

Restricciones en la emisión de rayos gamma de muy alta energía para el GRB 200514B con HAWC.

Yunior Pérez (UNAM-IA),
Dra. M. Magdalena Gonzalez (UNAM-IA), Dr. Nissim Fraija
(UNAM-IA), Dr. J. Rodrigo Sacahui (ECFM-USAC).

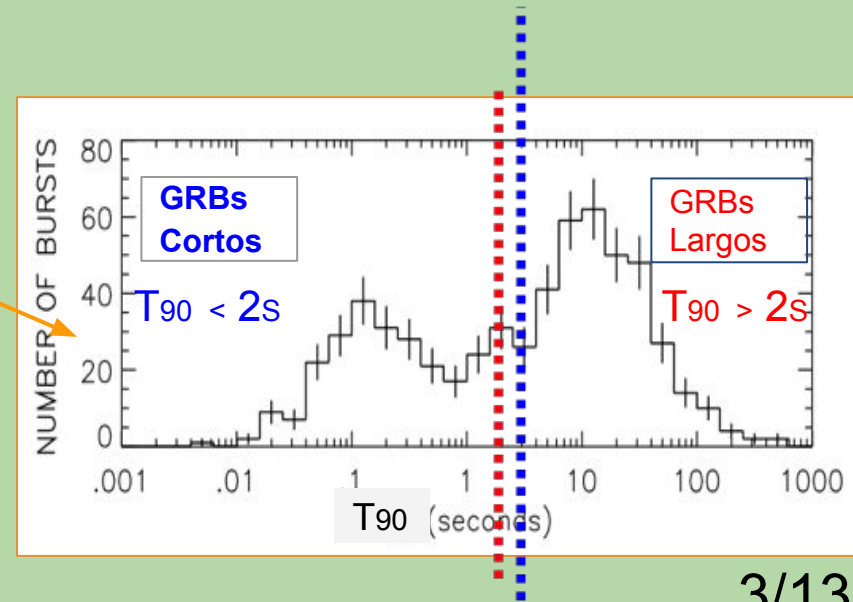
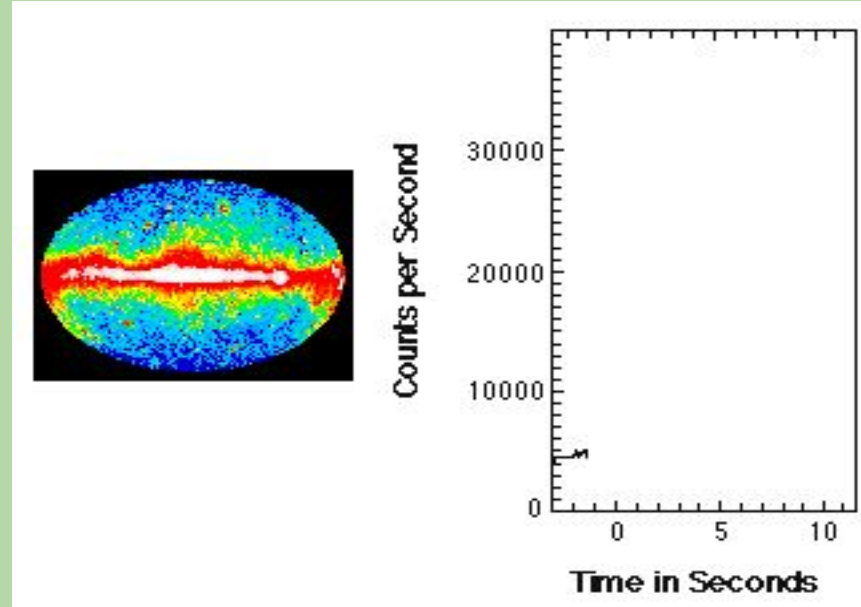


Contenido

1. Introducción.
2. Modelo SSC de choques externos.
3. Límites superiores y flujo observado.
4. Resultados.
5. Conclusiones.

