



instituto de astronomía

unam



Instituto de Física  
UNAM

# Buscando Halos de TeV en el catálogo de pulsares.

Reunión Anual de la División de Rayos Cósmicos 2021

M. Fernanda Carreón  
Magdalena González  
Tomás Capistrán  
Daniel Avila

IA — UNAM

IA — UNAM

IA — UNAM

IF — UNAM

# Índice

- Halos de TeV
- Buscando Halos: el sencillo modelo
- Seleccionando los pulsares
- El tercer catálogo de HAWC
- Comparando
- Cambiando el modelo
- Trabajo por hacer





# Buscando Halos: el sencillo modelo

- Modelo sencillo: 'Geminga-like' (Smith, 2019)

$$S_{Halo} = S_{Geminga} \times \frac{d_{Geminga}}{d_{pulsar}} \times \sqrt{1 - e^{-edad/\tau_{e^+e^-}}}$$

$$F_{Halo} = F_{Geminga} \times \frac{\dot{E}_{pulsar}}{\dot{E}_{Geminga}} \times \frac{d_{Geminga}^2}{d_{pulsar}^2} \times 1 - e^{-edad/\tau_{e^+e^-}}$$

- Sistemas jóvenes evolucionan hasta un edo. estable (Geminga).
- Selección de pulsares del catálogo ATNF.
- Se buscan coincidencias con fuentes en 3HWC



# Seleccionando los pulsares

- El catálogo ATNF en su edición más reciente reporta 3,176 objetos (en su gran mayoría, pulsares).
- No se consideran objetos sin derivada de periodo reportada
- Se excluyen objetos con edad  $> 1$  millón de años
- Se excluyen objetos que se estén acelerando (derivada negativa de  $P$ ).
- Se restringe a FOV de HAWC (declinación  $[-16^\circ, +54^\circ]$ )
- *Se excluyen los pulsares que queden dentro del plano galáctico  $|b| < 4$  y  $l$  en  $[0, 100]$ .*
- Lista final: 26 pulsares

# El tercer catálogo de HAWC

- Catálogo de fuentes de rayos gamma del observatorio High Altitude Water Cherenkov (HAWC).
- 1523 días de datos (nov 2014, jun 2019)
- 65 fuentes con  $\sigma \geq 5$  significancia
- Herramienta interactiva pública para acceder a cuatro mapas distintos:
  - fuentes puntuales
  - fuentes extendidas de 0.5 deg
  - fuentes extendidas de 1 deg
  - fuentes extendidas de 2 deg

