

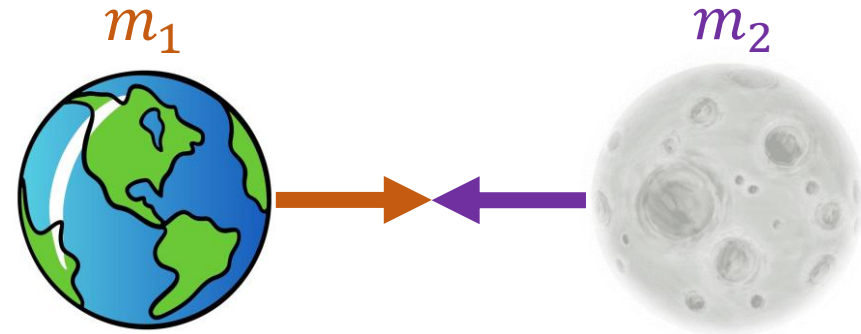
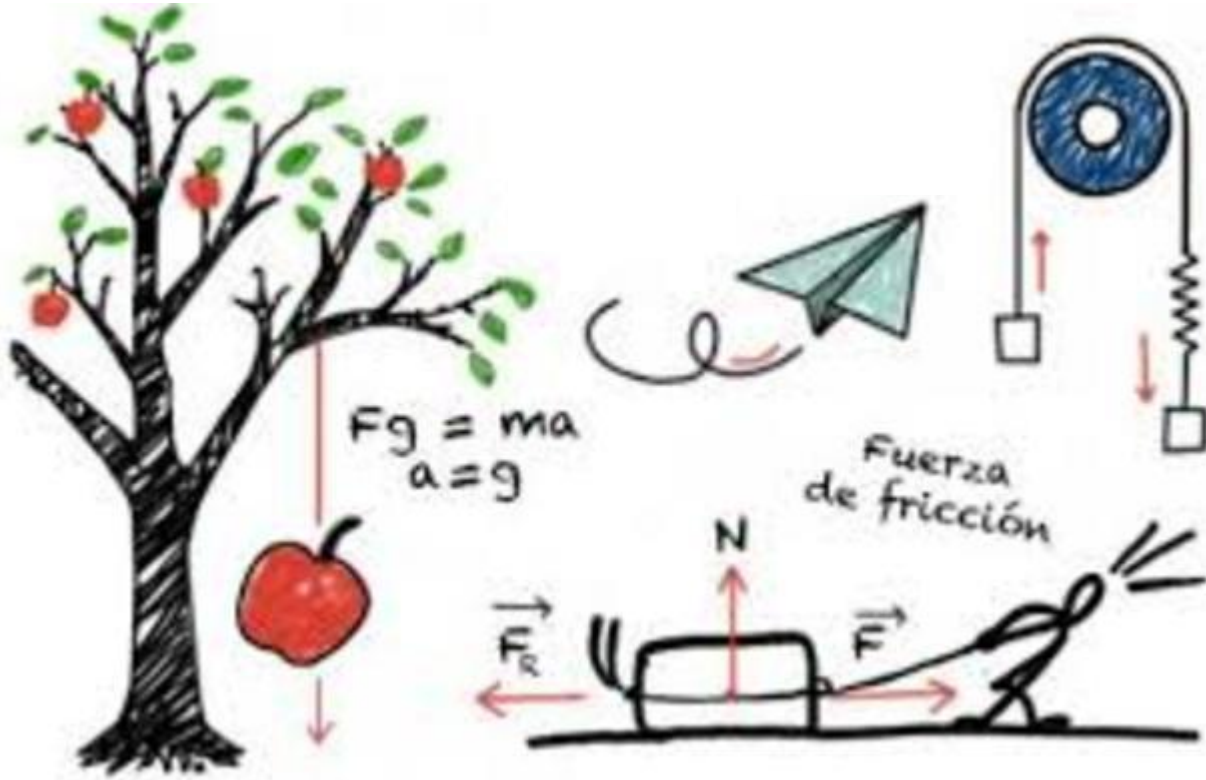
# RAYOS GAMMA:

Una ventana al  
Universo más violento  
(y más oscuro)

Cristina Fernández Suárez

IES Barrio Loranca  
19/12/2022

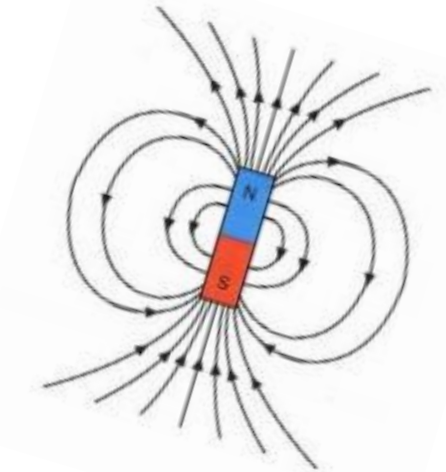
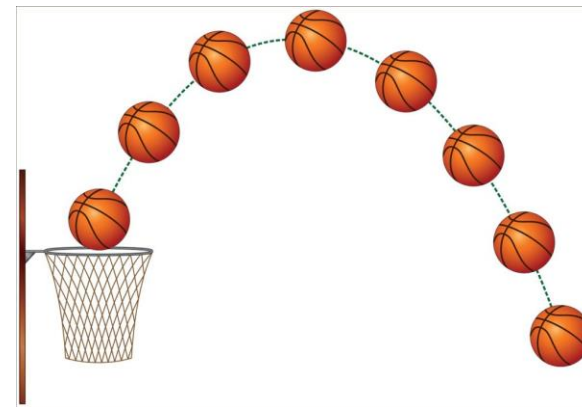
# Física Clásica



Ley de la Gravitación Universal

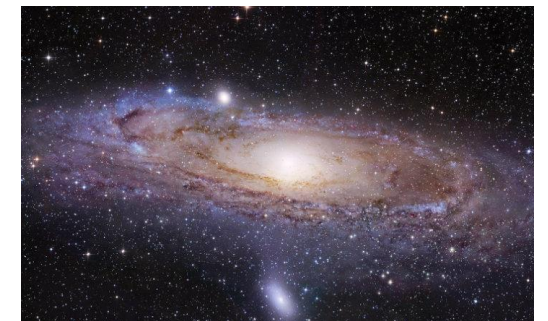
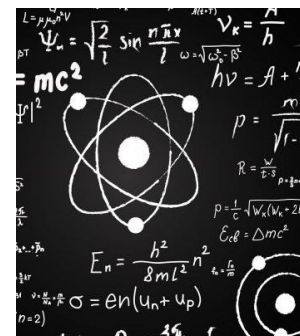
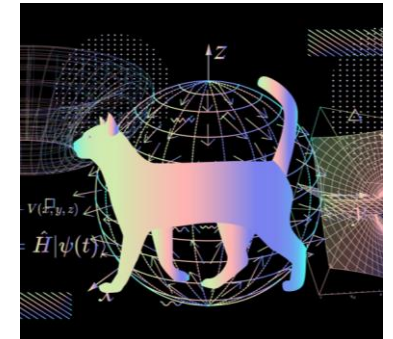
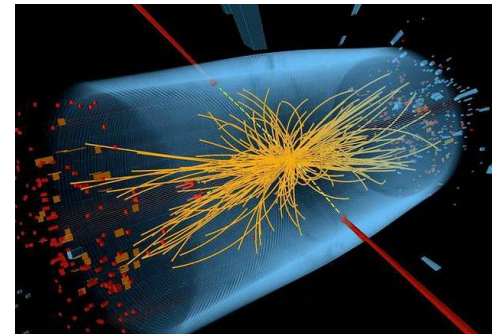
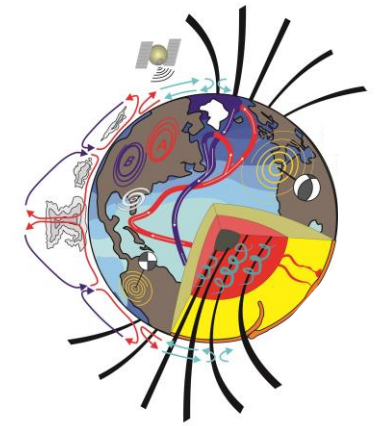
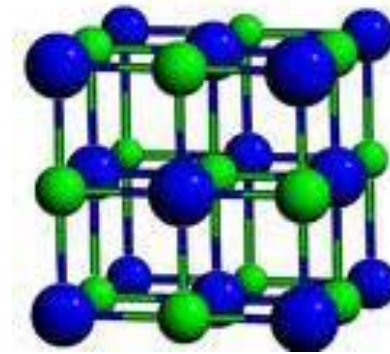
$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Cinemática

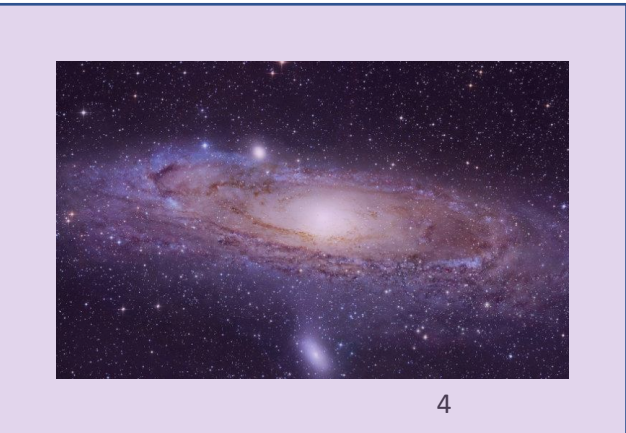
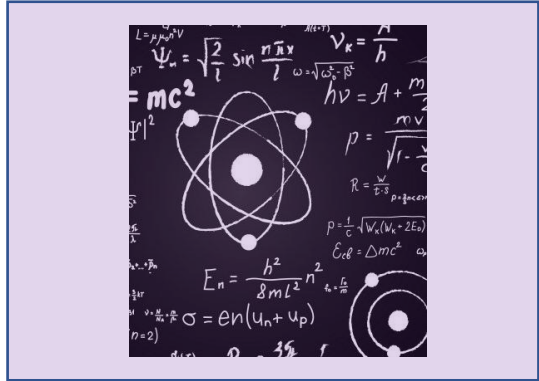
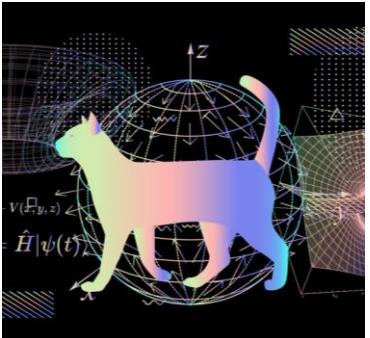
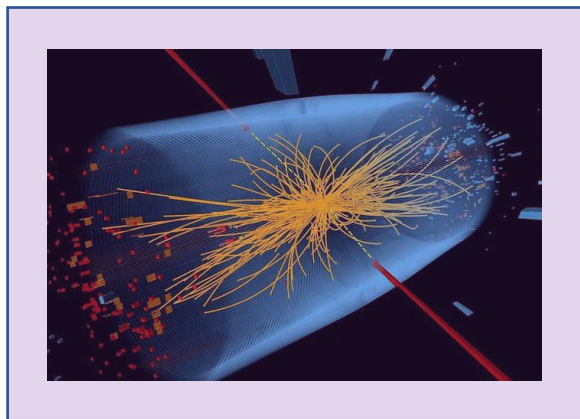
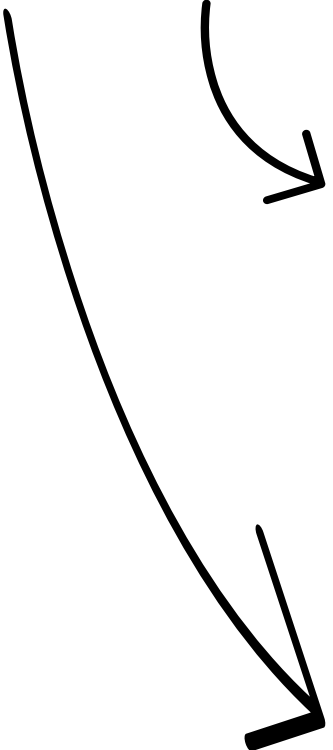
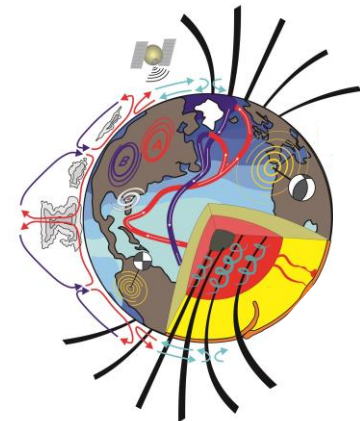


Electromagnetismo

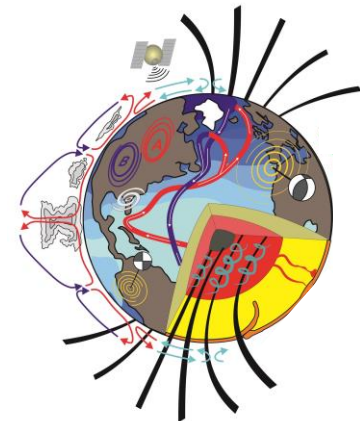
*Pero la Física  
es MUCHO  
más que eso...*



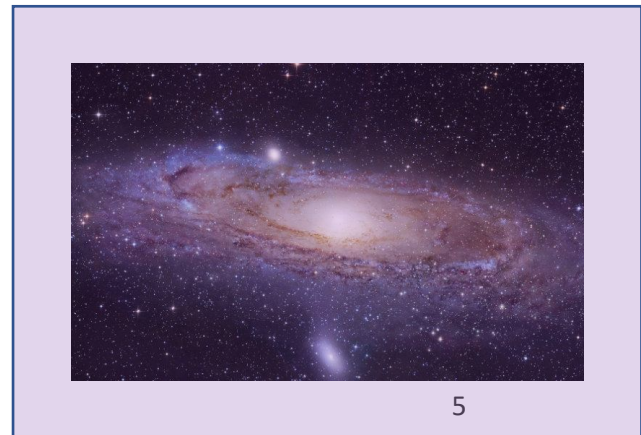
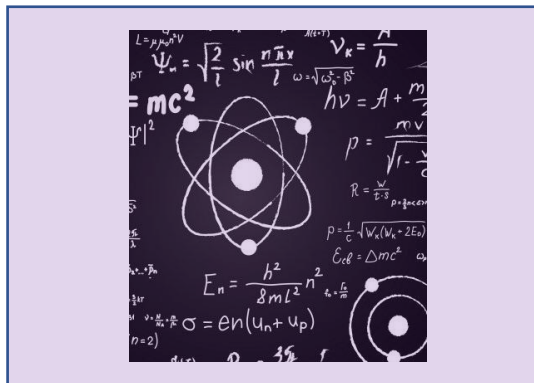
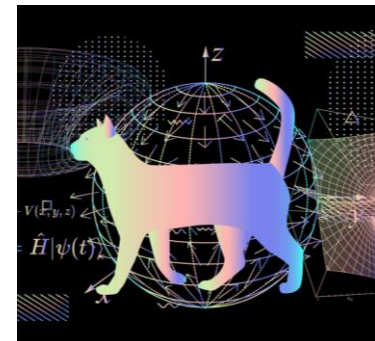
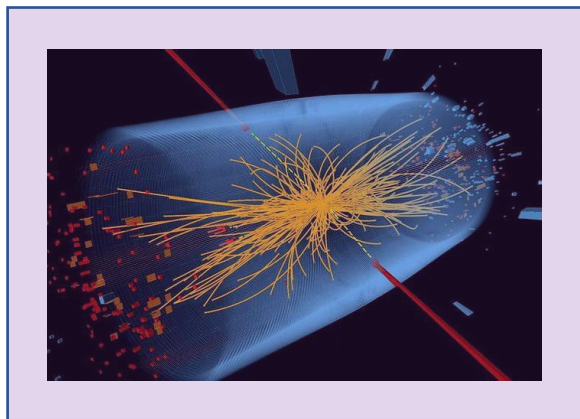
Nos centraremos en la intersección  
Física de partículas – Física Teórica – Astrofísica:  
*Física de Astropartículas*



# Nos centraremos en la intersección Física de partículas – Física Teórica – Astrofísica: *Física de Astropartículas*



*Cuál es nuestro lugar en el Cosmos?*  
*De dónde venimos, de qué estamos hechos?*  
Responder a las preguntas más fundamentales de la humanidad.



