

Oscilaciones de partículas tipo axion como posible explicación de la emisión en TeV del GRB 221009A

D. Avila Rojas, A. Pratts, S. Hernández-Cadena, R. Alfaro

IF-UNAM

M. M. González, N. Fraija, Y. Pérez Araujo, J. A. Montes

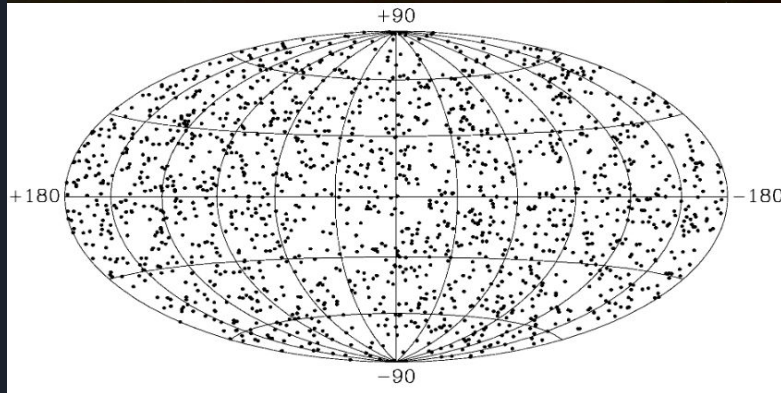
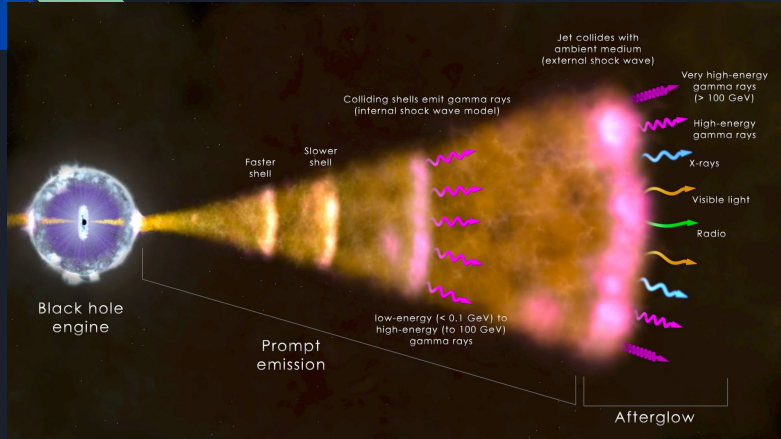
IA-UNAM



Contenido


1. Destellos de Rayos Gamma (GRBs)
2. Detección del GRB 221009A a 18 TeV y 251 TeV
3. Modelos Leptónicos
4. Escenarios de Materia Oscura
5. DM en GRBs a Energías > 100 GeV
6. Conclusiones

Destellos de Rayos Gamma (GRBs)



- De los eventos más luminosos en el Universo.
- Se clasifican en GRBs cortos y GRBs largos dependiendo del valor de T_{90} .
- Distribución isotrópica.
- Dos emisiones: Prompt y Afterglow.
- Modelo de emisión más aceptado: Fireball.

(Paciesas et al. 1999)



Detección del GRB 221009A a 18 TeV y 251 TeV

Fermi-GBM: 9 de octubre de 2022

posteriormente por otras misiones y observatorios.

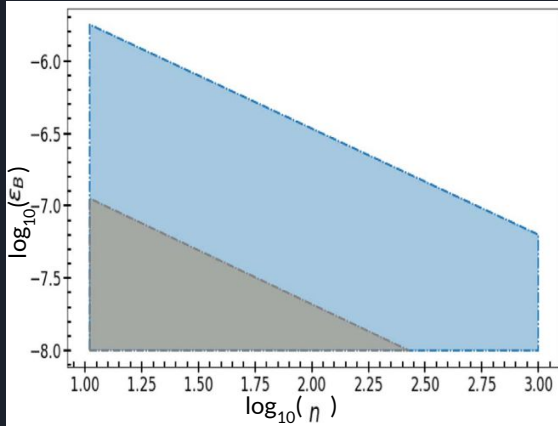
- GRB largo: de los más luminosos.
- $S \sim 10^{-2} \text{ erg cm}^{-2}$.
- $z=0.151$.
- $E_{\text{iso}} \sim 10^{54} \text{ erg}$.