# Comparando

- 26 pulsares: 6 asociados a objetos del catálogo 3HWC

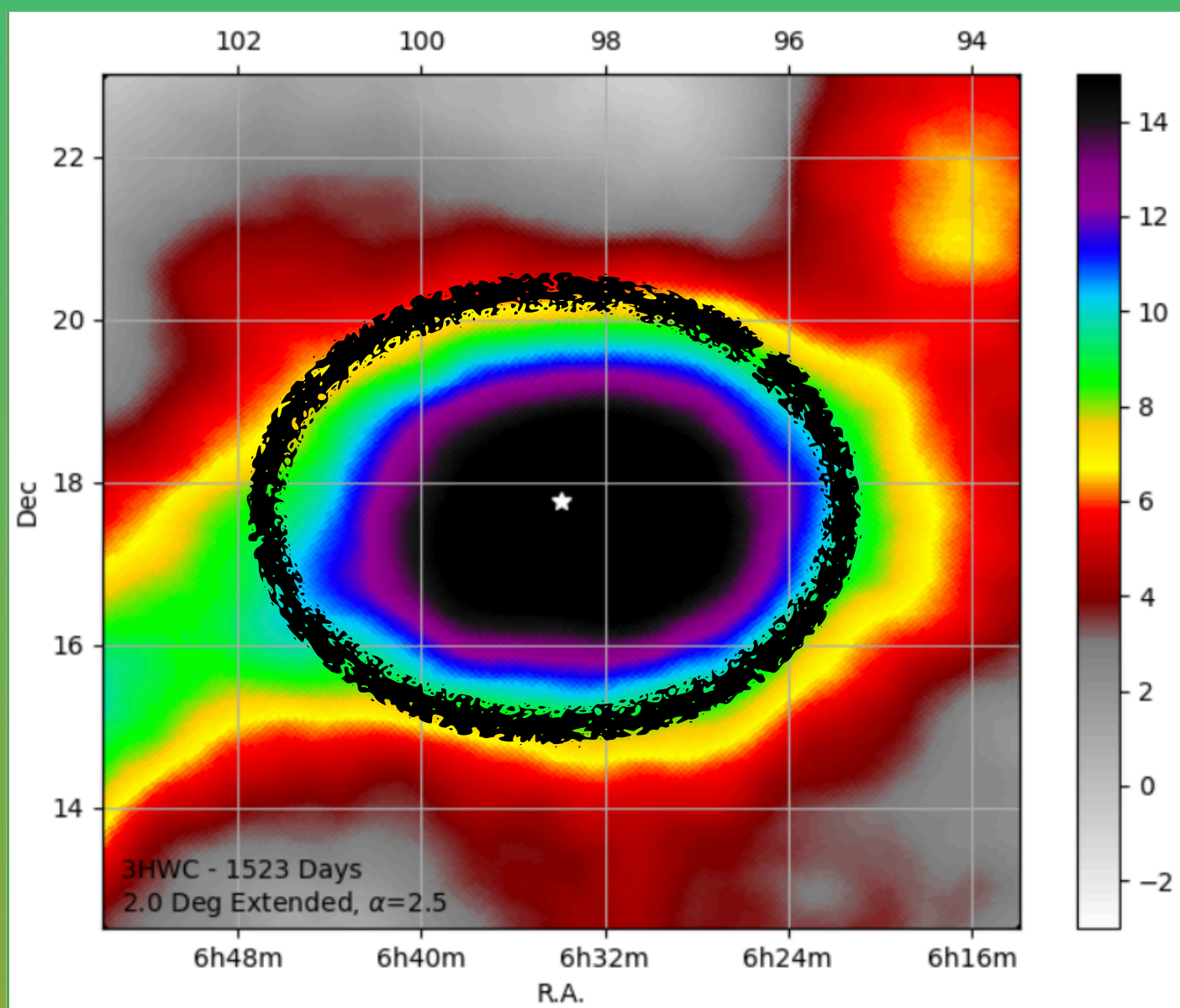
usando

$$S_{Geminga} = 5.5^\circ$$

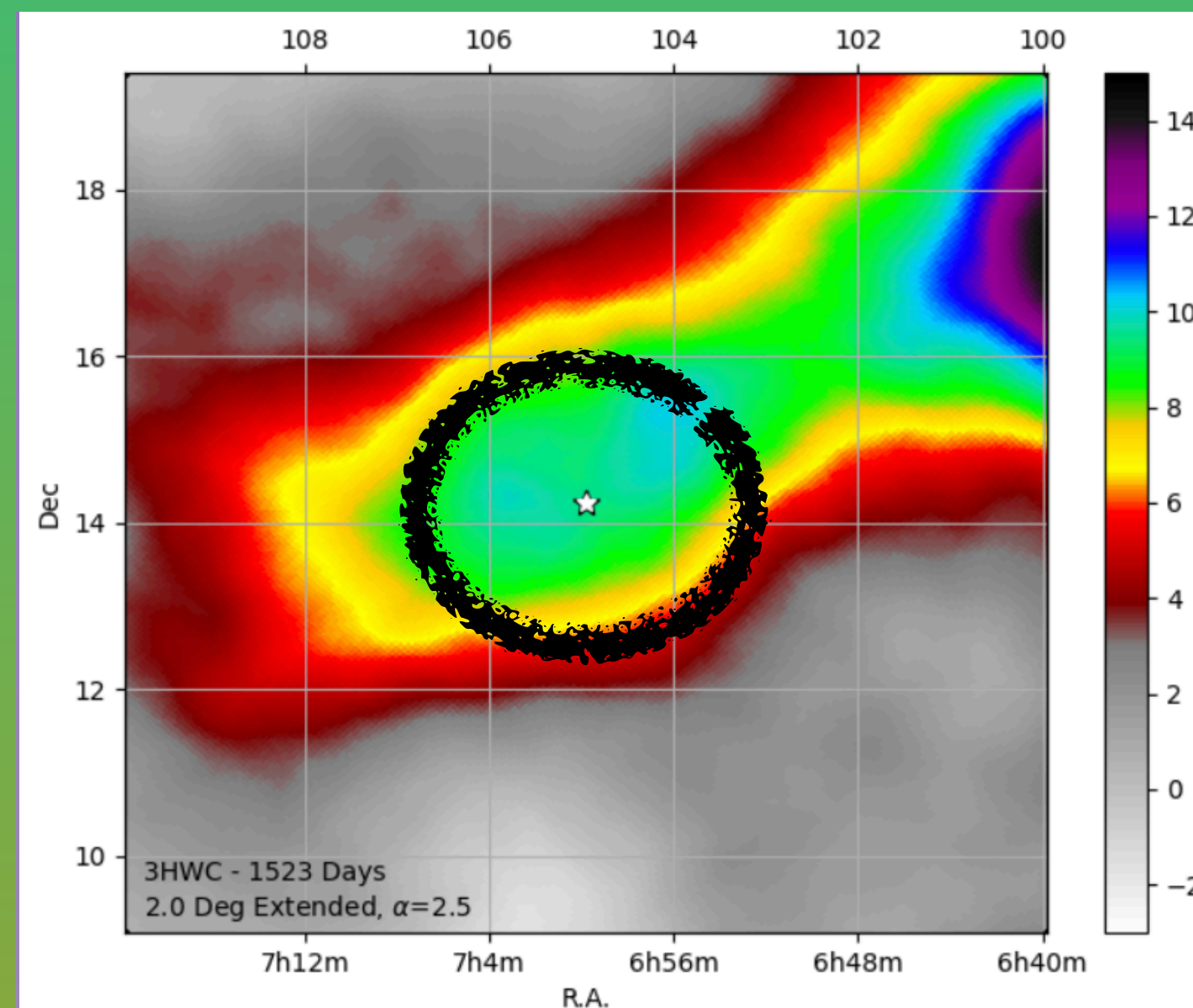
$$F_{Geminga} = 1.36 \times 10^{-14} \text{ fotones cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ TeV}^{-1}$$

- Se corrió un Jupyter Notebook con python 3
- Se hace una comparación inicial con la herramienta pública