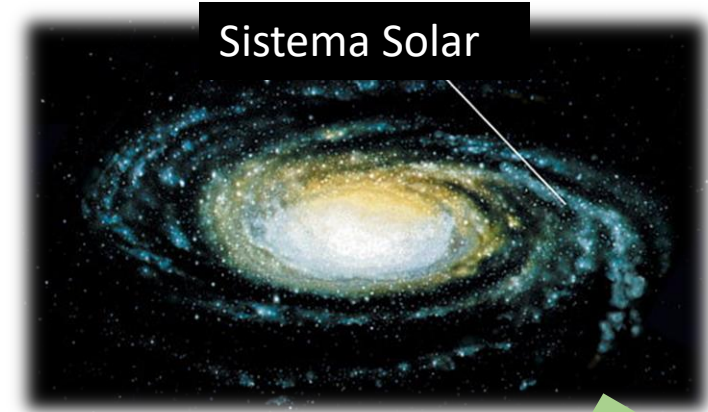
# Nuestro Universo...



Sistema solar

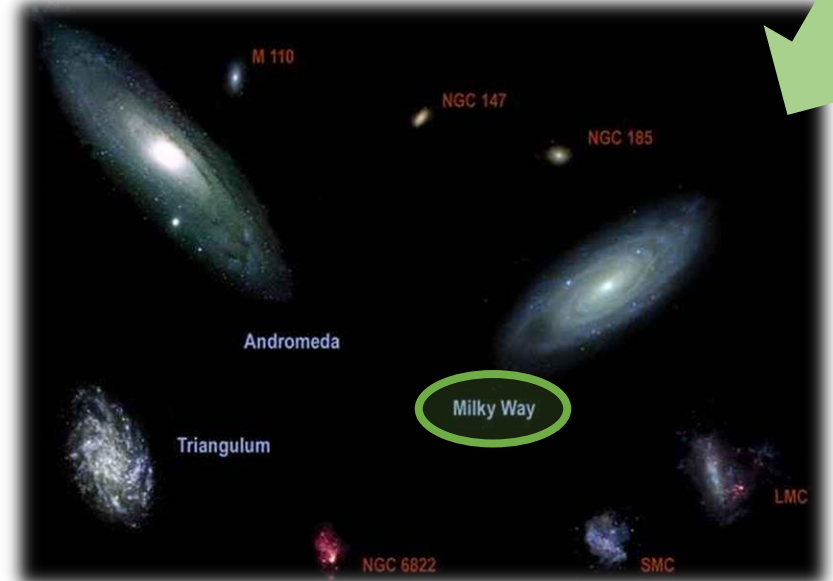
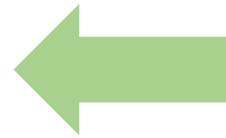


Vía Láctea



VIRGO SUPERCLUSTER

Supercúmulo de Virgo o Superclúster Local

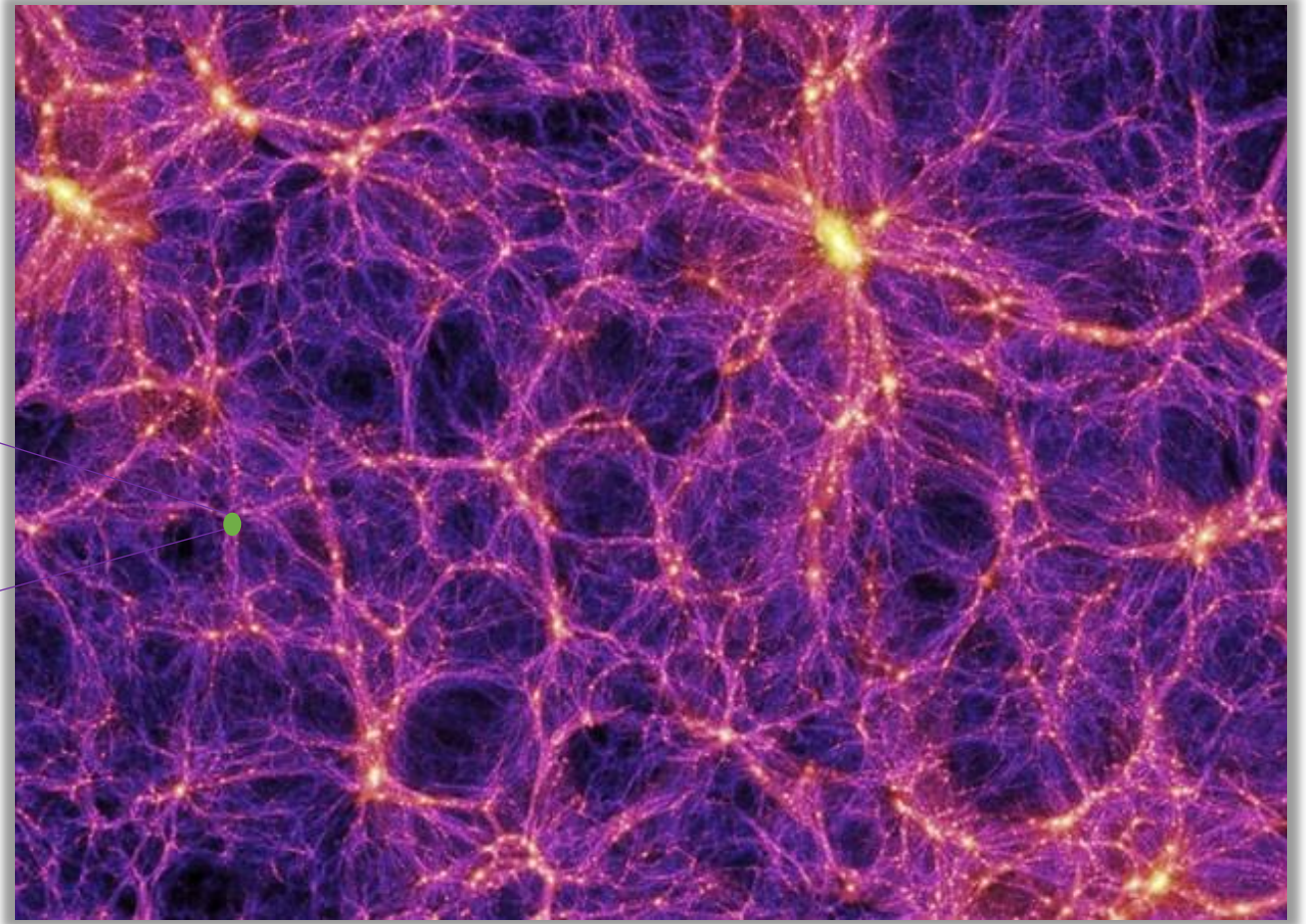
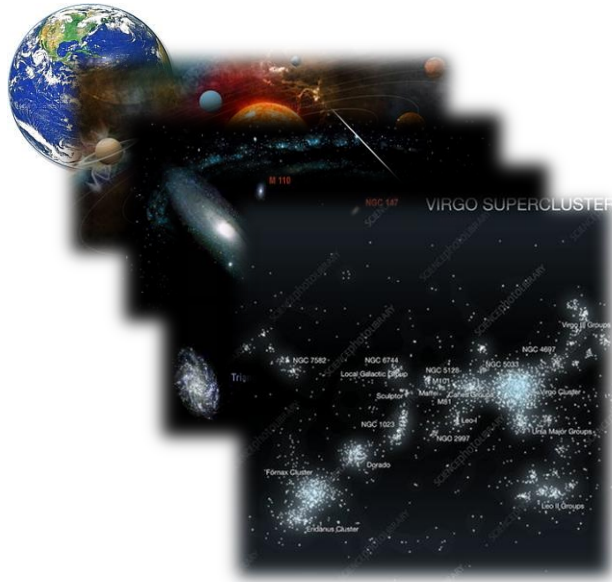


Grupo Local

Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

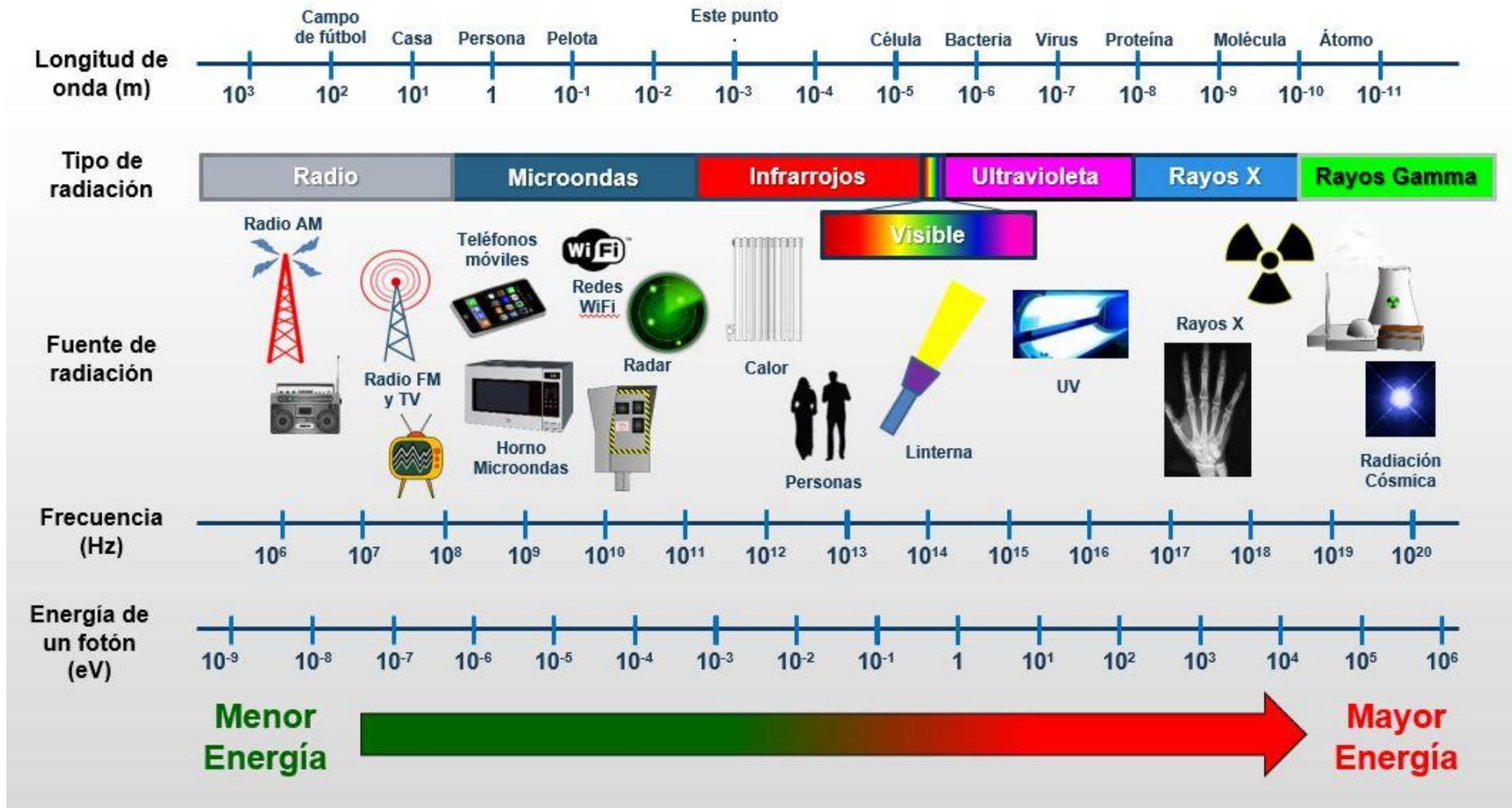
# Nuestro Universo...

Vivimos en una *telaraña* cósmica...



