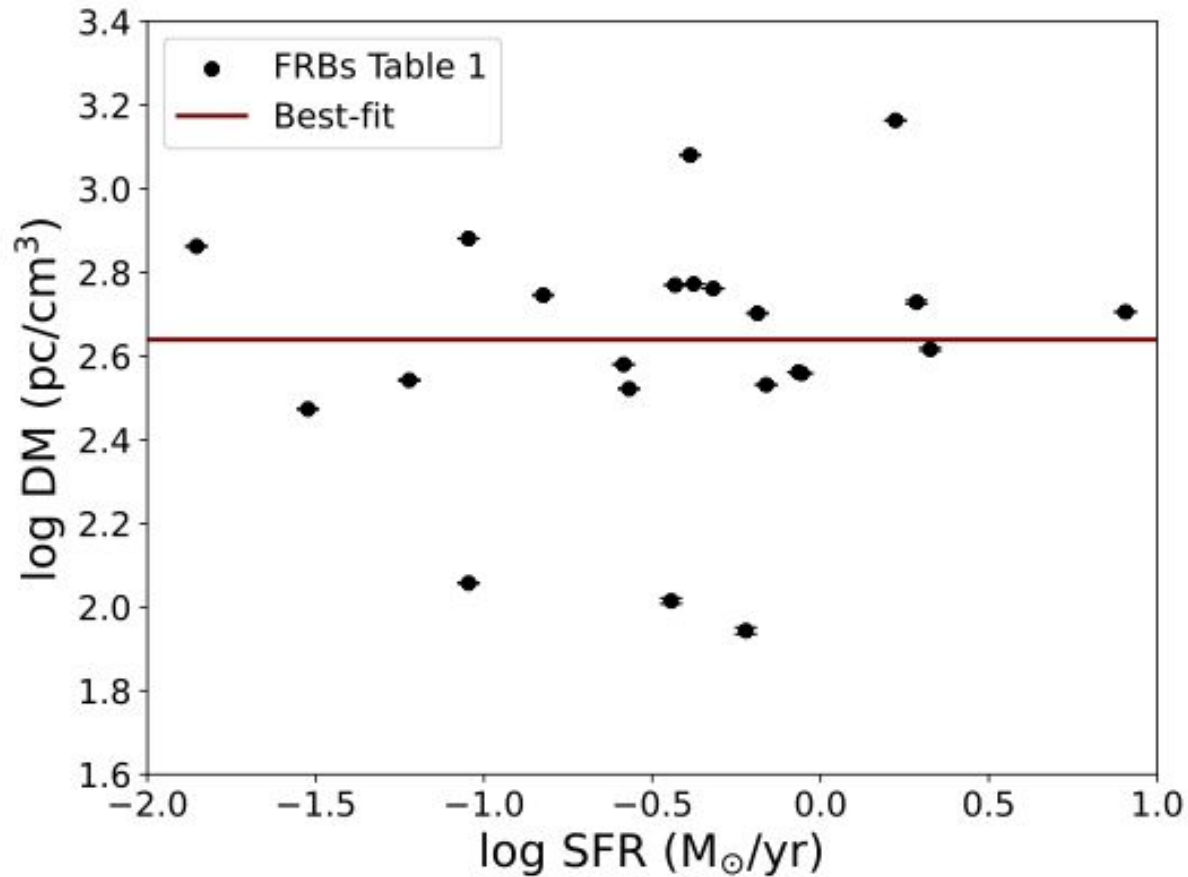
$$H_0 = 51.01^{+3.96}_{-3.43} \text{ km/s/Mpc}$$

Power Law Model

$$H_0 = 77.13^{+9.48}_{-8.07} \text{ km/s/Mpc}$$

Piratova-Moreno et al. in prep.