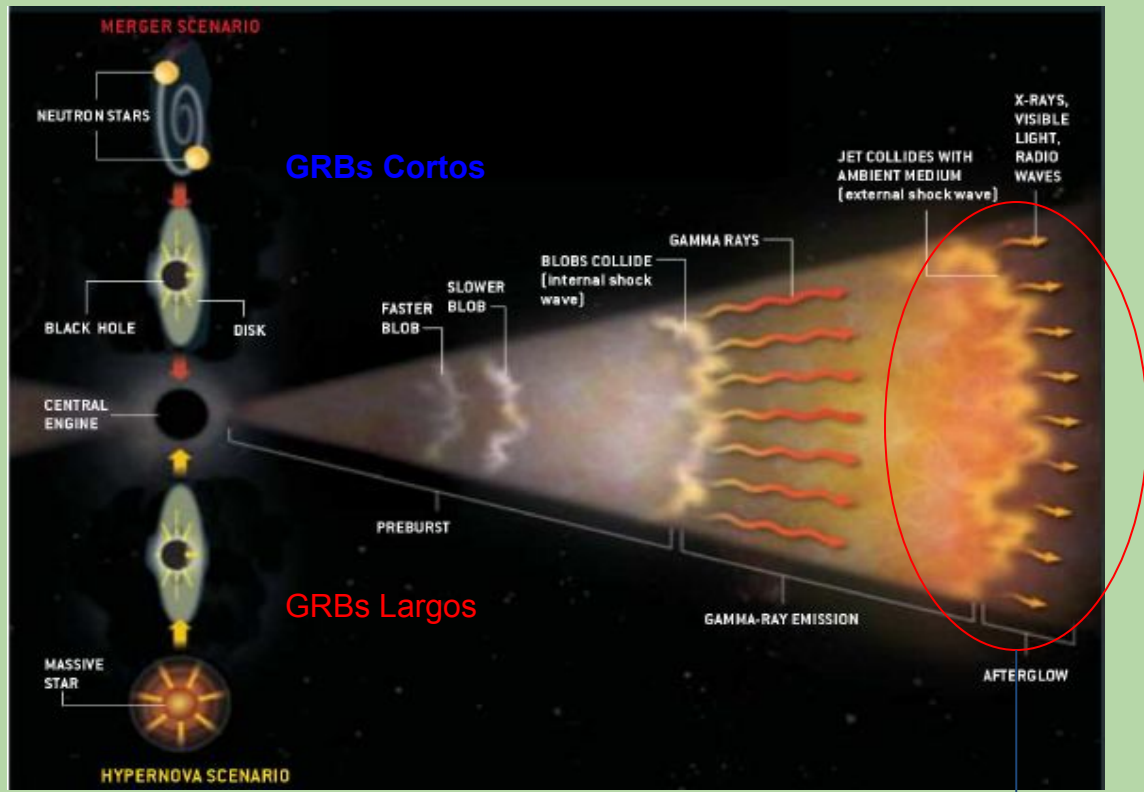
Fenomenología de los GRBs

- Destellos de fotones de rayos X duros hasta MeV.
- Distribución isotrópica en el cielo.
- Cosmológicos (GRB 090423 con un redshift de $z \sim 8.1$ [Salvatera, R., Valle, M., Campana, S. et al. 2009]).
- Espectro NO térmico.
- Algunos con emisión tardía en radio, rayos X y radiación óptica (afterglow).
- Los GRB se agrupan en dos: Largos y cortos, con diferente progenitor



El Modelo de la bola de fuego

La interpretación de cómo se produce esta tremenda liberación de energía



La bola de fuego experimenta:
❖ Disipación interna a través de choques entre capas de material con diferentes velocidades.

Para explicar las características de las emisiones producidas:

- **choques Internos** responsable de la emisión rápida (prompt emission) por disipación de energía cinética.
- **choques Externos:** responsable de la emisión tardía (afterglow) por el choque de la bola de fuego con el medio interestelar.

Modelos (emisión de alta y muy alta energía)

Leptónico: Synchrotron-Self Compton(SSC)

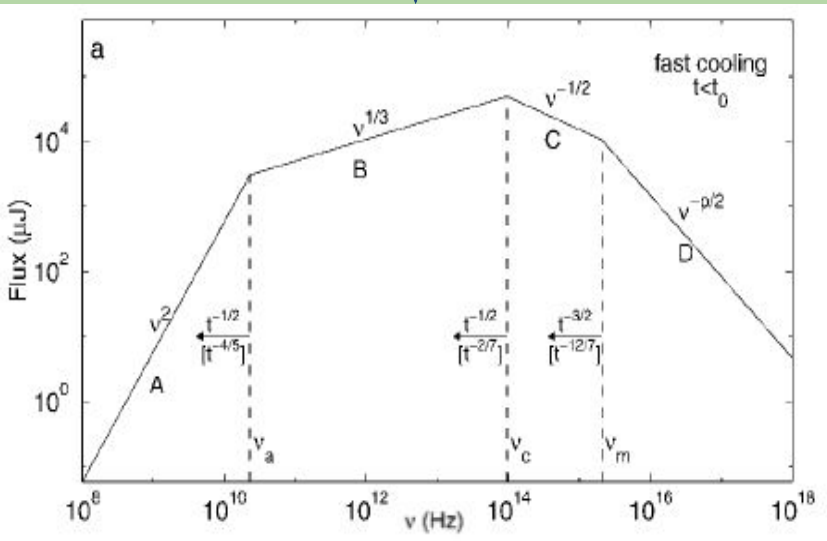
Rango de energía de MeV-GeV.

Modelo SSC de Choques Externos

Flujo de una contraparte de GRB

$$F_\nu \propto \nu^{-\beta} t^{-\alpha}$$

El espectro de los GRBs se describe como 3 funciones de potencia.



Para diferentes valores de los parámetros -> diferentes curvas de luz

- ϵ_e equipartición de energía cinética de los electrones.
- ϵ_B equipartición de energía magnética.
- η densidad del medio circundante.

Si ($E_m > E_c$)