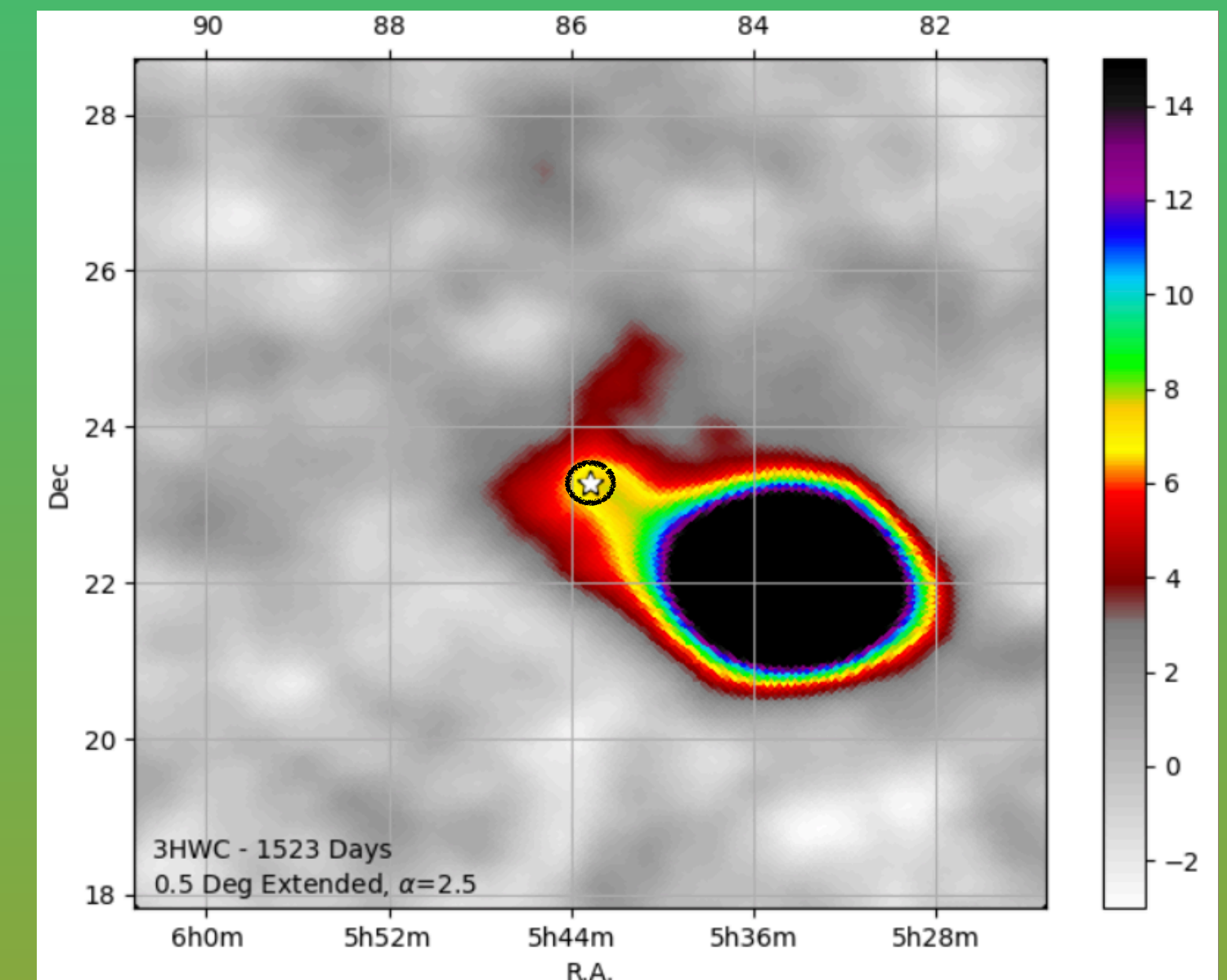




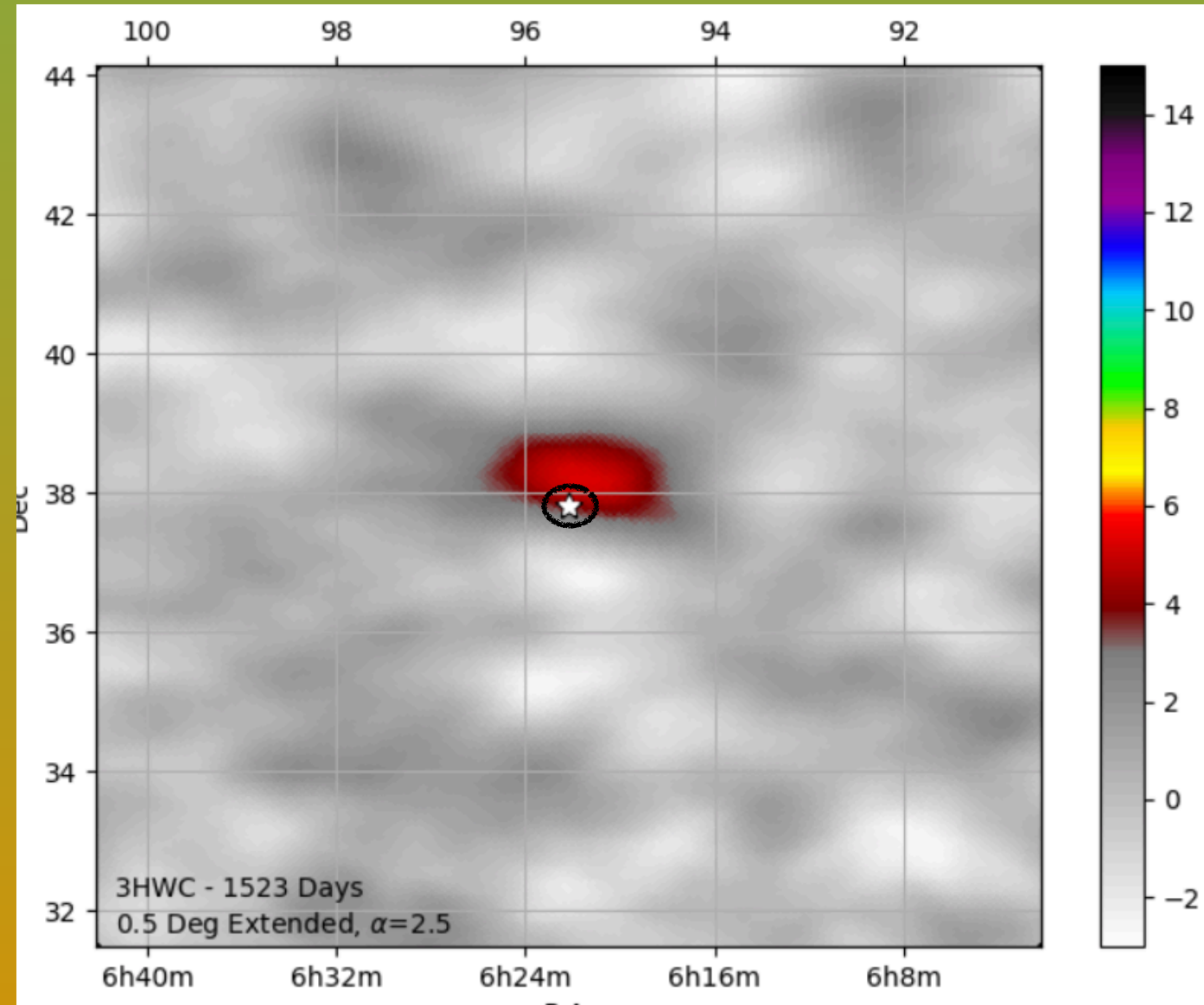
Geminga.  $F_{\text{calc}}/F_{\text{tool}}=0.19$



