



# Contribución al Difuso Extragaláctico de Rayos Gamma de galaxias tipo Vía Láctea por oscilación de partículas tipo Axión.

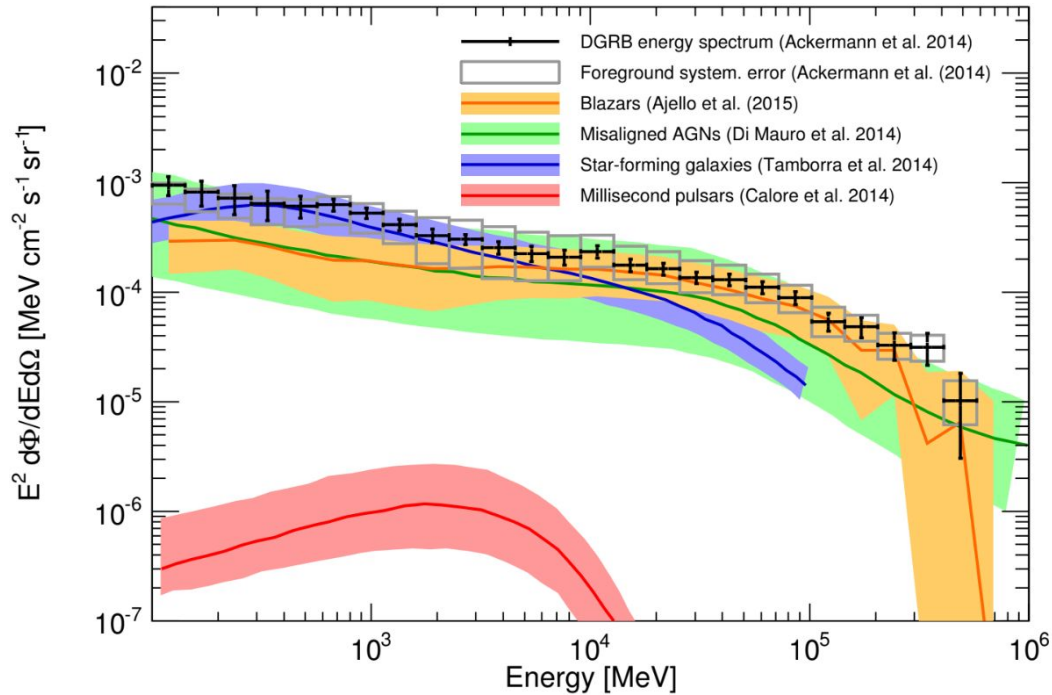
Daniel Avila, Alvaro Pratts, Rubén Alfaro  
Magdalena González

IF-UNAM  
IA-UNAM

# Contenido

- Difuso Extragaláctico de Rayos Gamma.
- Fuentes Galácticas Ultra Energéticas.
- Partículas Tipo Axión (ALPs).
- Probabilidad de Conversión.
- Relevancia
- Estimación de la Luminosidad de la Vía Láctea.
- Discusión y Trabajo a Futuro.

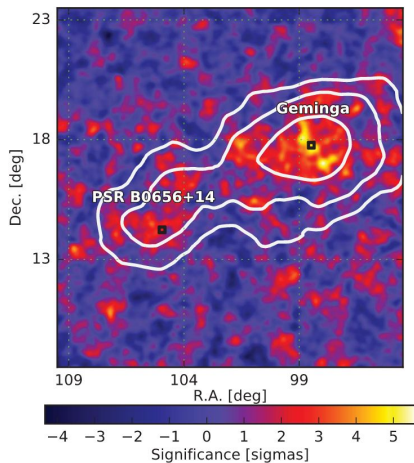
# Difuso Extragaláctico de Rayos Gamma



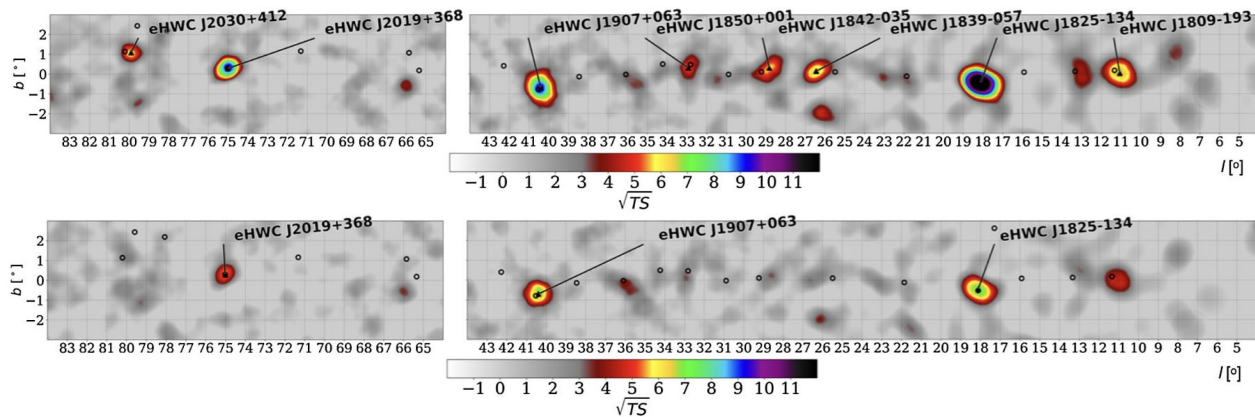
(Fornasa & Sánchez-Conde 2015)

- Interpretado como la emisión cumulativa de fuentes que no se pueden resolver individualmente.
- Estudiado por Fermi-LAT (100 MeV - 820 GeV).
- Su principal componente a estas energías son los blazares.
- Se desconoce su comportamiento a más altas energías.