Observaciones a muy altas Energías:

LHAASO: 500 GeV - 18 TeV.

CARPET-2: 1 fotón a 251 TeV.

Modelos Leptónicos

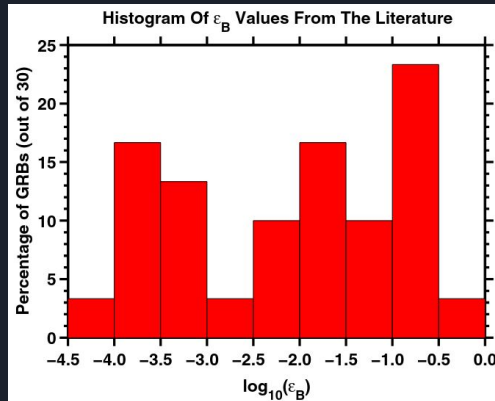


Synchrotron Self-Compton (SSC)

Emisión a muy altas energías: generada en los forward external shocks.

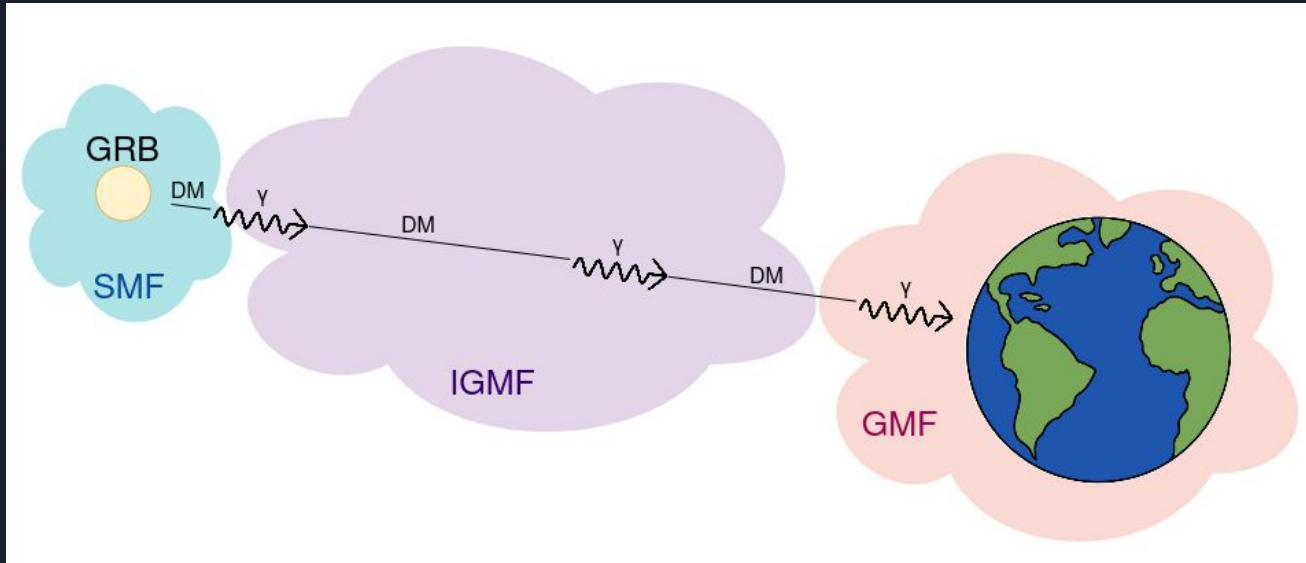
Depende con: ϵ_e , ϵ_B , n y del efecto Klein-Nishina (KN).

- Valores de ϵ_e , ϵ_B y n no son consistentes con otras observaciones en multifrecuencia del afterglow.
- Energía de corte para KN \rightarrow Flujos demasiado bajos.