Régime: enfriamiento rápido

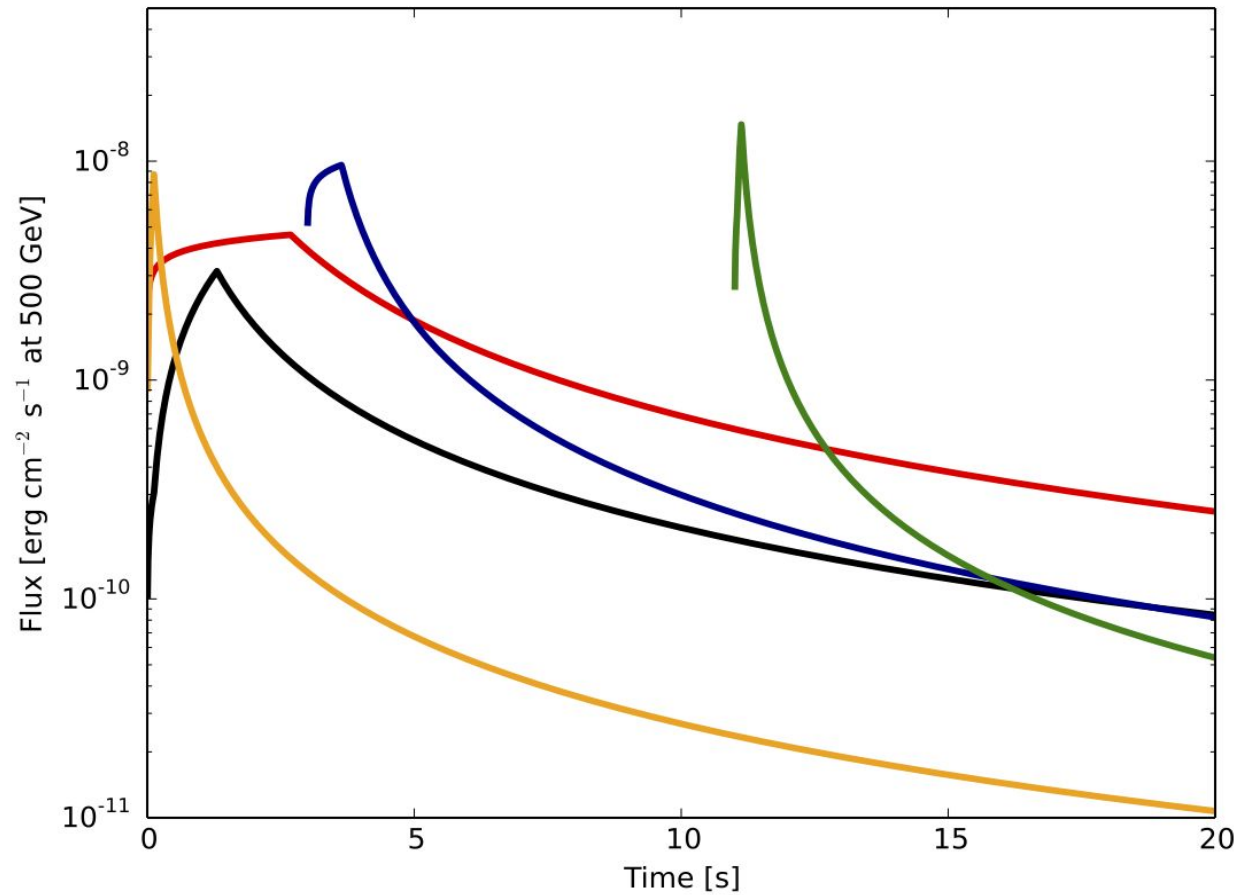
$$F_\nu = \begin{cases} A_{fl} t^{\frac{1}{3}} (E_\gamma)^{\frac{1}{3}}, & E_\gamma < E_{\gamma,c}, \\ A_{fm} t^{\frac{1}{8}} (E_\gamma)^{-\frac{1}{2}}, & E_{\gamma,c} < E_\gamma < E_{\gamma,m}, \\ A_{fh} t^{-\frac{9p-10}{8}} (E_\gamma)^{-\frac{p}{2}}, & E_{\gamma,m} < E_\gamma < E_{\gamma,max}, \end{cases}$$

Si ($E_c > E_m$)

Régime: enfriamiento lento

$$F_\nu = \begin{cases} A_{sl} t (E_\gamma)^{\frac{1}{3}}, & E_\gamma < E_{\gamma,m}, \\ A_{sm} t^{-\frac{9p-11}{8}} (E_\gamma)^{-\frac{p-1}{2}}, & E_{\gamma,m} < E_\gamma < E_{\gamma,c}, \\ A_{sh} t^{-\frac{9p-10}{8} + \frac{p-2}{4-p}} (E_\gamma)^{-\frac{p}{2}}, & E_{\gamma,c} < E_\gamma < E_{\gamma,max}, \end{cases}$$