# Fuentes Galácticas Ultra Energéticas



(Abeysekara et al. 2017)



(Abeysekara et al. 2020)

- HAWC observó fuentes que emiten a energías  $> 56$  TeV y  $> 100$  TeV en nuestra Galaxia, TeV Halos.
- ¿En galaxias similares a la Vía Láctea contienen una población de TeV Halos?
- Su emisión se vería atenuada debido a la interacción con el EBL.
- Posible escenario para sortear esta atenuación: Partículas Tipo Axión (ALPs).

# Partículas Tipo Axión (ALPs)

Las partículas tipo axi3n (ALPs) son candidatas a materia oscura acopladas electromagn3ticamente mediante el lagrangiano

$$\mathcal{L}_{a\gamma} = \frac{1}{4}g_{a\gamma}\tilde{F}_{\mu\nu}F^{\mu\nu}a = g_{a\gamma}\vec{E} \cdot \vec{B}a$$

De donde la probabilidad de oscilaci3n de fot3n-ALP

$$P_{\gamma\rightarrow a}(E_\gamma) = \left(1 + \frac{E_c^2}{E_\gamma^2}\right)^{-1} \sin^2\left(\frac{g_{a\gamma}B_T}{2}\sqrt{1 + \frac{E_c^2}{E_\gamma^2}}\right)$$

El flujo resultante luego de las oscilaciones fot3n-ALP viene dado por

$$\frac{d\phi}{dE_\gamma} = (1 - P_{\gamma\rightarrow a}) \left. \frac{d\phi}{dE_\gamma} \right|_{\text{fuente}}$$

# Relevancia

- Los TeV Halos son una característica intrínseca de PWNs de edad media ( $> 100$  TeV).
- Las galaxias similares a la Vía Láctea deberían de contener una población de TeV Halos similar a la estimada en la nuestra Galaxia.
- Los fotones ultra energéticos emitidos por los TeV Halos en estas galaxias oscilan a ALPs, viajan por el Universo sin interacción alguna hasta llegar a la Vía Láctea y se re convierten en fotones.



- De ser así, esto podría ser una contribución importante para el DGRB a muy altas energías.
- Al ser la Vía Láctea la referencia es importante estimar su luminosidad ( $> 1$  TeV).

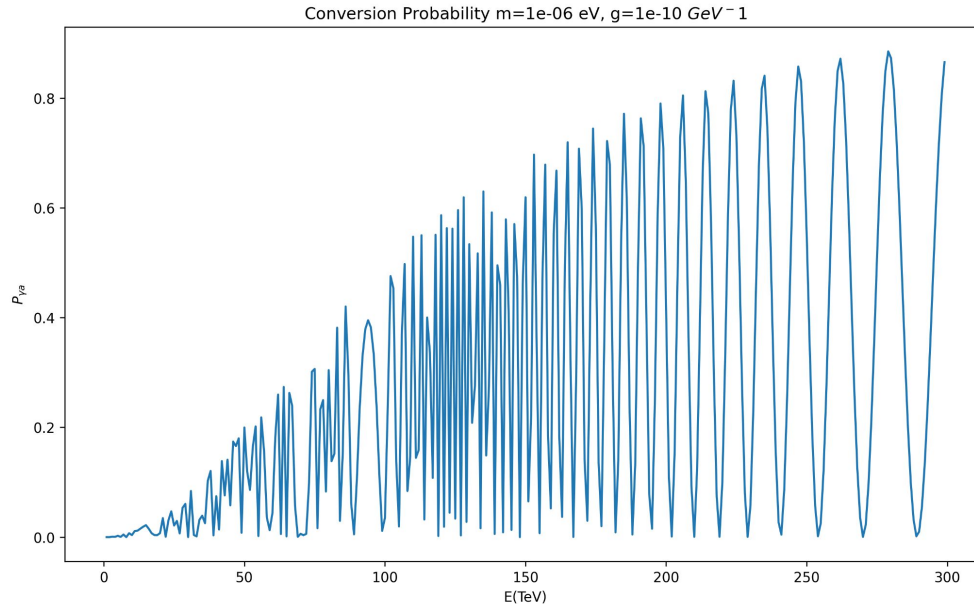
# Probabilidad de Conversión

Probabilidad de conversión fotón-ALP por parte de fotones provenientes de la galaxia tipo Starburst NGC 253 ( $z=0.000807$ ).