(Santana et al., 2014)

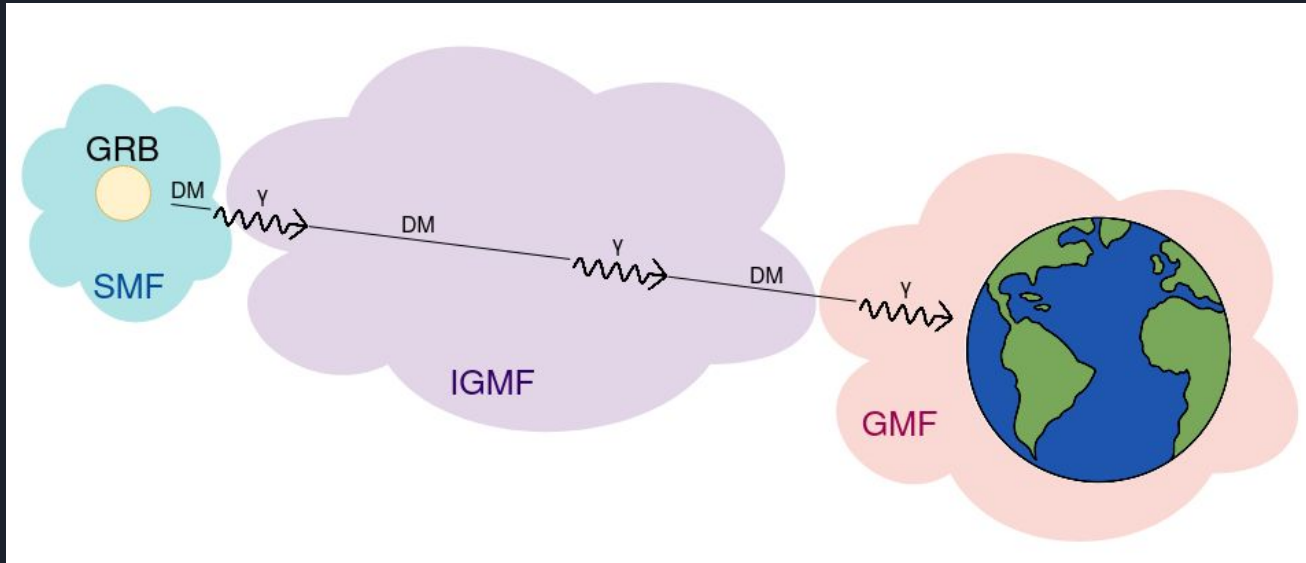
Escenarios de Materia Oscura



$$E_{\text{DM,T}} = [1\% - 10\%] E_{\text{iso}} = \frac{4\pi d_z^2}{1+z} N_0 \int_{E_{\gamma,\text{min}}}^{E_{\gamma,\text{max}}} \left(\frac{E_{\gamma}}{1 \text{ TeV}} \right)^{-\alpha+1} dE_{\gamma},$$

$$N_{\gamma} = \Delta t N_0 \int_{E_{\gamma,\text{min}}}^{E_{\gamma,\text{max}}} A(E_{\gamma}) \left(\frac{E_{\gamma}}{1 \text{ TeV}} \right)^{-\alpha} P_{\gamma}(E_{\gamma}) dE_{\gamma},$$

Escenarios de Materia Oscura



$$E_{\text{DM,T}} = [1\% - 10\%] E_{\text{iso}} = \frac{4\pi d_z^2}{1+z} N_0 \int_{E_{\gamma,\text{min}}}^{E_{\gamma,\text{max}}} \left(\frac{E_{\gamma}}{1 \text{ TeV}} \right)^{-\alpha+1} dE_{\gamma},$$

$$N_{\gamma} = \Delta t N_0 \int_{E_{\gamma,\text{min}}}^{E_{\gamma,\text{max}}} A(E_{\gamma}) \left(\frac{E_{\gamma}}{1 \text{ TeV}} \right)^{-\alpha} P_{\gamma}(E_{\gamma}) dE_{\gamma},$$