Curva de Luz



Fast Cooling

$$\epsilon_B = 1.4 \times 10^{-2} \quad \epsilon_e = 2.6 \times 10^{-2}$$

$$\epsilon_B = 6.5 \times 10^{-3} \quad \epsilon_e = 1.3 \times 10^{-2}$$

$$\epsilon_B = 5.7 \times 10^{-4} \quad \epsilon_e = 7.1 \times 10^{-3}$$

Slow Cooling

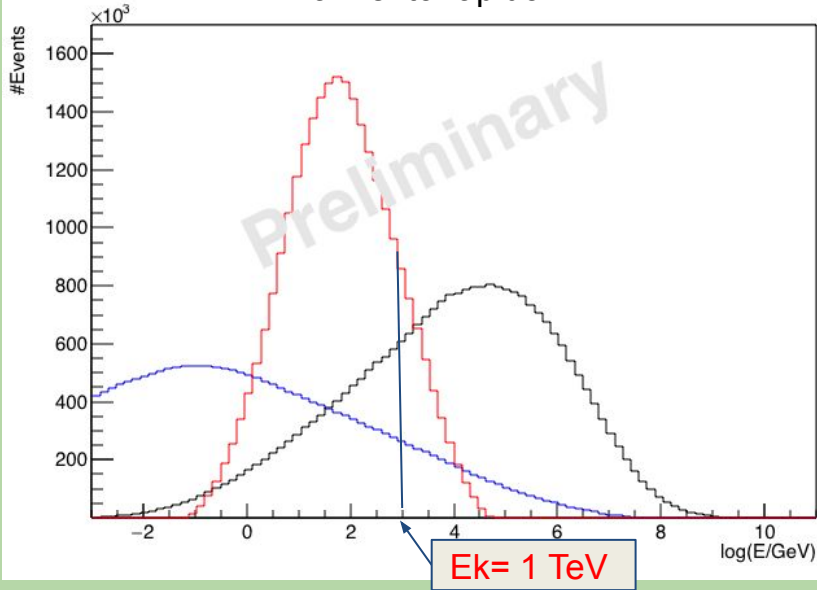
$$\epsilon_B = 1.9 \times 10^{-4} \quad \epsilon_e = 8.0 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_B = 7.8 \times 10^{-6} \quad \epsilon_e = 4.5 \times 10^{-2}$$

$z = 0.3$, $n = 1 \text{ cm}^{-3}$ con $E_{\text{iso}} = 3.0 \times 10^{51} \text{ erg}$

Histogramas de energías de corte.

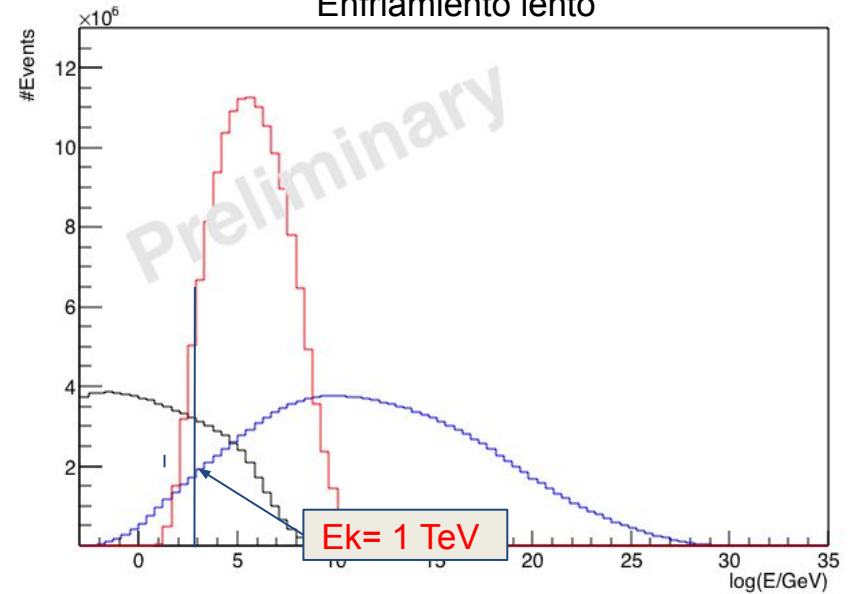
Enfriamiento rápido



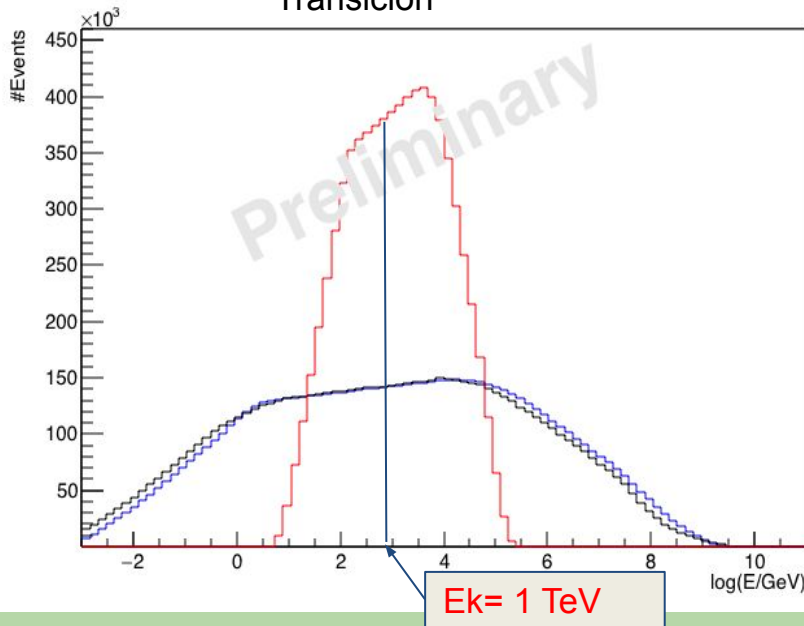
Eobs = 500 GeV.

- E_m -> Energía características.
- E_c -> Energía de enfriamiento.
- E_k -> Energía de Klein Nishina.