...con miles de millones de galaxias

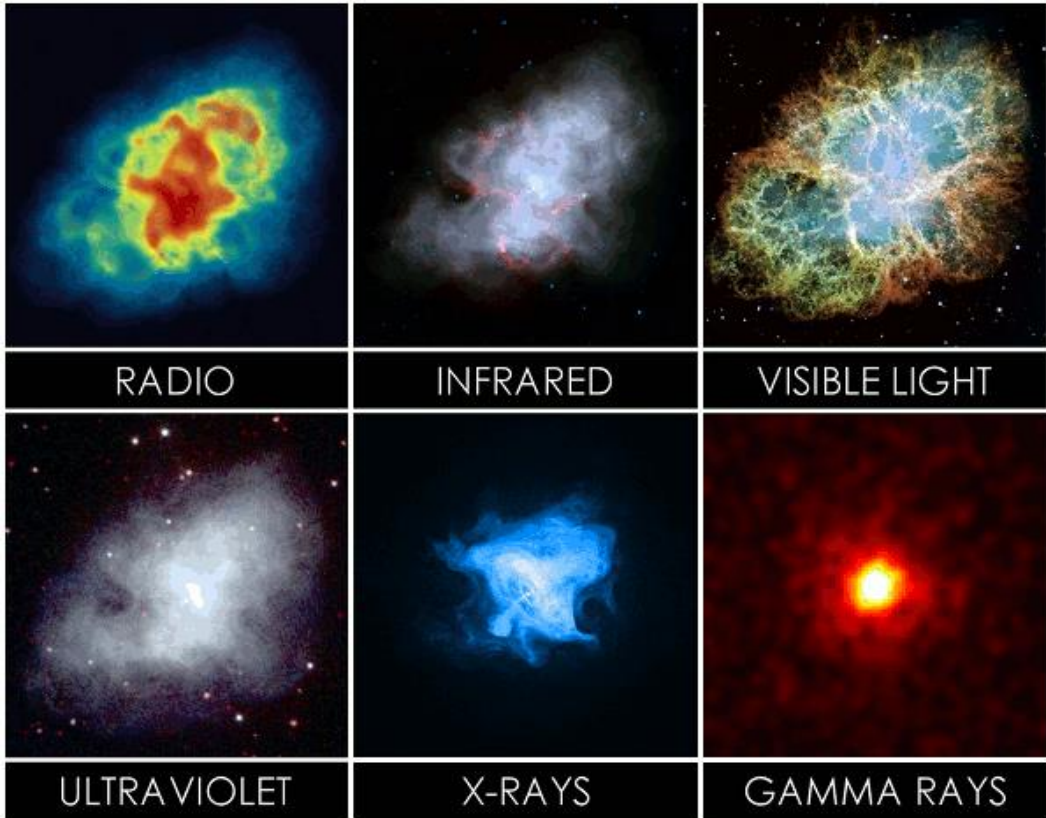
# Necesitamos luz para investigar



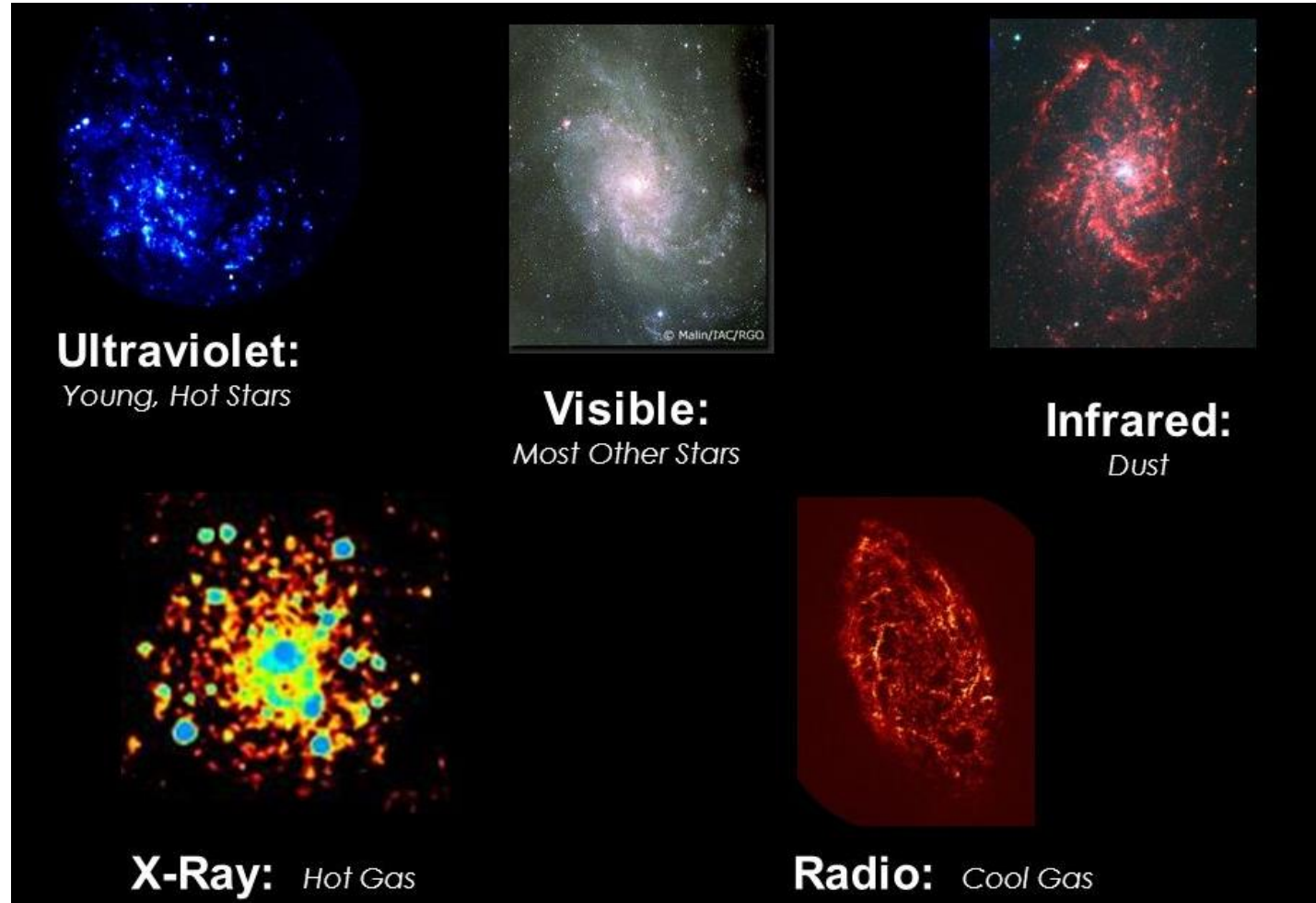


# *Necesitamos luz para investigar*

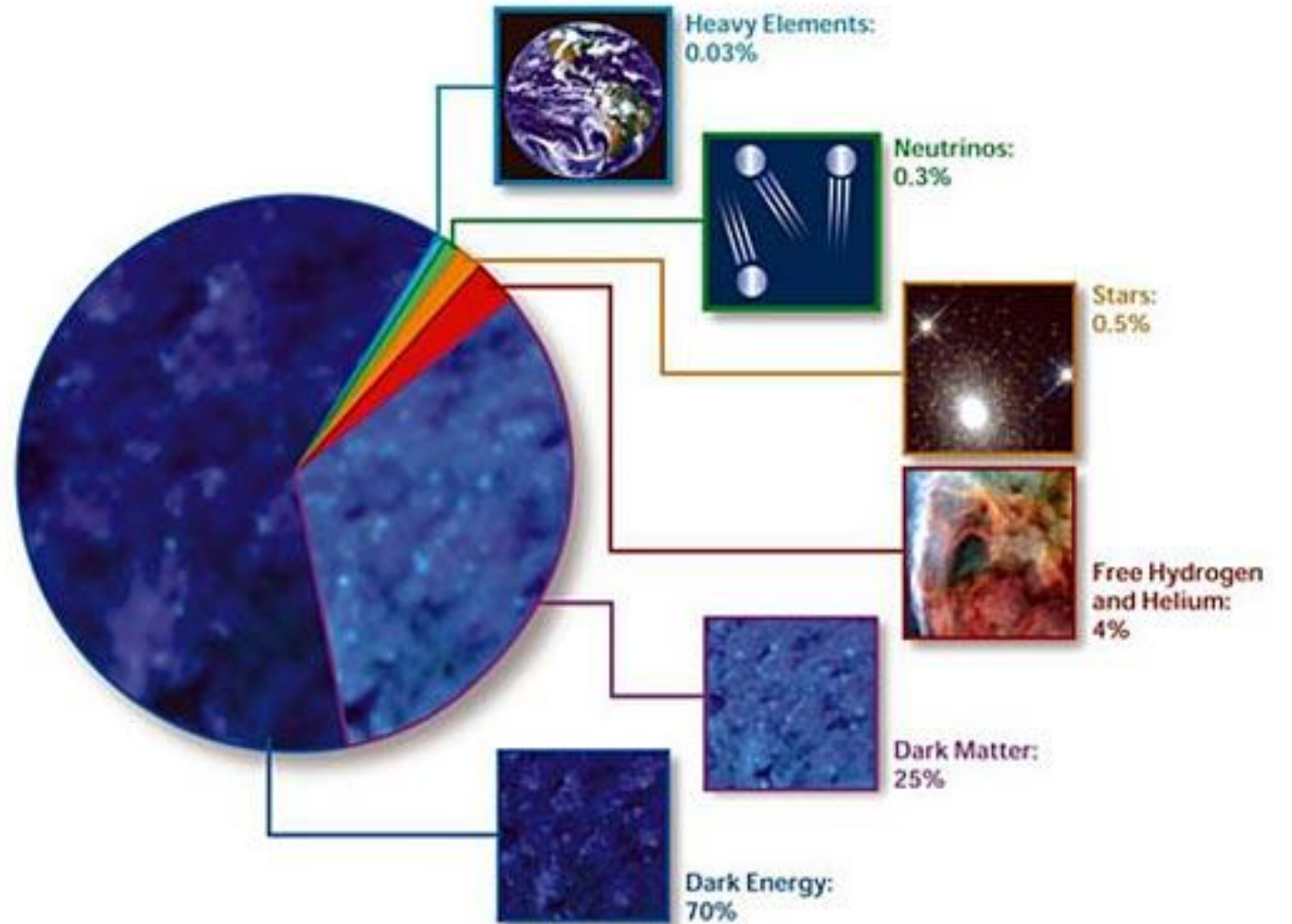
*Galaxia M33*



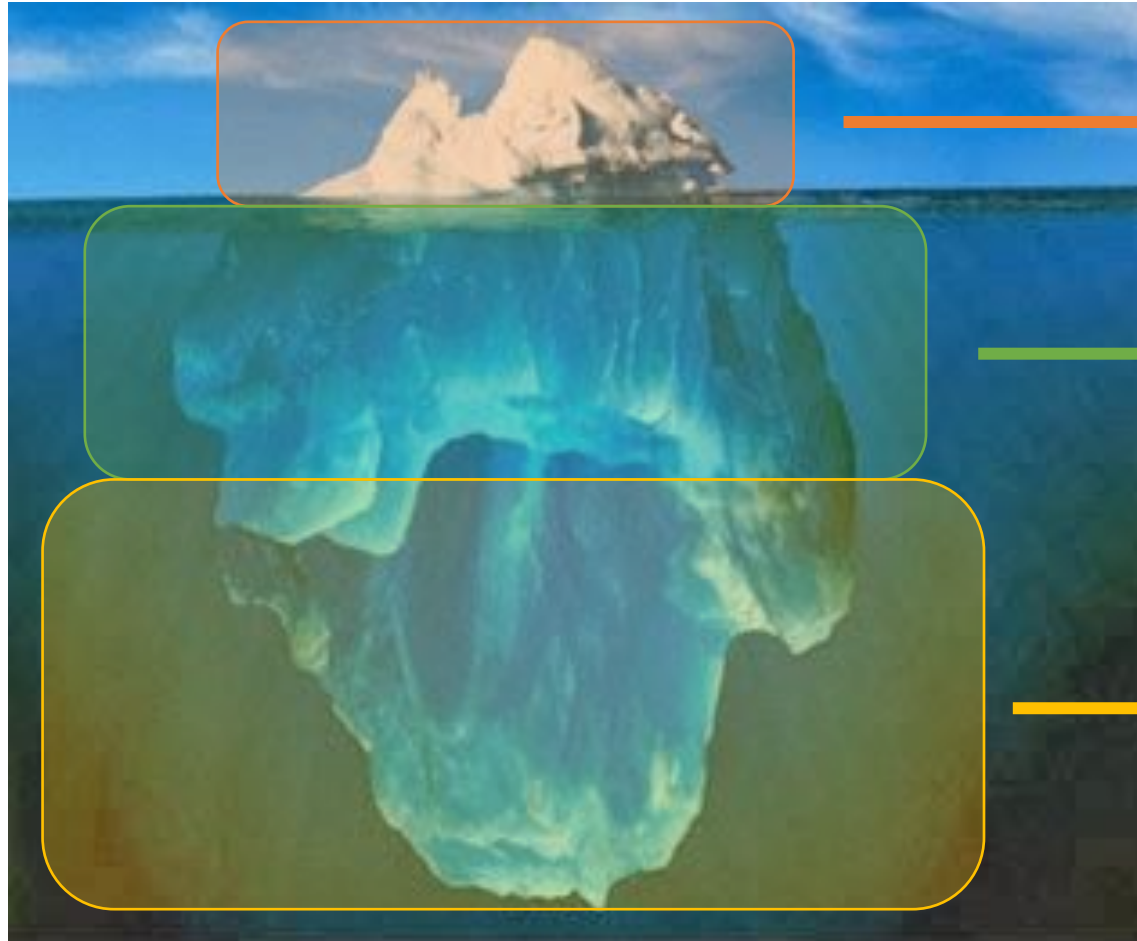
*Nebulosa del cangrejo*



# Composición del Universo



# *Solo 'conocemos' la punta del iceberg...*



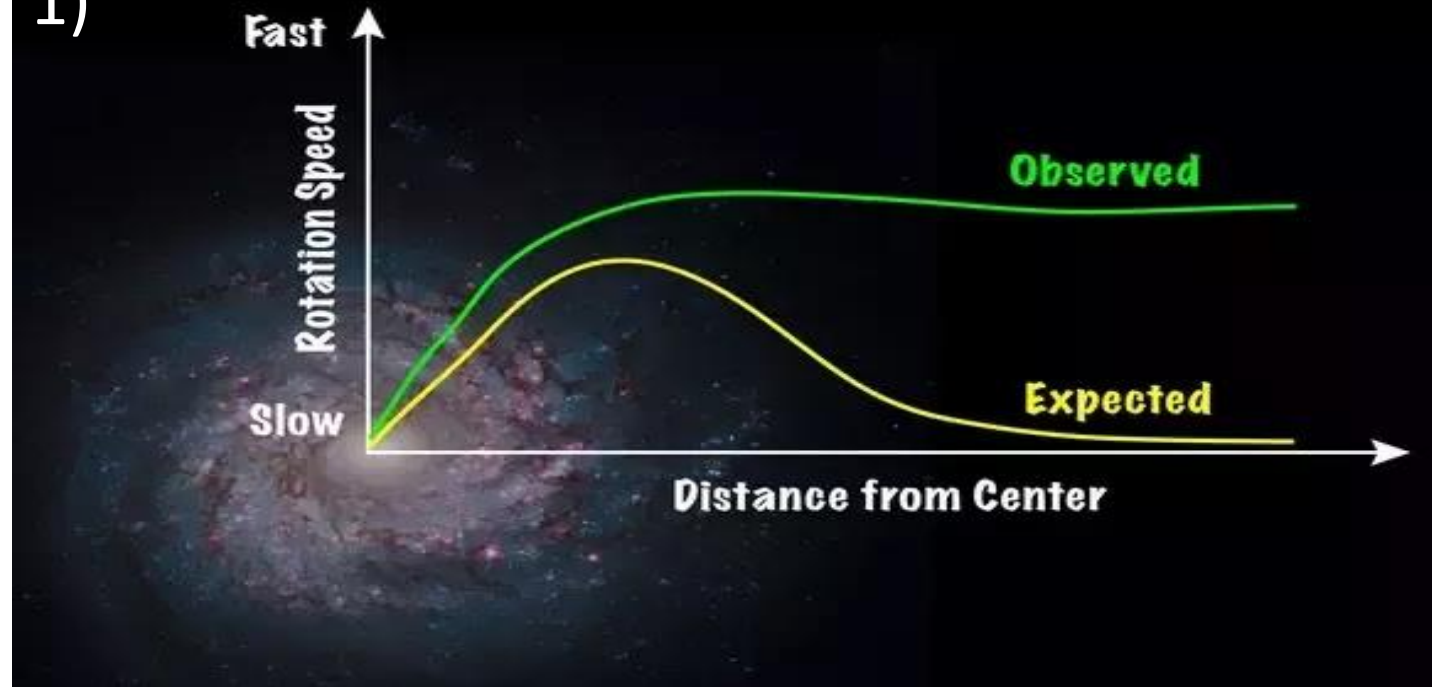
Materia ordinaria

Materia oscura ?