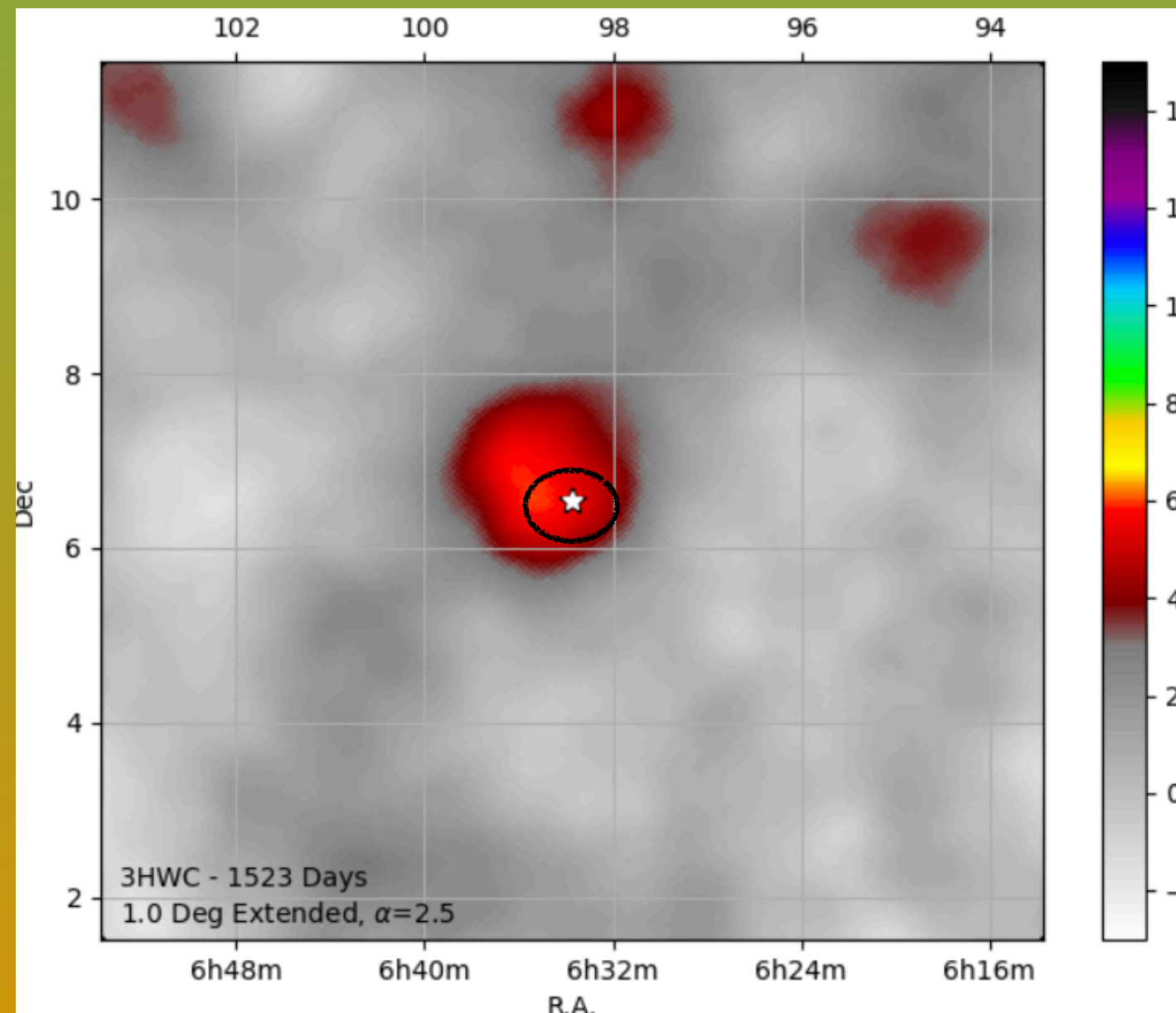
Monogem.  $F_{\text{calc}}/F_{\text{tool}}=0.18$