SFR vs. DM



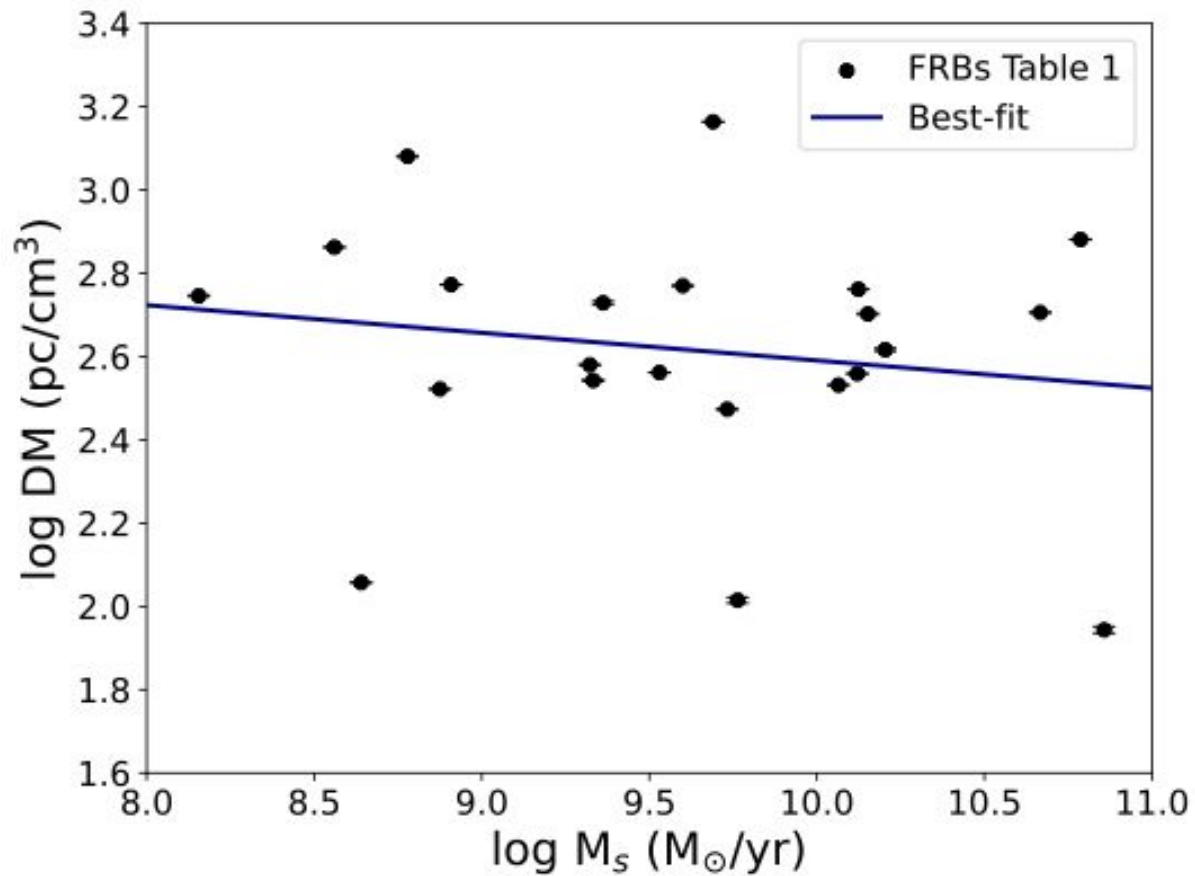
$$DM = a \cdot \text{SFR}^{\beta}$$

$$a = 10^{(2.639 \pm 0.080)}$$

$$\beta = 0.015 \pm 0.106$$

Piratova-Moreno & García, 2024

M_s vs. DM



$$DM = c \cdot (M_s)^\gamma$$

$$c = 10^{(3.256 \pm 0.868)}$$

$$\gamma = -0.067 \pm 0.090$$

Piratova-Moreno & García, 2024

Conclusiones

¡Con más y más FRBs detectados por CHIME y FAST tendremos muchos más datos para calibrar nuestros modelos!

- ★ Hemos presentado 4 modelos físicamente motivados para determinar la relación entre la medida de dispersión (DM) y el redshift (z) de Fast Radio Bursts (FRBs) con galaxias hospederas confirmadas.
- ★ El modelo D (interpolación) cumple simultáneamente los tres criterios estadísticos impuestos para evaluar la tasa de éxito de los modelos, seguido muy de cerca por el C y A (comportamiento tipo ley de potencias y lineal, respectivamente). En cambio, el modelo B tiene un bajo rendimiento prediciendo el redshift, en especial para altos DM y z .
- ★ Existe una débil correlación entre el DM y la tasa de formación estelar de las galaxias de nuestra muestra. La misma tendencia se observa para DM - masa estelar de las galaxias putativas de estos FRBs. Una mayor muestra de FRBs confirmados nos permitirá validar este hallazgo.



@PenLua



lgarciap@ecci.edu.co

Luz Ángela García - Universidad ECCI