Acotar la probabilidad mínima

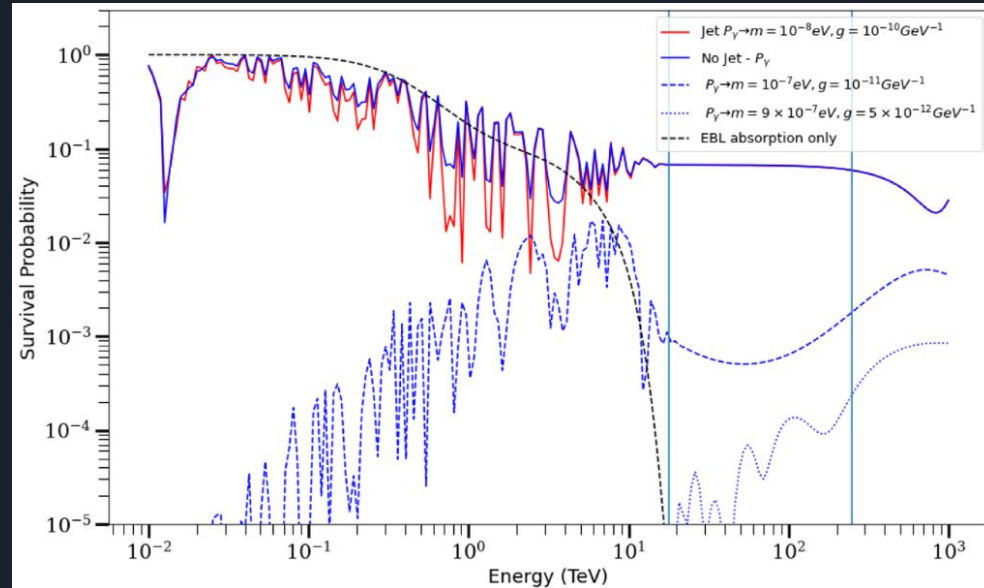
Partículas Tipo Axión

Candidatos a DM acoplados electromagnéticamente mediante el Lagrangiano.

$$\mathcal{L}_{a\gamma} = \frac{1}{4f_a} a F_{\mu\nu} \tilde{F}^{\mu\nu} = ag_{a\gamma} \mathbf{E} \cdot \mathbf{B},$$

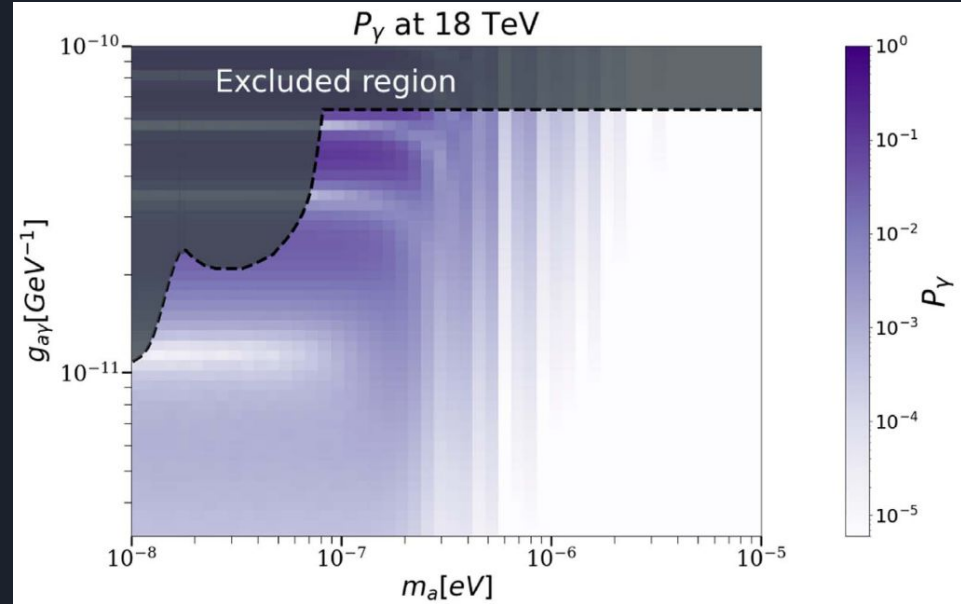
Probabilidad de oscilación : depende de masa y factor de acoplamiento de los candidatos.