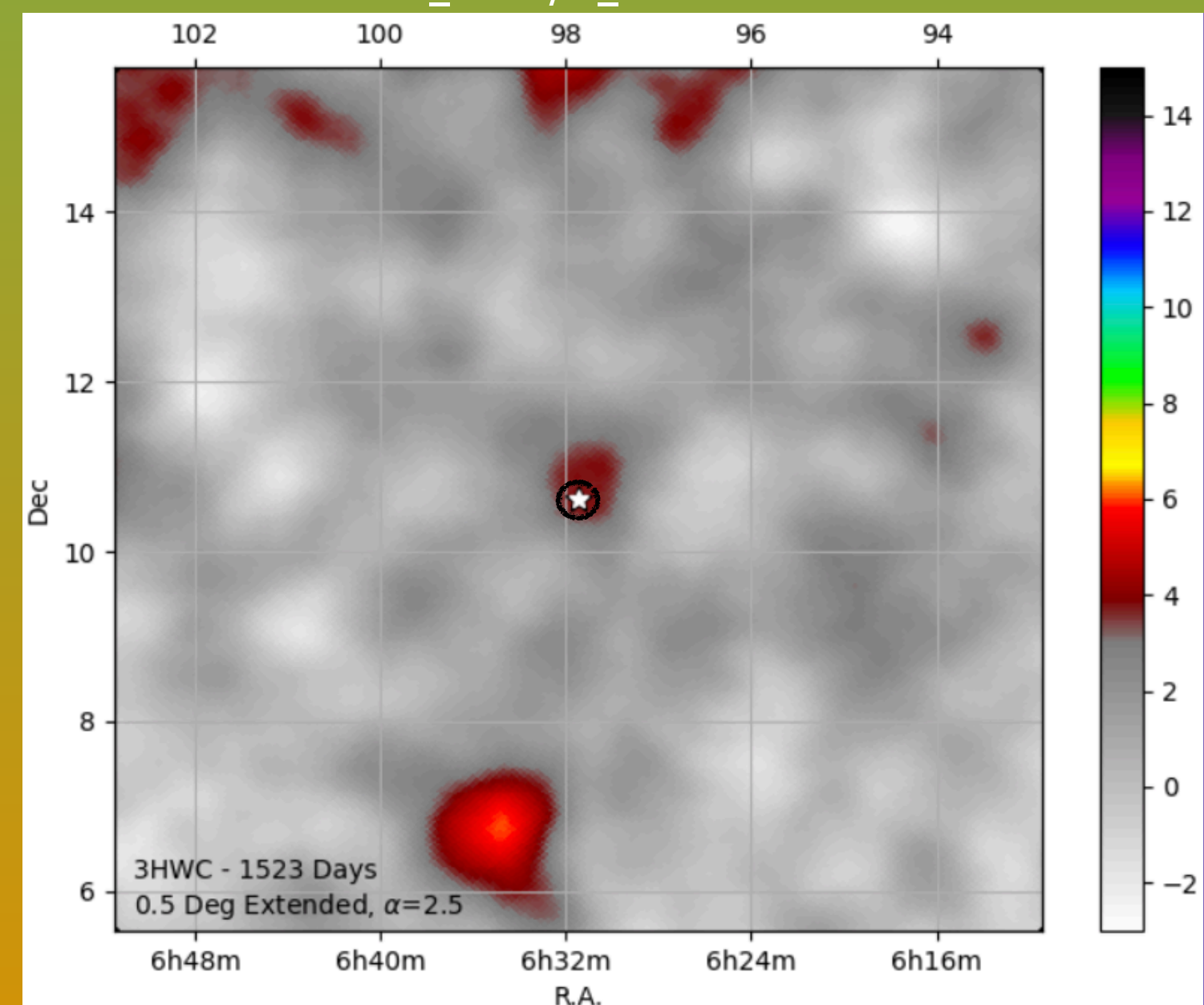
J0543+2329/3HWC J0540+228 & 3HWC J0543+231.  
 $F_{\text{calc}}/F_{\text{tool}}=0.18$



J0622+3749/3HWC J0543+231 & LHAASO J0621+3755\*.  
 $F_{\text{calc}}/F_{\text{tool}}=0.024$



J0633+0632/3HWC J0634+067.  
 $F_{\text{calc}}/F_{\text{tool}}=0.125$



J0631+1036/3HWC J0631+107.  
 $F_{\text{calc}}/F_{\text{tool}}=0.125$



# Cambiando el modelo

- Tamaño y flujo subestimado
- Nueva búsqueda con una nueva restricción de edad ( $1 \times 10^5 < \text{edad} < 1 \times 10^6$ ) (Giacinti et al, 2020)
- 142 psrs (incluye todos los candidatos de Halo del 3HWC)
- Se busca una corrección distinta