Enfriamiento lento

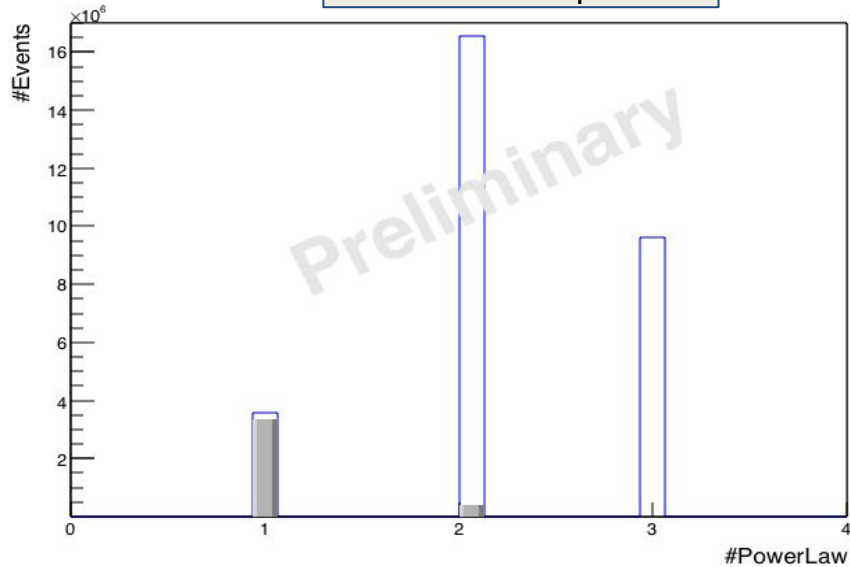


Transición

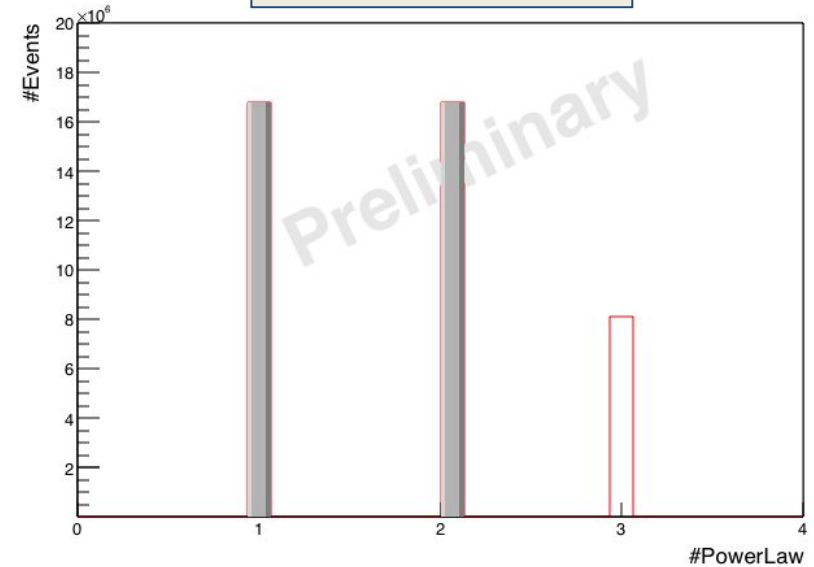


Número de casos en cada power law.