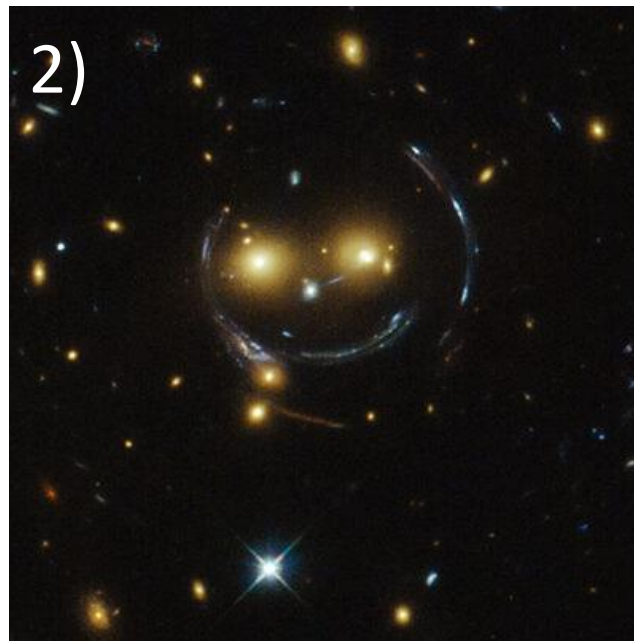
Energía oscura ?

# Materia Oscura: *algunas* evidencias

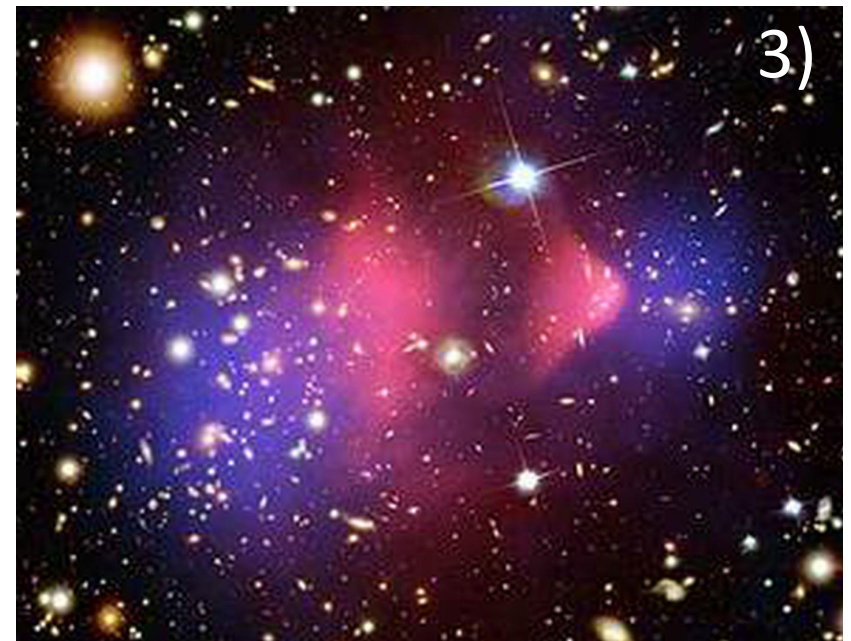
1)



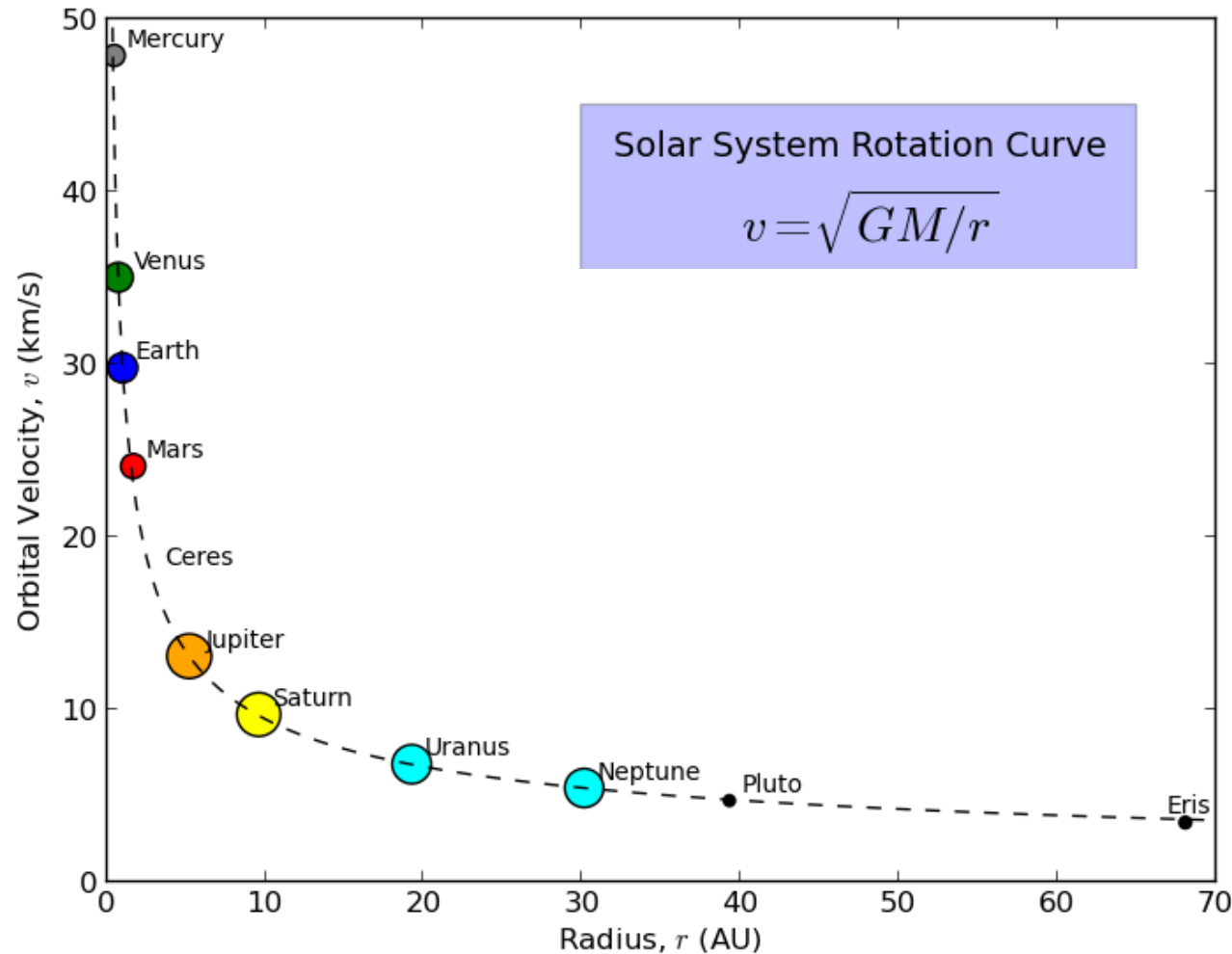
2)



3)



# 1) Curvas de rotación para medir la masa



Fuerza gravitatoria = Fuerza centrífuga

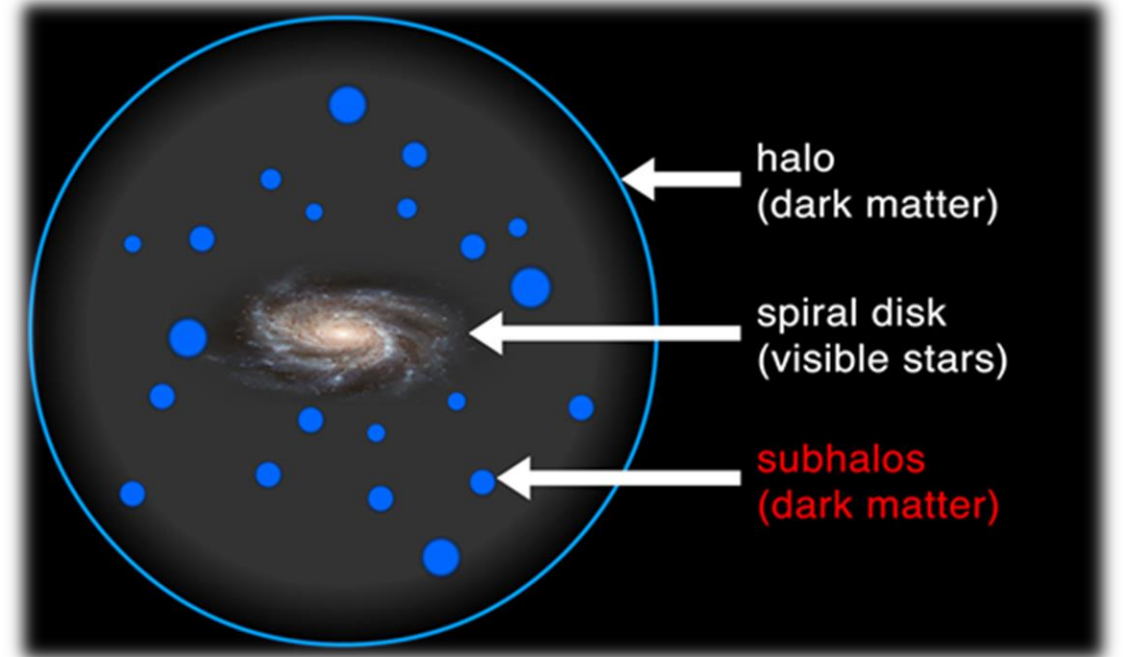
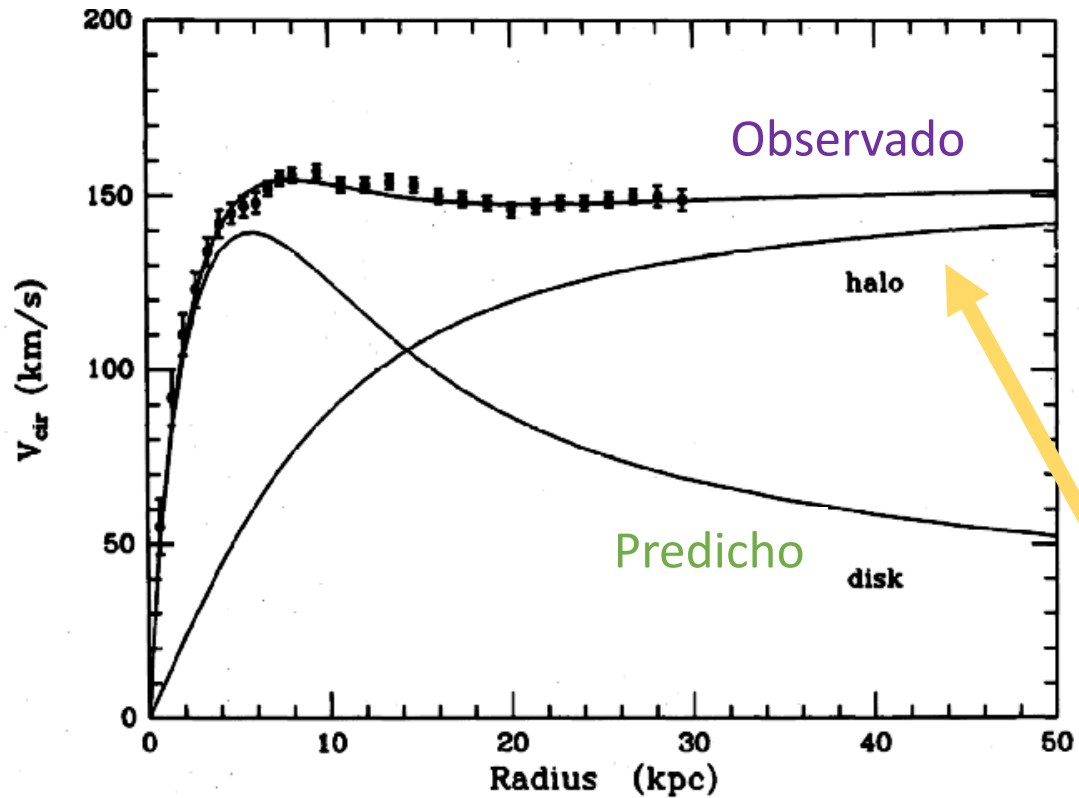
$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

↓

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

1)

# Curva de rotación de galaxias

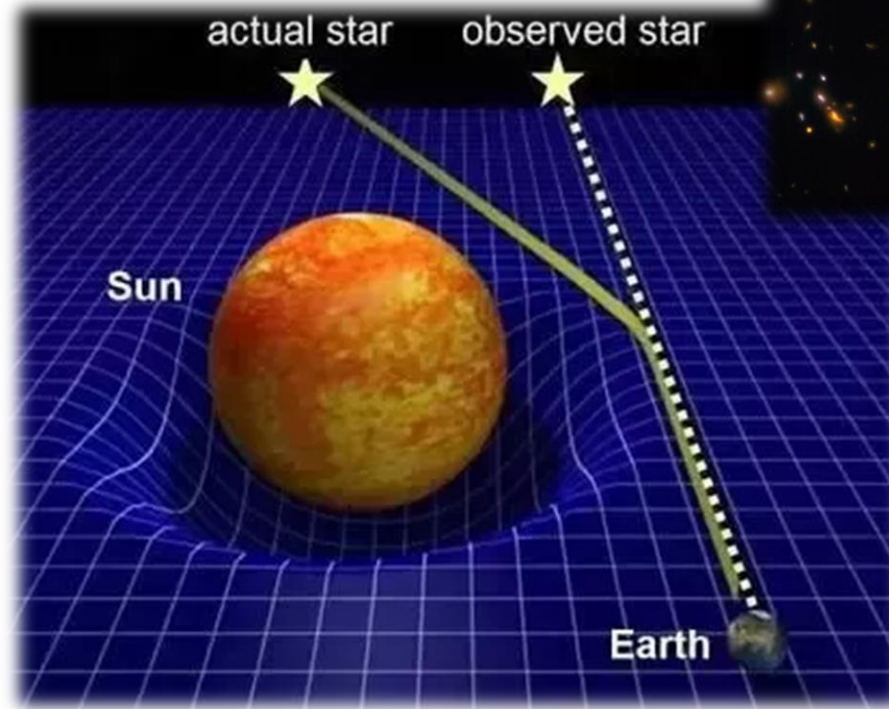


Necesitamos añadir *materia oscura* para explicar la masa obtenida

2)

# Lentes gravitacionales

- La trayectoria de la luz se *curva* al pasar cerca de un objeto masivo.
- Esto hace que observemos una fuente en una posición distinta a la real, que observemos múltiples imágenes de una misma fuente y/o imágenes distorsionadas.
- El objeto masivo situado entre el observador y la fuente se denomina *lente gravitacional* y podemos estimar su masa.