Ley de Potencia

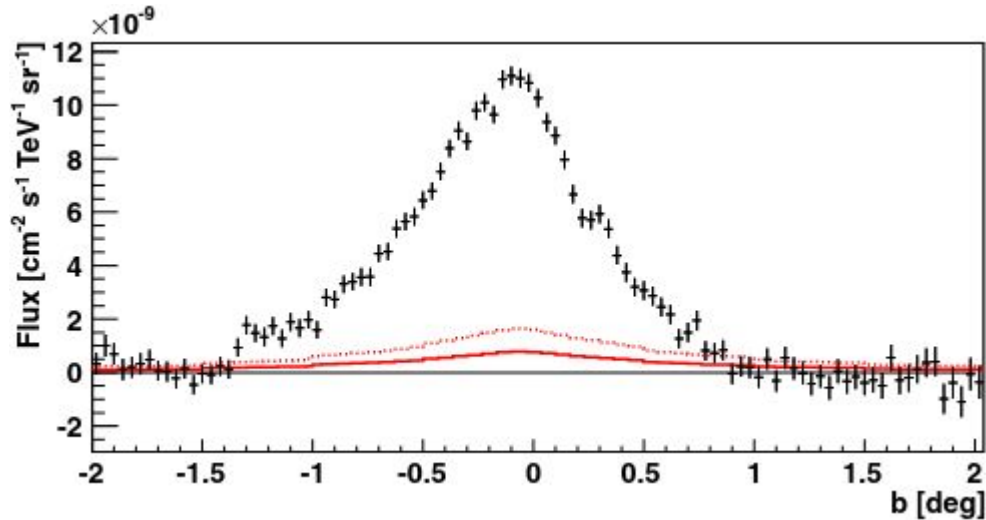
$$N_0 = 1.34 \pm 0.14^{stat} \pm 0.27^{sys} \times 10^{-13} \text{ TeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1},$$

$$\Gamma = 2.39 \pm 0.14^{stat} \pm 0.25^{sys}$$



La probabilidad de conversión para fotones  $> 56$  TeV es de al menos 20%. Para fotones  $> 100$  TeV es mayor a 40%.

# Estimación de la Luminosidad de la VL



(Abramowski et. al 2014)

En un intervalo de longitud  $-75^\circ < l < 60^\circ$ .

Considerando el ángulo sólido del FoV de HESS el flujo diferencial total a 1 TeV es

$$(4.54 \pm 0.10) \times 10^{-10} \text{ TeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} .$$

De donde el flujo integral en el intervalo de energía de 40 - 200 TeV considerando una ley de potencia con índice espectral de -2.2

$$\Phi = 3.87 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$



# Estimación de la Luminosidad de la VL

La luminosidad en el intervalo de energía 40 - 200 TeV la podemos calcular a partir de la siguiente ecuación

$$L_{MW} = \frac{4\pi \langle E \rangle}{\xi \langle r^{-2} \rangle} \Phi$$

Donde la energía promedio de los fotones en este intervalo de energía es

$$\langle E \rangle = \frac{\int_{40}^{200} E \frac{dN}{dE} dE}{\int_{40}^{200} \frac{dN}{dE} dE}$$

La fracción de fuentes para una población de PWN dentro del FoV de HESS y el promedio del inverso de su distancia al cuadrado son

$$\xi \equiv \int_{FoV} d^3r \rho(\mathbf{r})$$

$$\langle r^{-2} \rangle \equiv \frac{1}{\xi} \int_{FoV} d^3r \rho(\mathbf{r}) r^{-2}$$

Utilizando el perfil de densidad propuesto por Lorimer et. al 2006

$$\rho(R) = 41 \left( \frac{R}{R_\odot} \right)^{1.9} \exp \left[ -5 \frac{R-R_\odot}{R_\odot} \right] \exp \left[ -\frac{|z|}{0.2} \right]$$

Con lo que la luminosidad total es

$$L_{MW} = 4.01 \times 10^{36} \text{ ergs s}^{-1}$$

# Discusión y Trabajo a Futuro

De la probabilidad de conversión para fotones en NGC 253 podemos ver esta contribución podría ser relevante a energías mayores a 40 TeV para el espectro del DGRB. La oscilación fotón-ALP permite que la atenuación al flujo por la interacción con fotones del EBL sea menor.

Considerando que galaxias de tipo Vía Láctea también albergan fuentes que emitan a muy altas energías, como TeV Halos, la emisión acumulativa de estas galaxias pueden contribuir al espectro del DGRB si en su camino a la Tierra los fotones de esta emisión oscilan a ALPs.

Para poder calcular la contribución al DGRB por oscilaciones a ALPs se requiere:

- Estimar la población de galaxias tipo Vía Láctea y su distribución respecto al redshift.
- Utilizar la luminosidad estimada de la Vía Láctea como factor de normalización a la luminosidad que esperamos en las galaxias tipo Vía Láctea.
- Calcular la contribución al DGRB por la oscilación de ALPs.

Gracias por su atención.