Hay candidatos con probabilidad de llegar como fotones mayor a la atenuación por EBL.



Partículas Tipo Axión

Existen candidatos capaces de explicar la detección del fotón a 18 TeV de LHAASO



Probabilidad de que los ALPs lleguen como fotones para distintos candidatos.

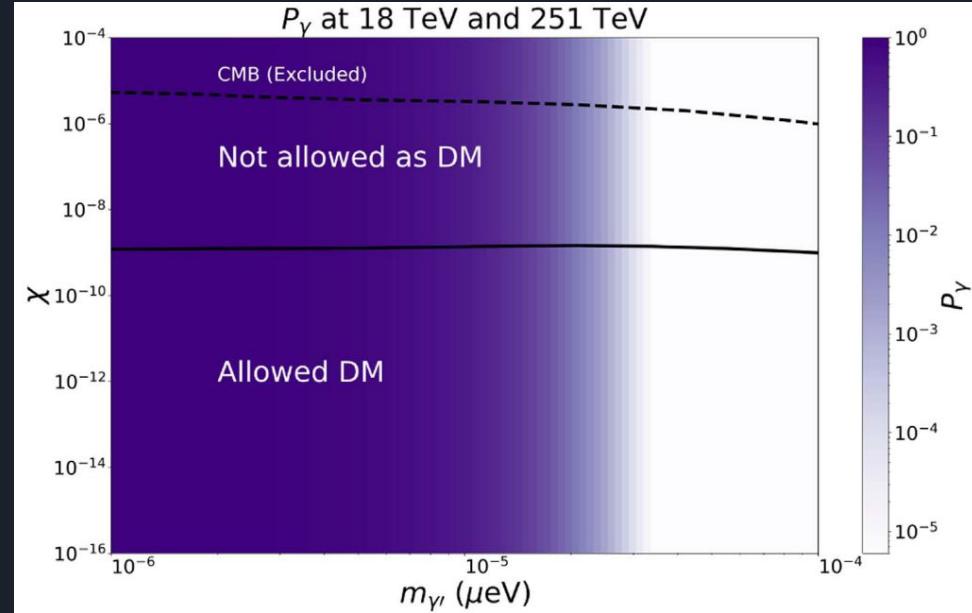
Fotones Oscuros

Acoplados a fotones del modelo estándar.

Oscilaciones fotón-fotón oscuro

$$P_{\gamma \rightarrow \gamma'} = 4\chi^2 \sin^2\left(\frac{m_{\gamma'}^2 L}{4E_\gamma}\right),$$

Masas menores a $\sim 3 \times 10^{-5} \mu\text{eV}$ pueden explicar tanto el fotón de LHAASO como el de CARPET-2.



Valores permitidos para el ángulo de mezcla χ .

DM en GRBs a energías > 100 GeV

Observaciones HESS y MAGIC ($E > 100$ GeV).

- Principalmente GRBs largos.
- Probabilidad mínima de un candidato de DM de que sobreviva como fotón.

GRB Name	E_{iso}	P_{γ}	Instrument
190114C	$0.01E_{\text{iso}}$	5.1×10^{-2}	MAGIC
180720B	$0.01E_{\text{iso}}$	1.1×10^{-2}	H.E.S.S.
190114C	$0.1E_{\text{iso}}$	5.1×10^{-3}	MAGIC
180720B	$0.1E_{\text{iso}}$	1.1×10^{-3}	H.E.S.S.

Candidatos de ALPs y fotones oscuros fuera de las regiones de exclusión podrían explicar estas observaciones.



Conclusiones

- El modelo de emisión más aceptado para GRBs (Fireball) no explica la emisión a TeV.
- Encontramos valores de la probabilidad de DM llegue a fotones de fotones capaces de explicar los fotones de 18 y 251 TeV.
- La DM es factible como posible explicación de la emisión de muy alta energía sin afectar la dinámica conocida de los GRBs.
- La publicación de los resultados de LHAASO será crucial para esclarecer los posibles mecanismos de producción y emisión de DM.