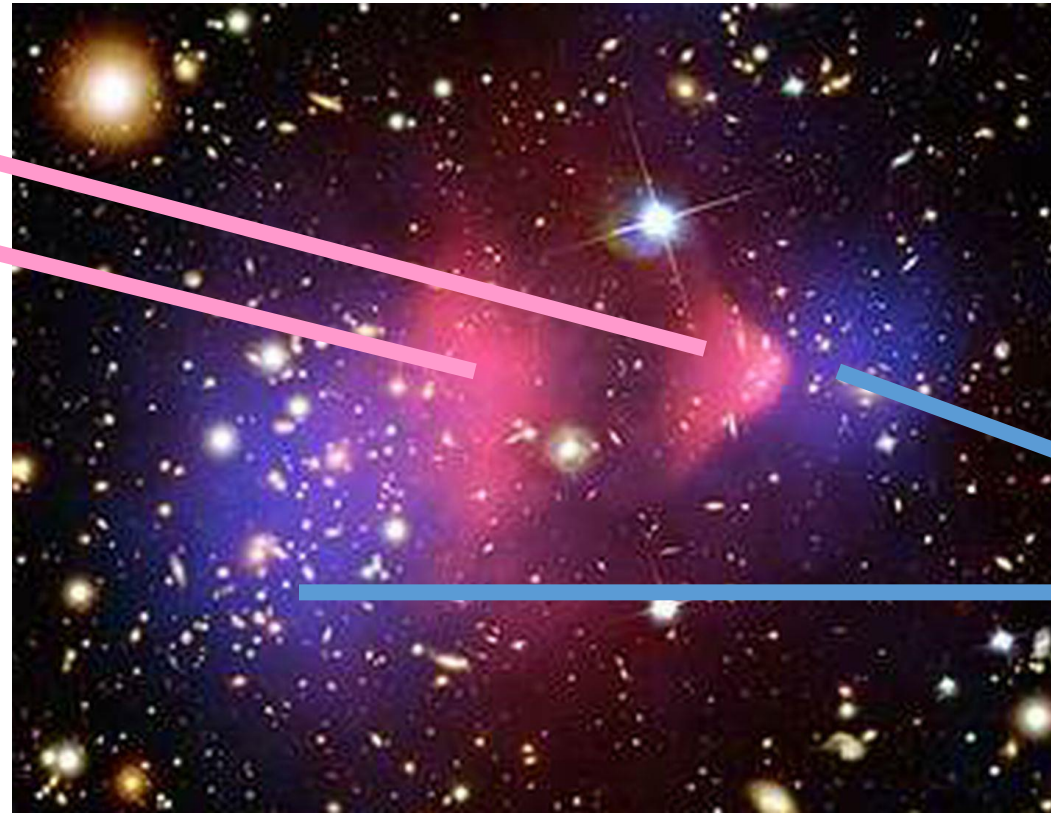


3)

# Cúmulo bala

Se forma tras la violenta colisión de dos cúmulos de galaxias

Contiene la materia ordinaria de los dos cúmulos



Mayor cantidad de materia, posiblemente *oscura* !

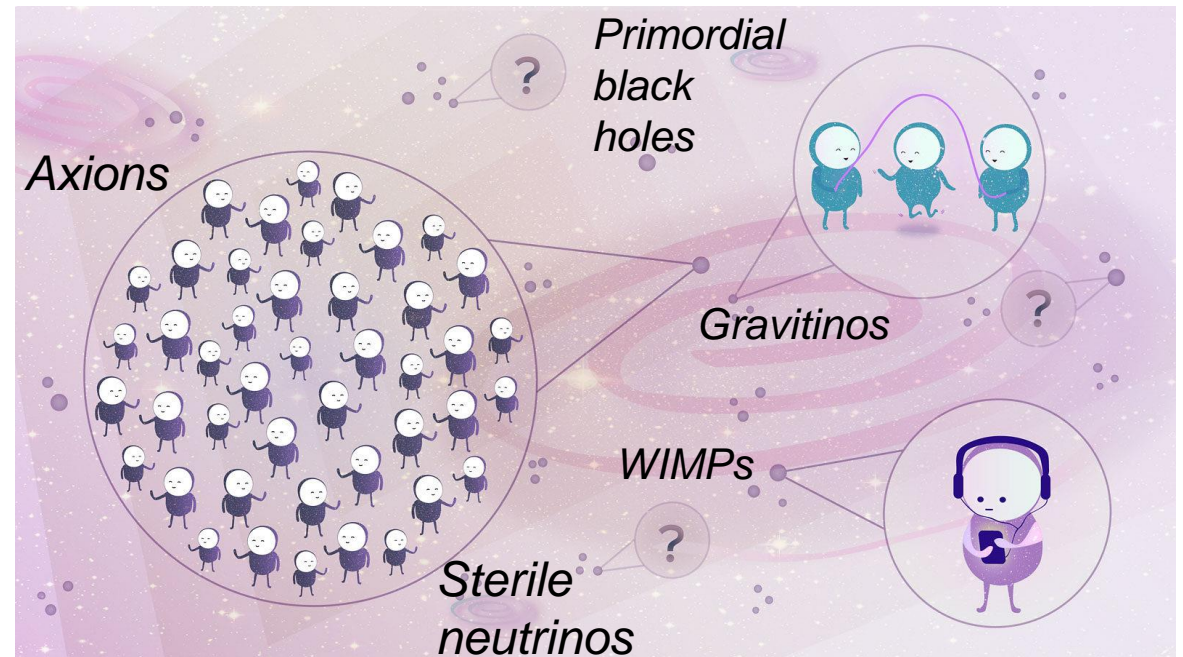


# Materia oscura: ¿cómo es?

- NO es materia ordinaria ni antimateria.
- Oscura: no emite luz (o muy débil).
- Fría.
- Estable (al menos 13.8 Gyr).
- Múltiples candidatos.

Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>u</b> up	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>c</b> charm	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon
QUARKS	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>d</b> down	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ <b>e</b> electron	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ <b><math>\mu</math></b> muon	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ <b><math>\tau</math></b> tau	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson
LEPTONS	$< 1.0 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$\approx 80.433 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson
				GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS

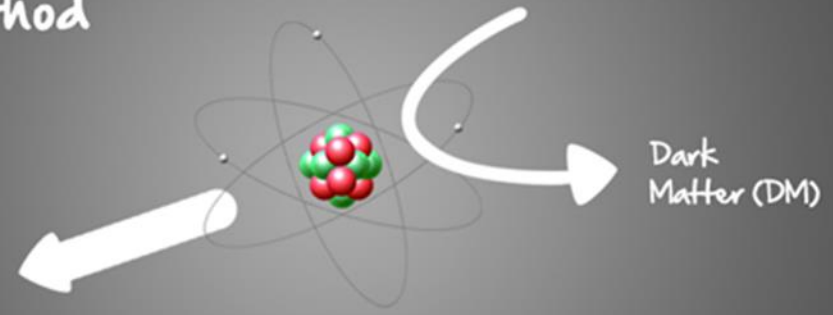


# Materia Oscura: búsqueda

Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

## Dark Matter search strategies

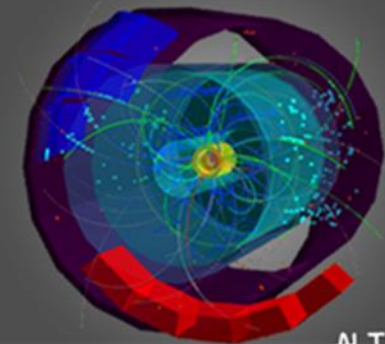
Direct Method



Indirect Method



Production at the Large Hadron Collider



ALICE

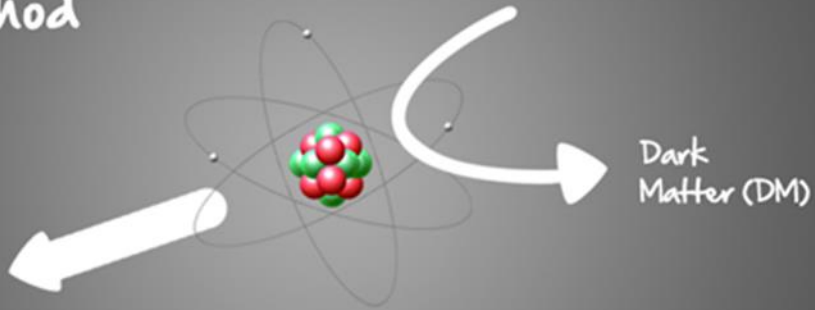
# Materia Oscura: búsqueda

Rayos gamma que podrían deberse a aniquilación de materia oscura!

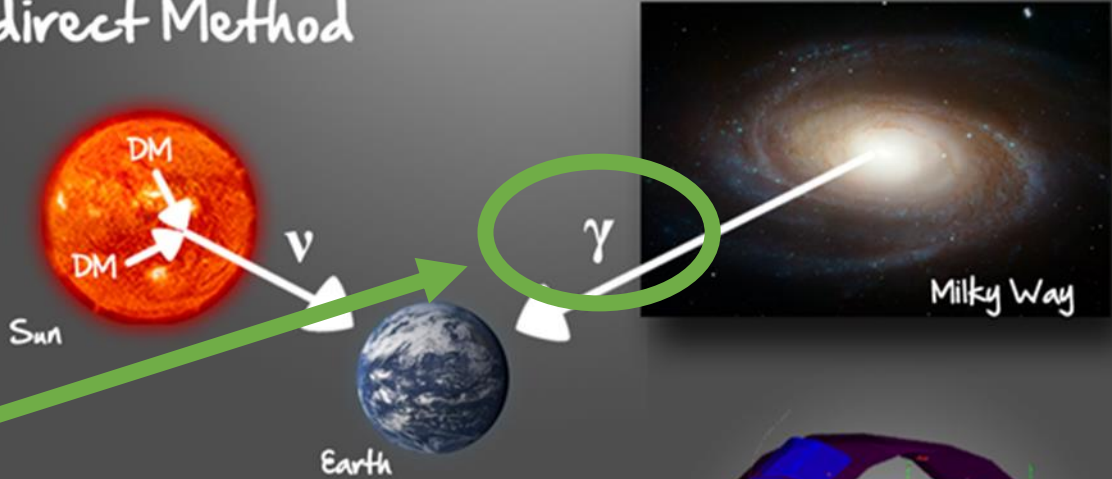
Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