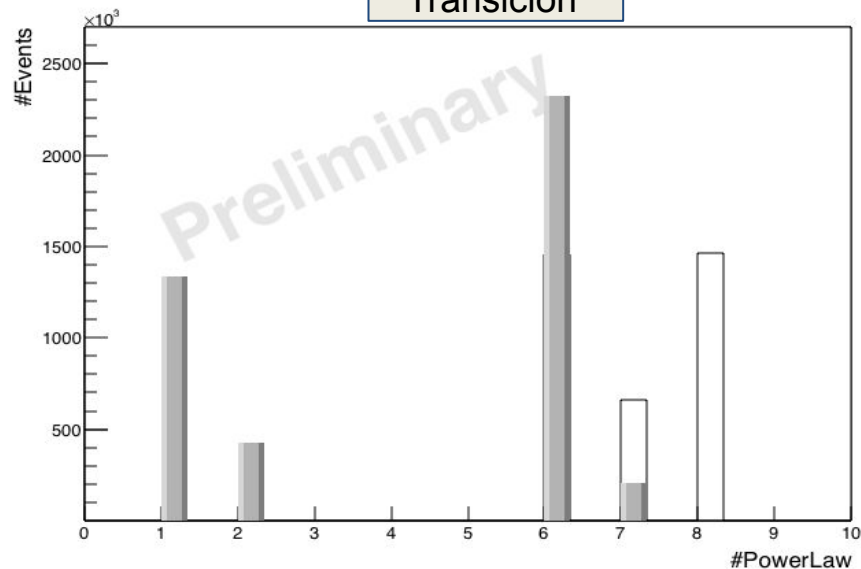
Enfriamiento rápido



Enfriamiento lento



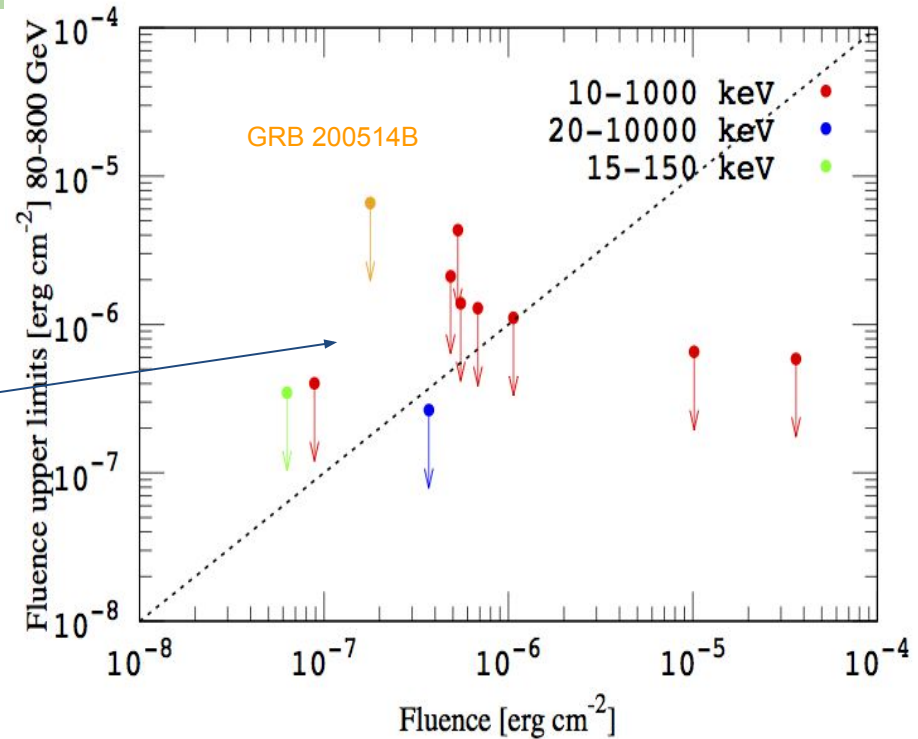
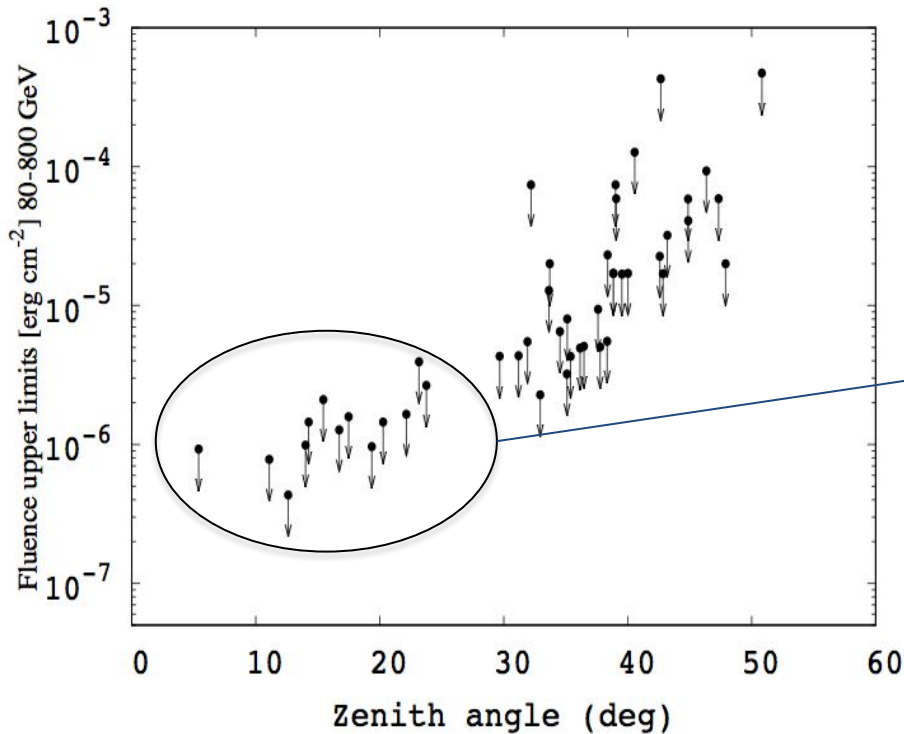
Transición



1. Bajas energías (ley de potencias 1 y 6)
2. Energía media (2 y 7)
3. Altas energías (3 y 8)

El espacio de parámetros más restringido está en el rango de energía media y alta energía en el régimen de fast cooling.

Comparación de límites superiores y fluencia observada.



- ❖ La figura muestra los límites superiores al 90% derivados por HAWC para GRB cortos frente a la fluencia observada durante la emisión rápida por diferentes detectores.

Análisis Óptico GRB 200514B

- Ángulo 34.5 grado para el cénit de HAWC.
- Fotos de rayos gamma con energía de 40 a 1000 keV en 5.1 ± 1.1 sec y 2.5 ± 1.1 sec.
- Calculamos:
 - $E_{\text{iso}} = 8.959 \times 10^{51}$ erg para $z=0.0457$ (reportado en 200514B.gcn3).

Experiment	Band	Magnitud	Time[s]	Flux_max [Jy]	Flux_min [Jy]
ATLAS	g	19.42 ± 0.21	5063.9040	0.077216	0.052446
ZTF	g	19.249 ± 0.05	6227.7120	0.078003	0.071139
YSE	g	19.776 ± 0.094	12566.0160	0.042044	0.049992
ZTF	r	19.6 ± 0.05	9478.9440	0.061979	0.067959

GRB 200514 usando los limites de HAWC.