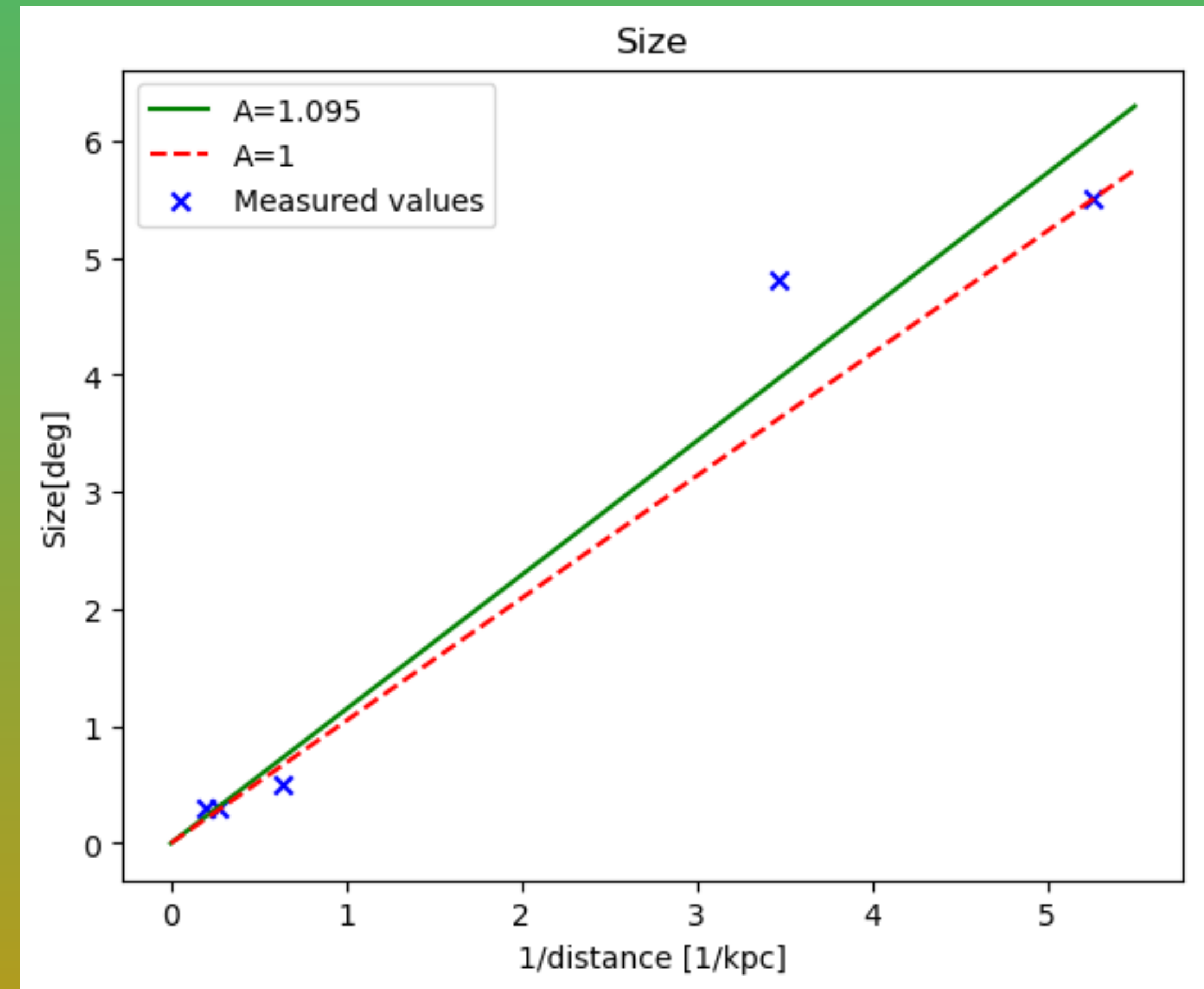
$$S_{Halo} = S_{Geminga} \times \frac{d_{Geminga}}{d_{psr}} \times A$$

$$F_{Halo} = F_{Geminga} \times \frac{\dot{E}_{Geminga}}{\dot{E}_{psr}} \times \frac{d_{Geminga}^2}{d_{psr}^2} \times B$$

# Cambiando el modelo

- Para encontrar A y B, se buscan fuentes extendidas de altas energías asociadas a la selección de pulsares.
- En total 9:4 Halos reportados y 5 candidatos.
- 5 para ajustar
- Para el tamaño:

$$S_{Halo} = S_{Geminga} \times \frac{d_{Geminga}}{d_{psr}} \times 1.095$$

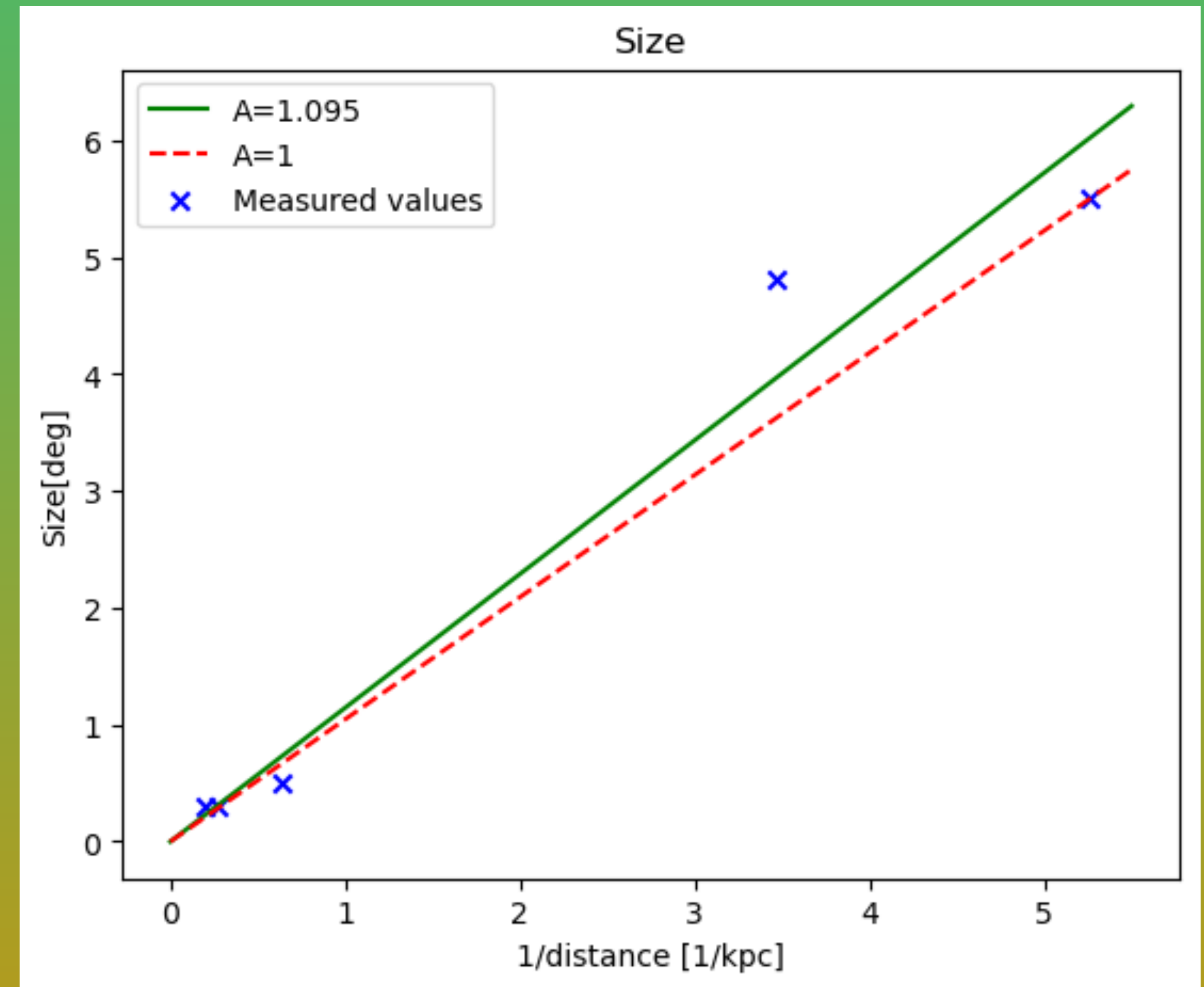




# Cambiando el modelo

- Para encontrar A y B, se buscan fuentes extendidas de altas energías asociadas a la selección de pulsares.
- En total 9:4 Halos reportados y 5 candidatos.
- 5 para ajustar
- Para el tamaño:

$$S_{Halo} = S_{Geminga} \times \frac{d_{Geminga}}{d_{psr}} \times 1.095$$



1 ajusta bien

# Cambiando el modelo

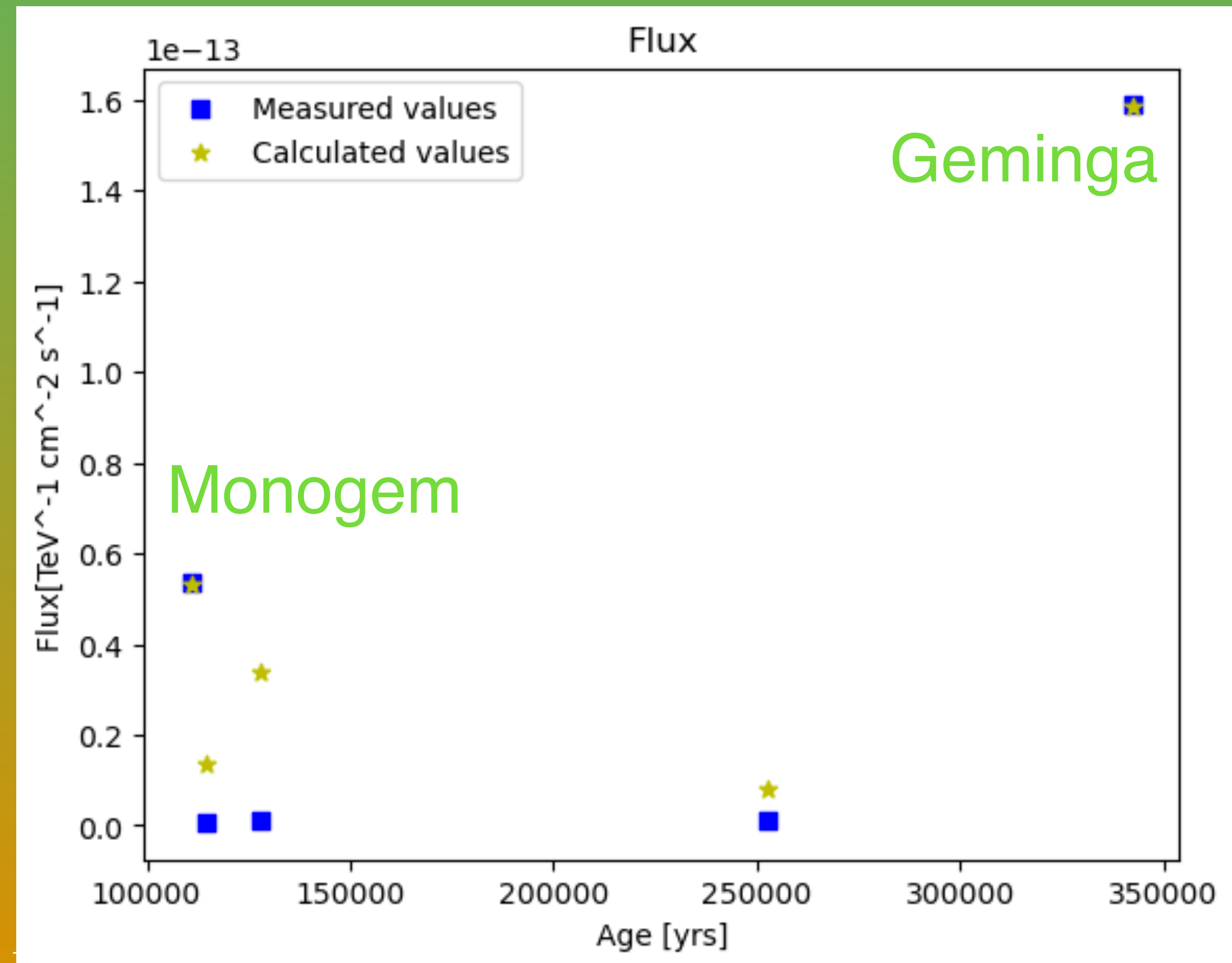
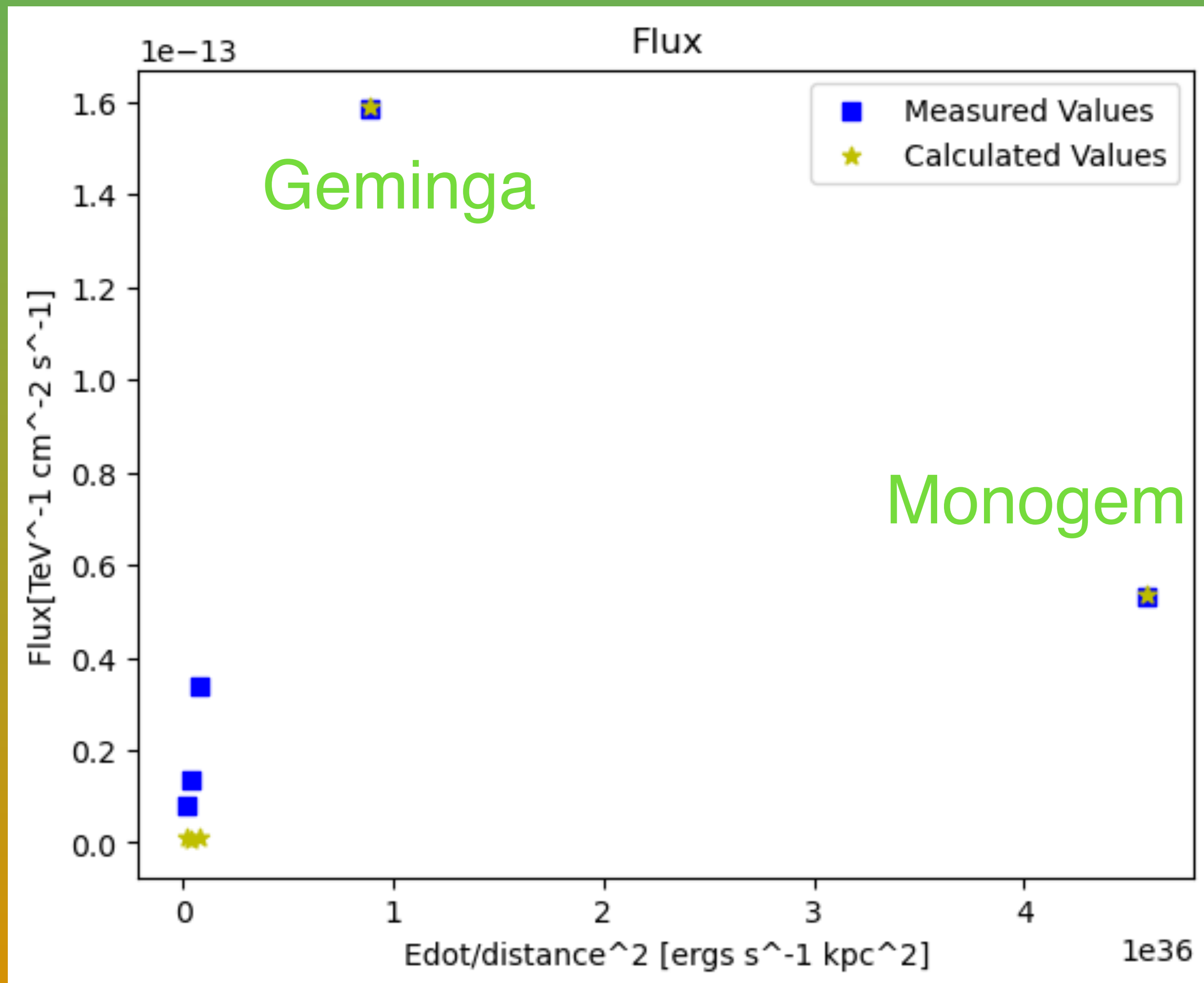
- Para el flujo:
- Un ajuste  $B=B(\text{edad})$

$$F_{Halo} = F_{Geminga} \times \frac{\dot{E}_{Geminga}}{\dot{E}_{psr}} \times \frac{d_{Geminga}^2}{d_{psr}^2} \times \exp \left( B \times \left( 1 - \frac{Age_{psr}}{Age_{Geminga}} \right) \right)$$

- $B=-4.035$

$$F_{Halo} = F_{Geminga} \times \frac{\dot{E}_{Geminga}}{\dot{E}_{psr}} \times \frac{d_{Geminga}^2}{d_{psr}^2} \times \exp \left( B \times \left( 1 - \frac{Age_{psr}}{Age_{Geminga}} \right) \right)$$

- B=-4.035





# Trabajo por hacer

- Calcular flujo y tamaño de las cuatro fuentes restantes (para 'probar' el modelo nuevo)
- Hacer el cálculo de las fuentes teóricas restantes (los 133 pulsares sin asociación a fuentes de altas energías extendidas) y buscar evidencia de emisión de altas energías.