# Dark Matter search strategies

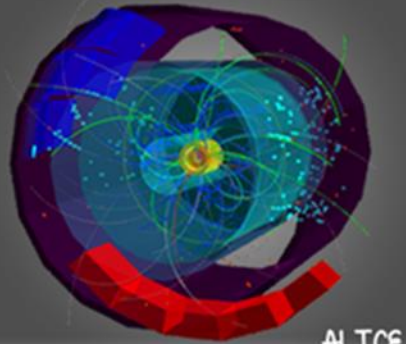
Direct Method



Indirect Method

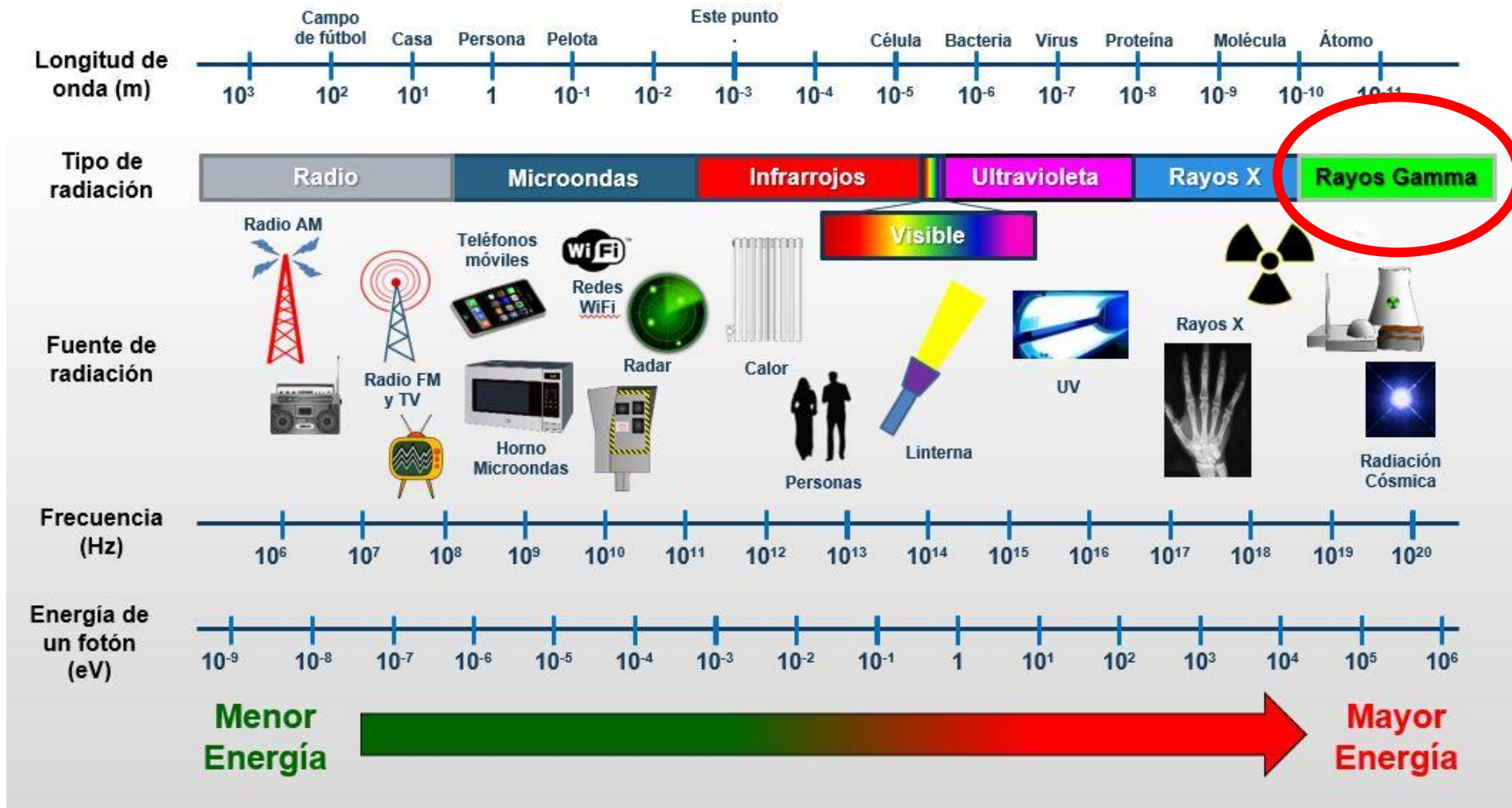


Production at the Large Hadron Collider



ALICE

# Rayos Gamma



# Rayos Gamma

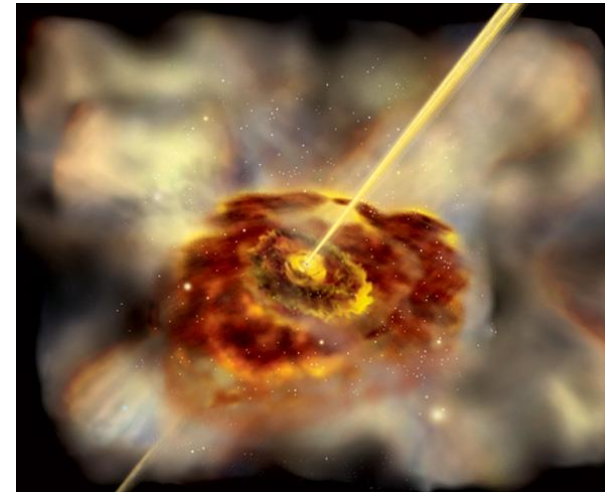
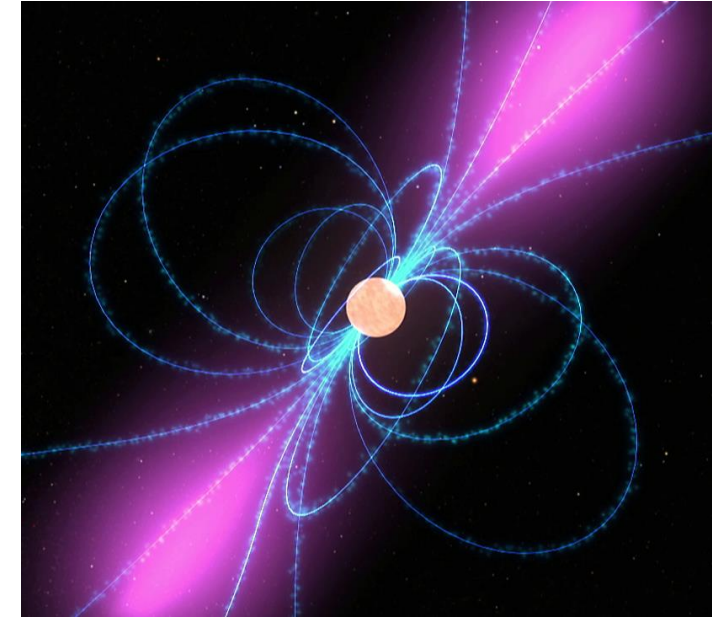
- ❖ Los rayos gamma son la luz más poderosa y más **energética** del Universo.
- ❖ NADA en nuestro planeta puede producir los rayos gamma de más alta energía.
- ❖ Debemos buscarlos en los procesos más **violentos** del Universo: pulsares, remanentes de supernova, sistemas binarios de estrellas, regiones de formación de estrellas, galaxias con formación estelar y galaxias activas.

Y quizás también *materia oscura...*

Supernova

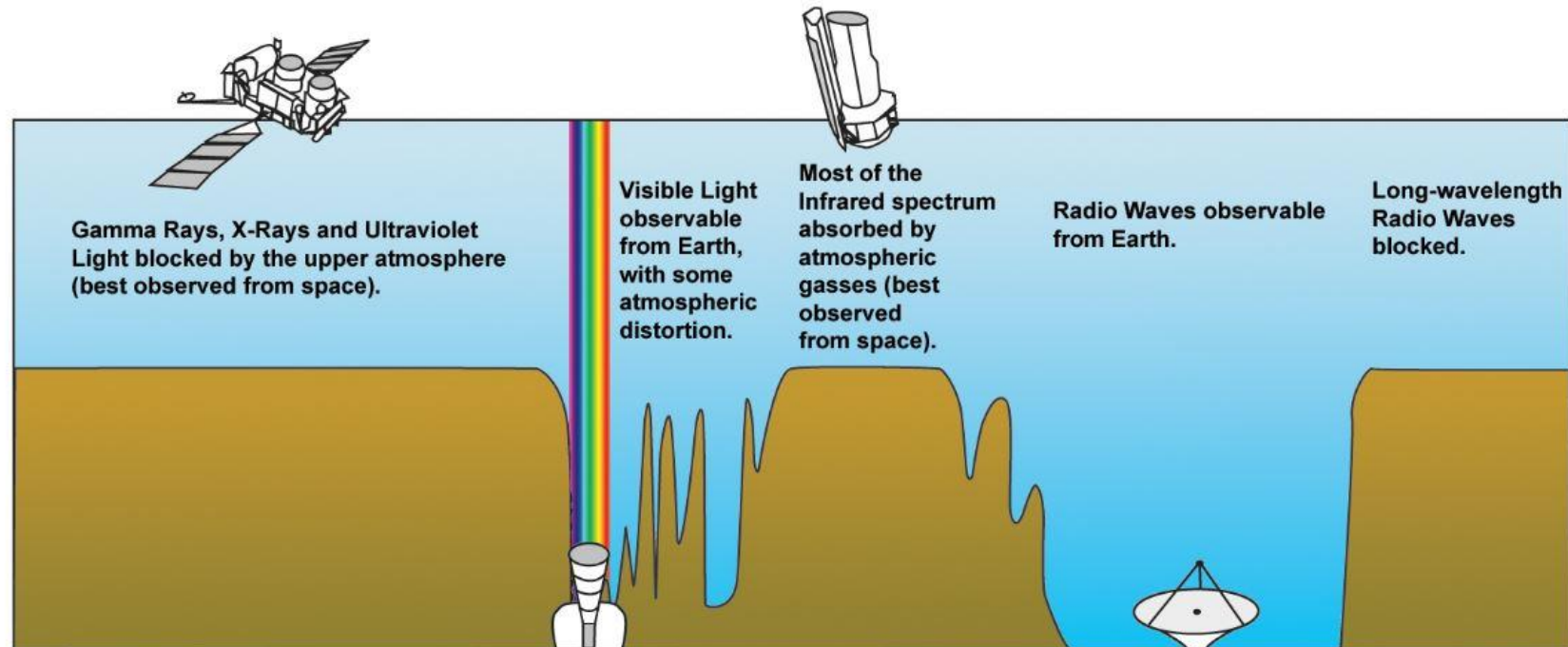
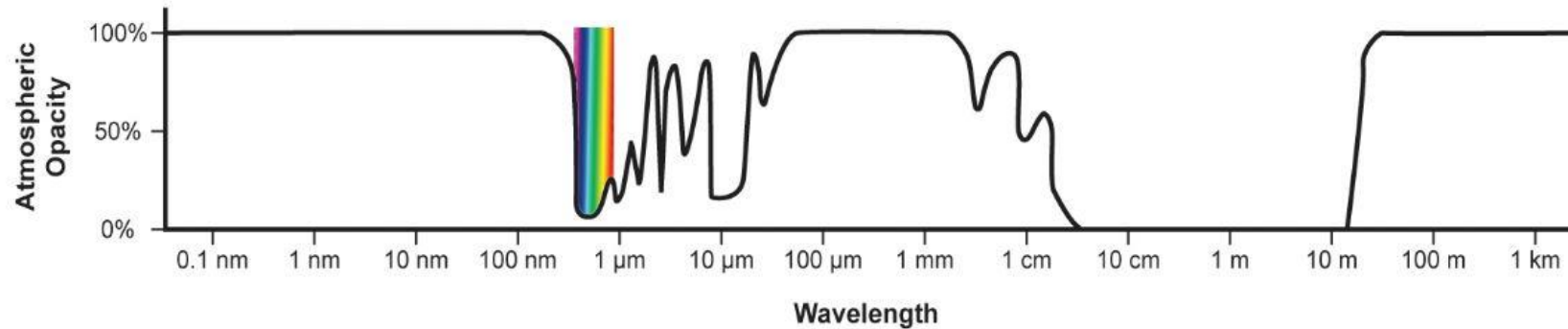


Púlsar



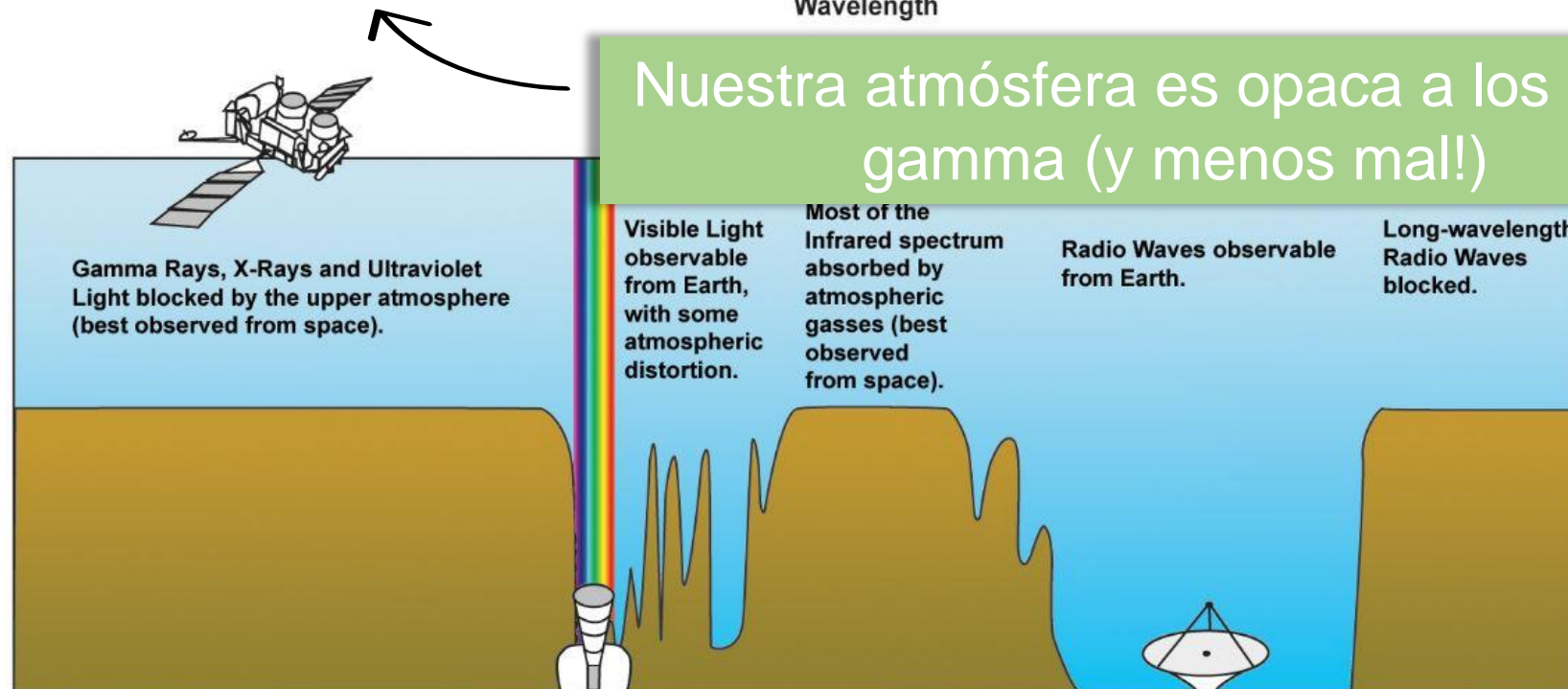
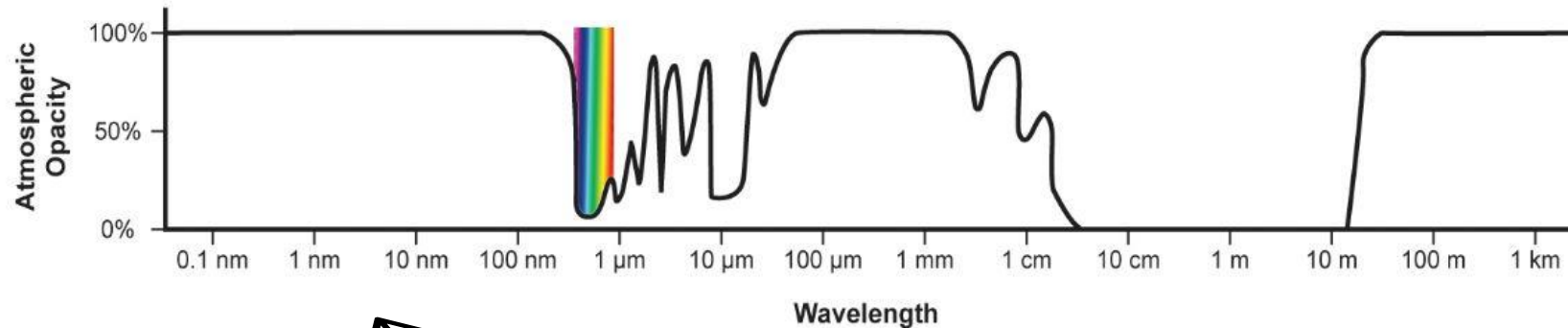
*Galaxia de núcleo activo con un agujero negro*

# Cómo podemos detectar Rayos Gamma



Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

# Cómo podemos detectar Rayos Gamma



Nuestra atmósfera es opaca a los rayos gamma (y menos mal!)