$$\epsilon_B - n$$

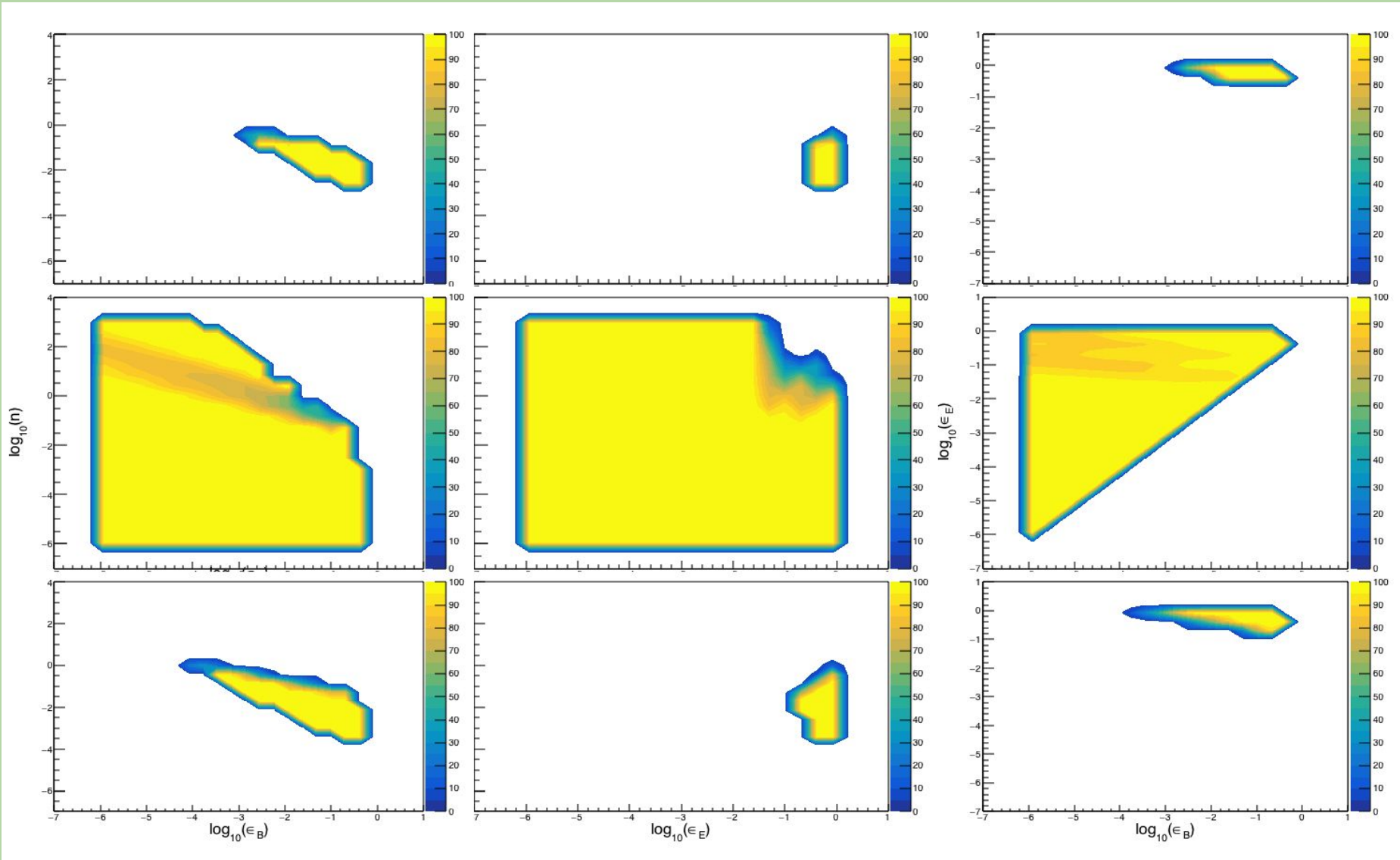
$$\epsilon_e - n$$

$$\epsilon_B - \epsilon_e$$

FAST COOLING

SLOW COOLING

TRANSITION



RESULTADO:

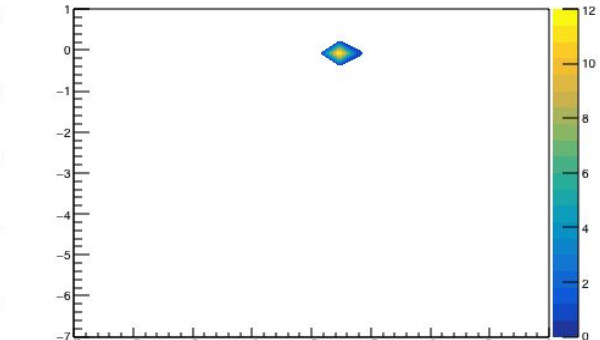
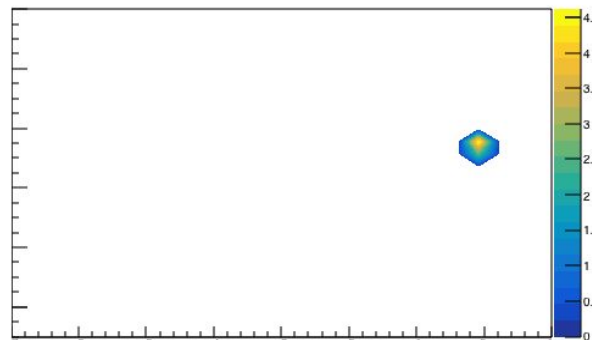
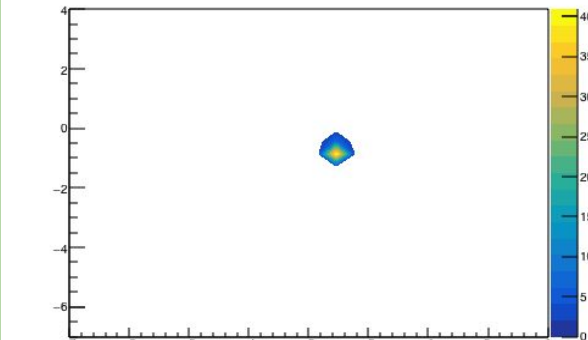
Límites de HAWC y observaciones ópticas

$$\varepsilon_B - n$$

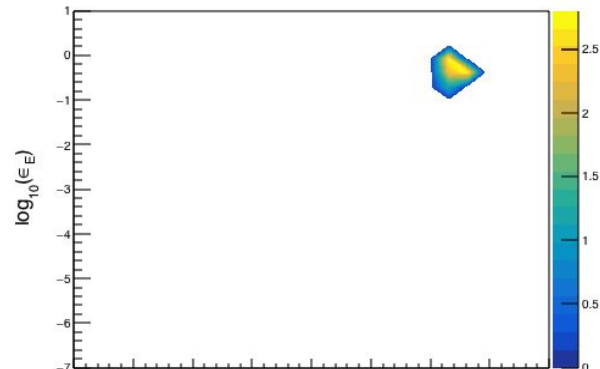
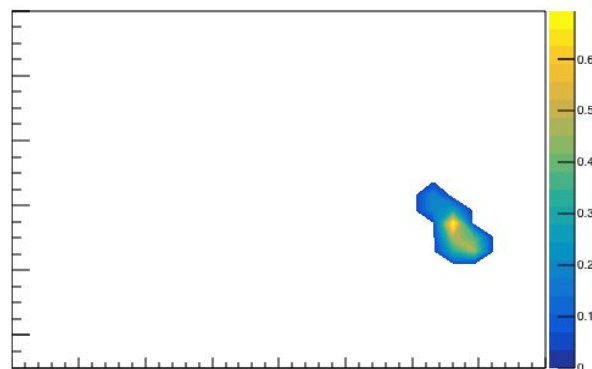
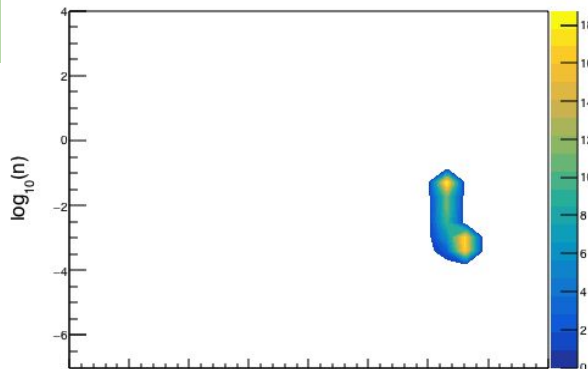
$$\varepsilon_e - n$$

$$\varepsilon_B - \varepsilon_e$$

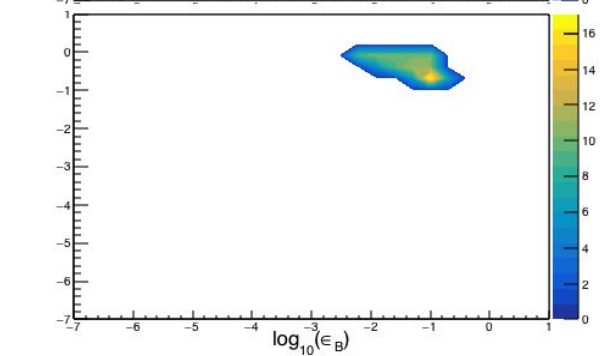
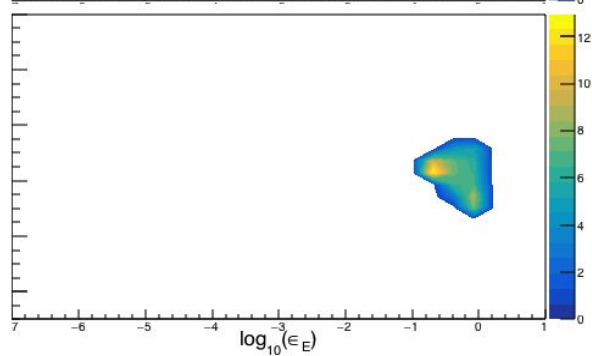
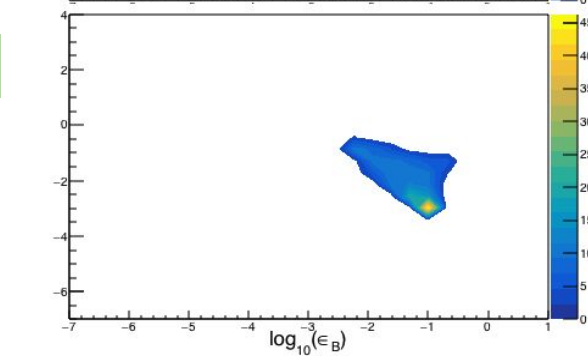
FAST COOLING



SLOW COOLING



TRANSITION



Conclusión

El espacio de parámetros está restringido principalmente por la ley de potencia en energía media y alta del régimen fast cooling.

Para GRB 200514B:

Hemos obtenido el espacios de parámetros que restringen el modelo SSC con HAWC UL.

Los datos ópticos se utilizan para restringir el espacio de parámetros (densidad de la circundante, parámetros micro-físicos) a través del modelo de choque directo de sincrotrón estándar que evoluciona en un medio de densidad constante.

Se necesitan observaciones de varias longitudes de onda para que los futuros candidatos obtengan restricciones más estrictas.