# *Mejor observar desde el espacio...*

## Satélite Fermi

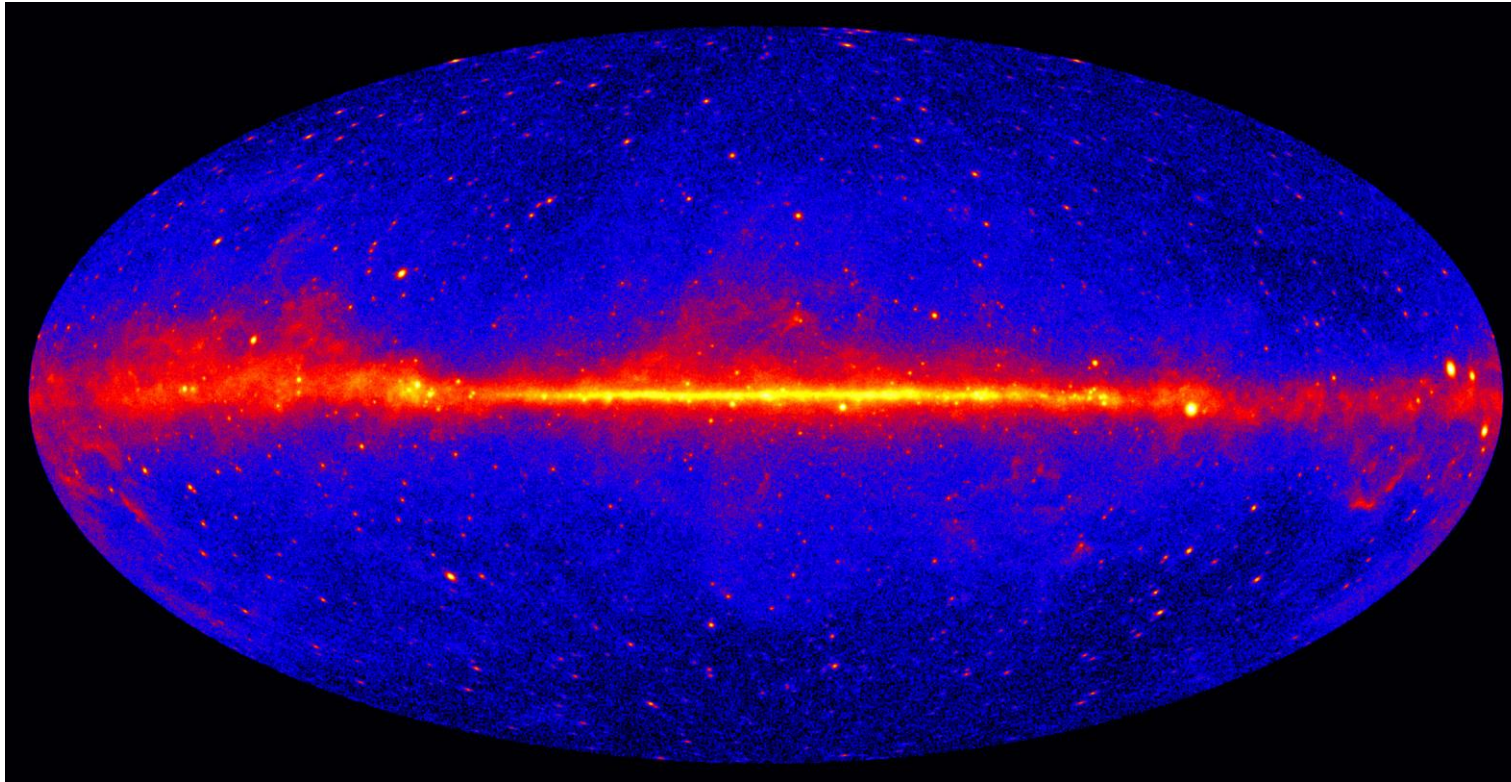
- ❖ Lanzado el 11 de junio de 2008 por la NASA.
- ❖ Colaboración internacional.
- ❖ Estudia las **fuentes de rayos gamma** del Universo.
- ❖ Cubre TODO el cielo varias veces al día, cada 3 horas.





# *Mejor observar desde el espacio...*

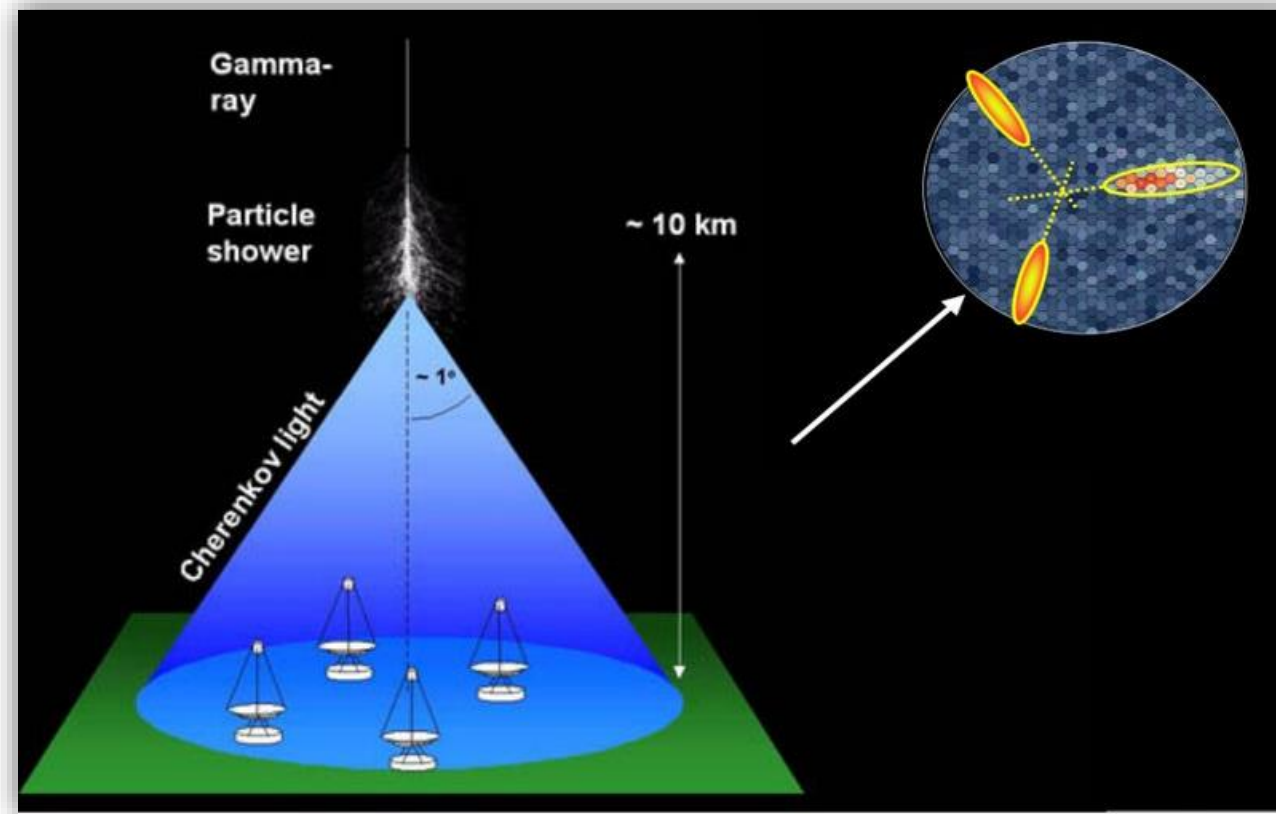
*El cielo en rayos gamma visto por Fermi*



Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

# ...aunque también desde la Tierra

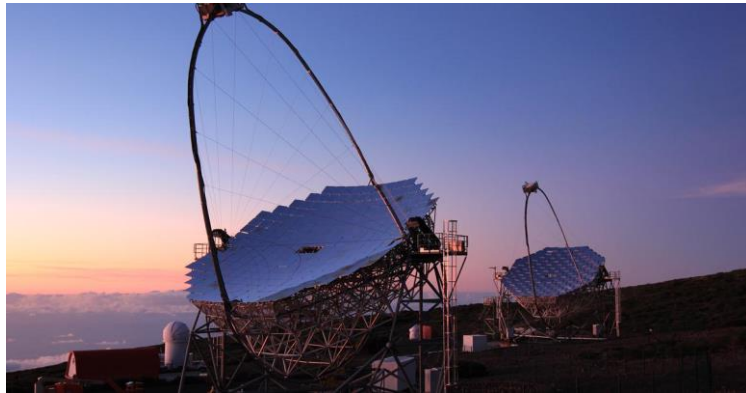
Algunos telescopios pueden detectar la *radiación Cherenkov* que se produce cuando un rayo gamma golpea la parte superior de la atmósfera terrestre.



# ...aunque también desde la Tierra

Algunos telescopios pueden detectar la *radiación Cherenkov* que se produce cuando un rayo gamma golpea la parte superior de la atmósfera terrestre.

Por ejemplo:



*MAGIC (La Palma,  
España)*



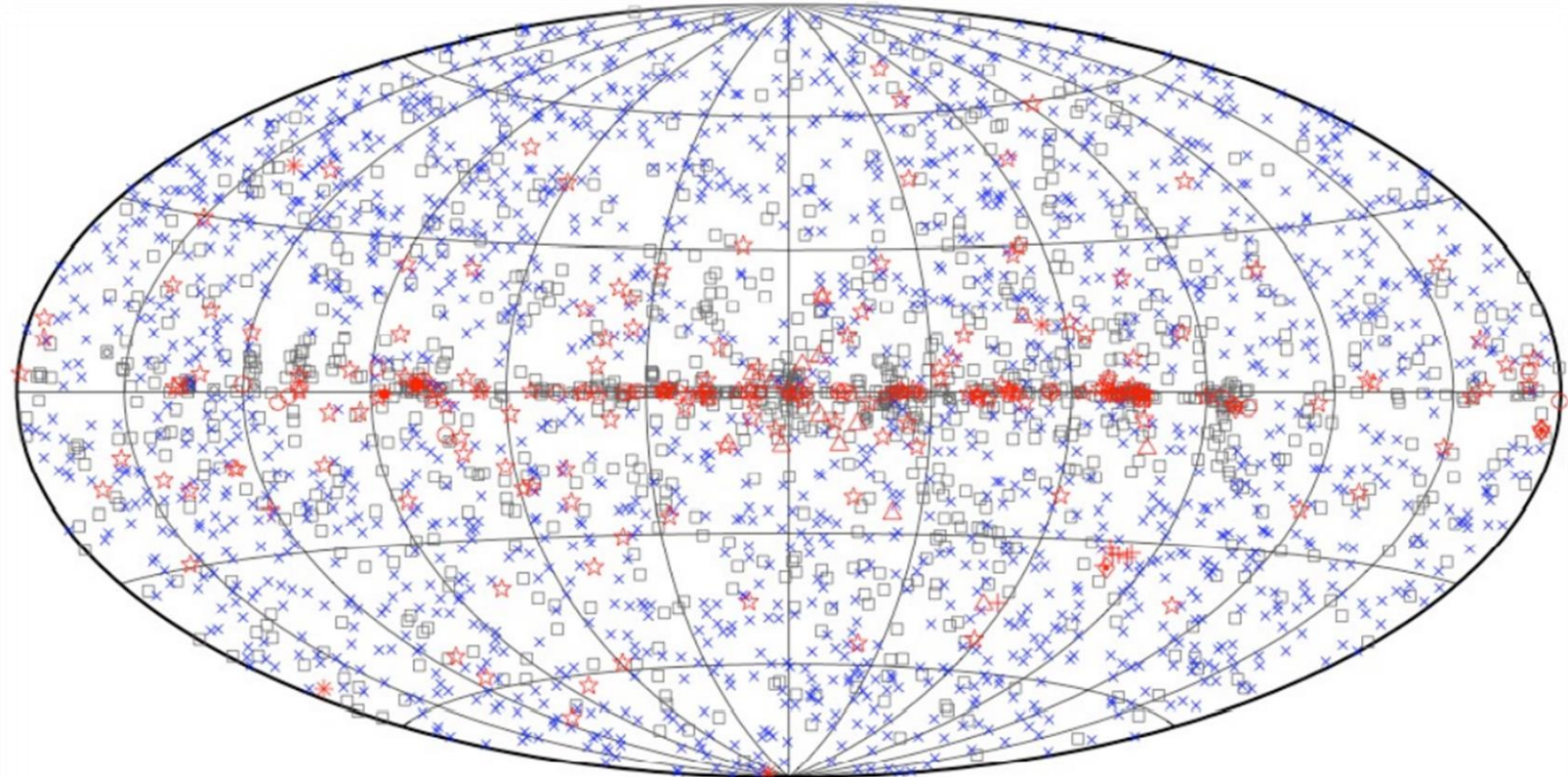
*HESS (Namibia)*



*VERITAS (Arizona)*

Casi 7000 objetos detectados!

*El cielo en  
rayos  
gamma*

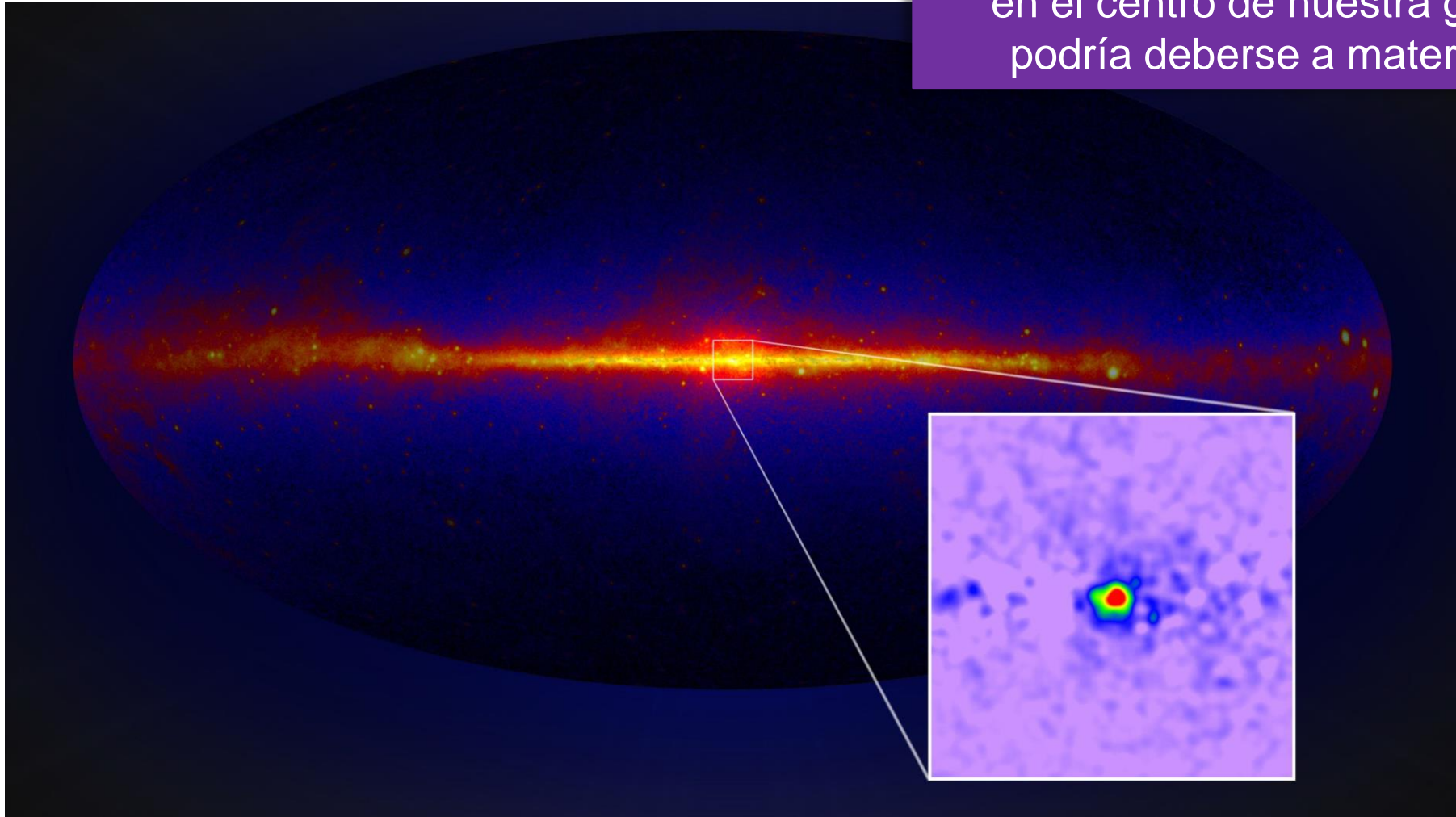


Algunos sin identificar aún! →

- |                       |  |                    |
|-----------------------|--|--------------------|
| □ No association      | ▣ Possible association with SNR or PWN | × AGN              |
| ☆ Pulsar              | △ Globular cluster                     | * Starburst Galaxy |
| ⊠ Binary              | + Galaxy                               | ○ SNR              |
| ★ Star-forming region |  | ◇ PWN              |
|                       |  | ● Nova             |

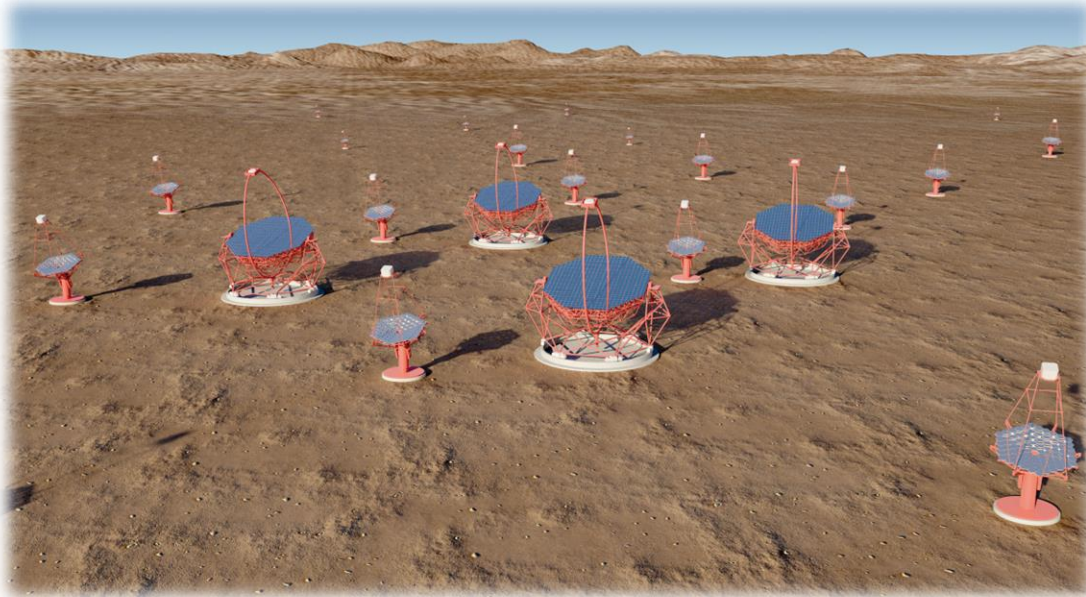
# *Materia oscura?*

Hay un exceso de señal de rayos gamma en el centro de nuestra galaxia que podría deberse a materia oscura!



NASA/DOE/Fermi LAT  
Collaboration and  
T. Linden (Univ. of  
Chicago)

# El futuro de los rayos gamma



Más de 60 telescopios!

- En 2018 se inauguró el primer telescopio en La Palma.
- Dentro de unos pocos años, CTA estará totalmente operativo.

Dos redes de telescopios: una en el hemisferio sur (Chile) y otra en el hemisferio norte (La Palma, España)



# *El futuro de los rayos gamma*

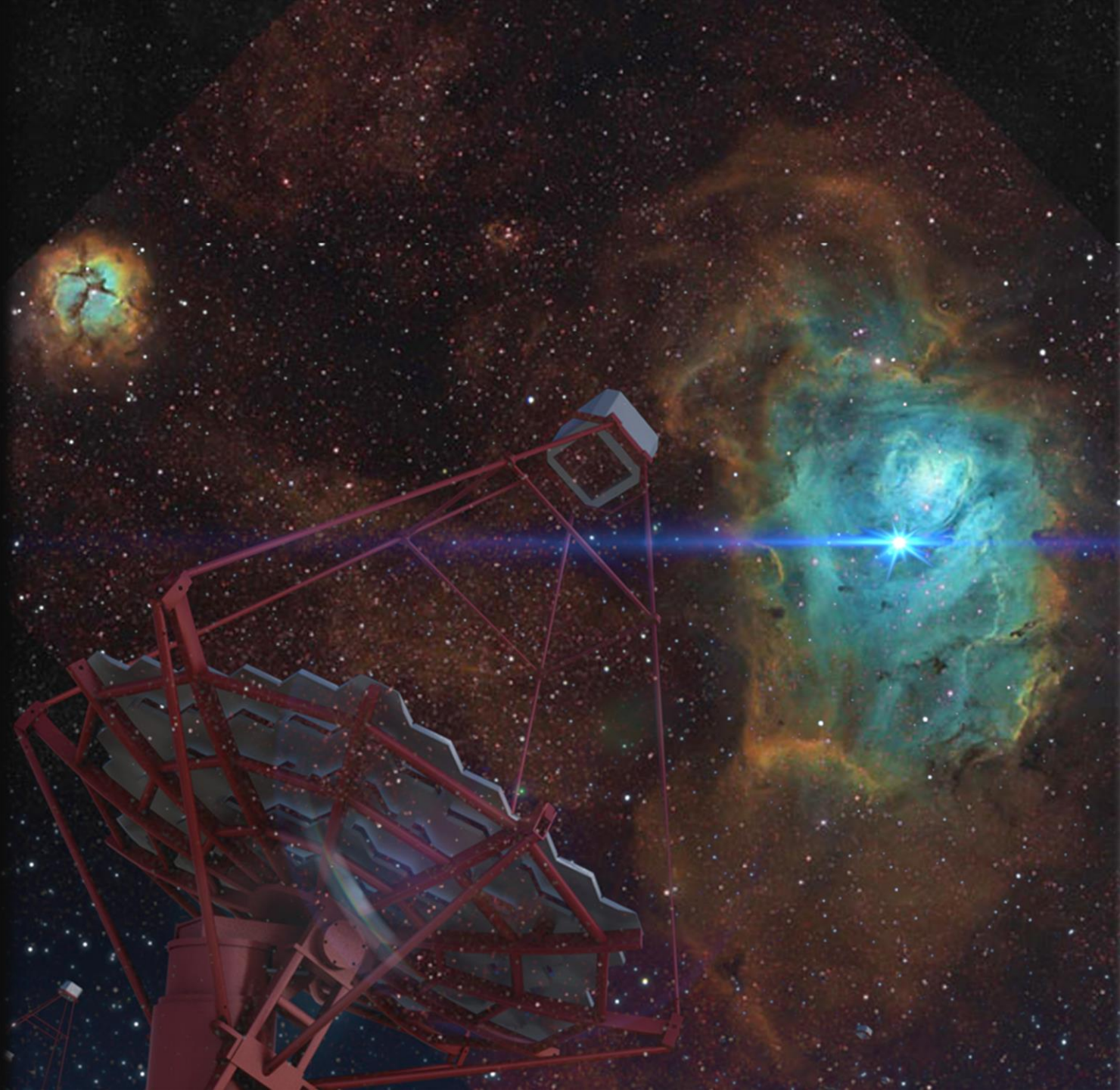


Se calcula que con CTA podrán llegar a descubrirse en torno a 1000 nuevas fuentes, con una precisión sin precedentes!



# *El futuro de los rayos gamma*

Con Fermi y CTA estaremos más cerca de desvelar la naturaleza del **Universo más violento** y, quizás también, de detectar la escurridiza **materia oscura**.







GRACIAS!

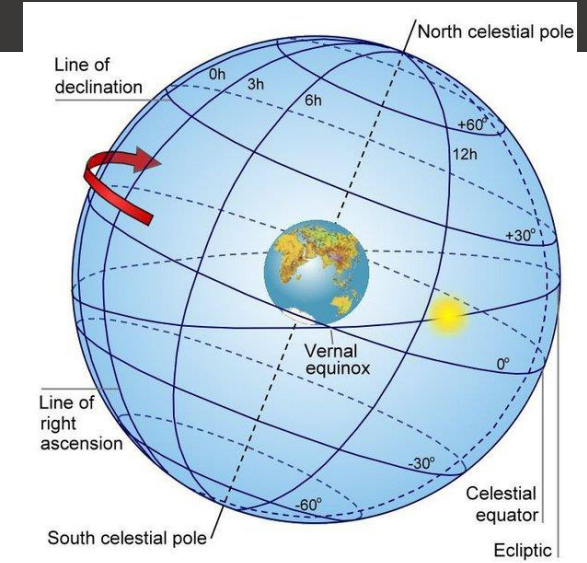
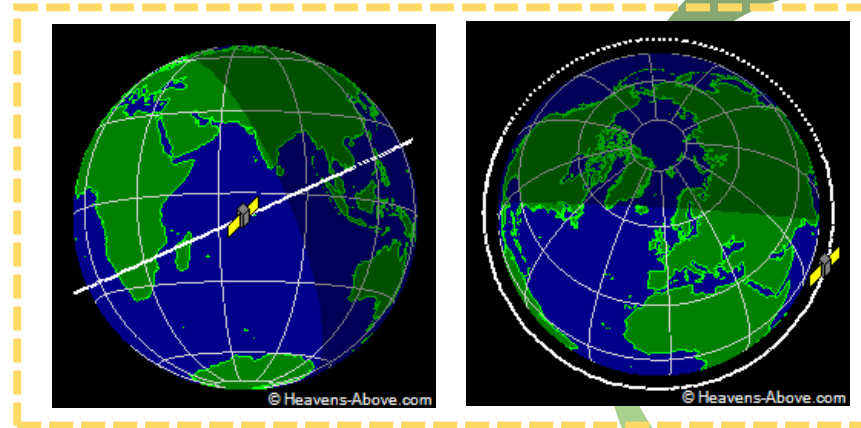
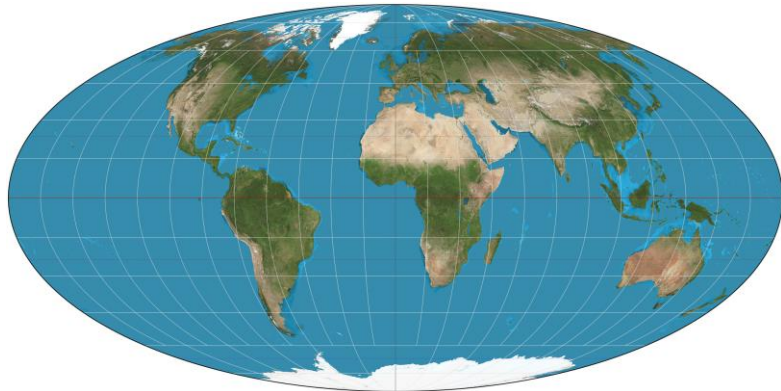
Cristina Fernández Suárez

✉ [cristina.fernandezs01@estudiante.uam.es](mailto:cristina.fernandezs01@estudiante.uam.es)

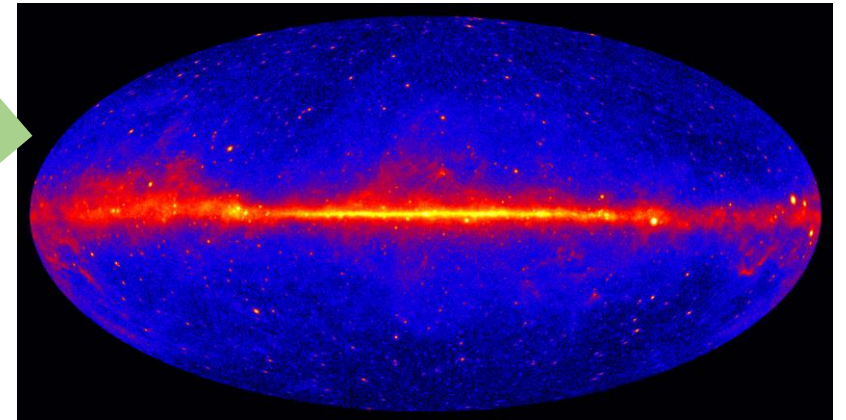


# BACKUP SLIDES

# Proyección del cielo

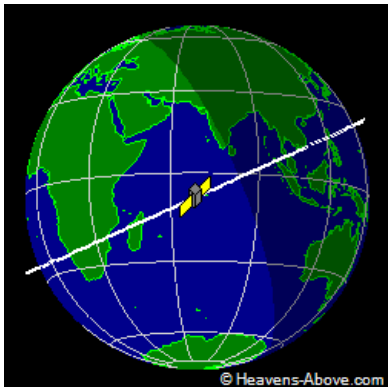


*El cielo en rayos gamma visto por Fermi*

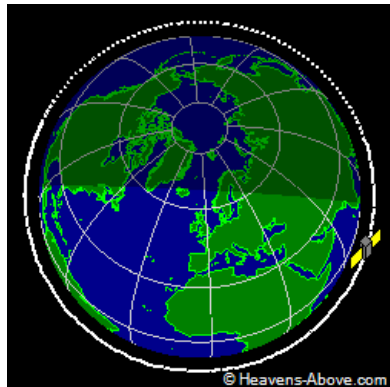


Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

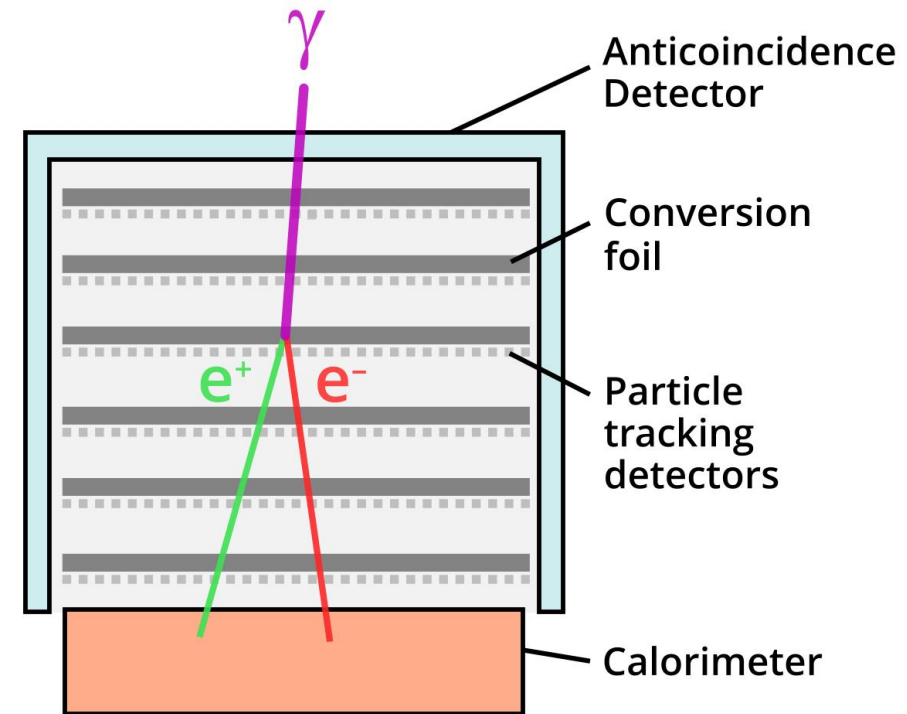
# Cómo funciona Fermi



© Heavens-Above.com

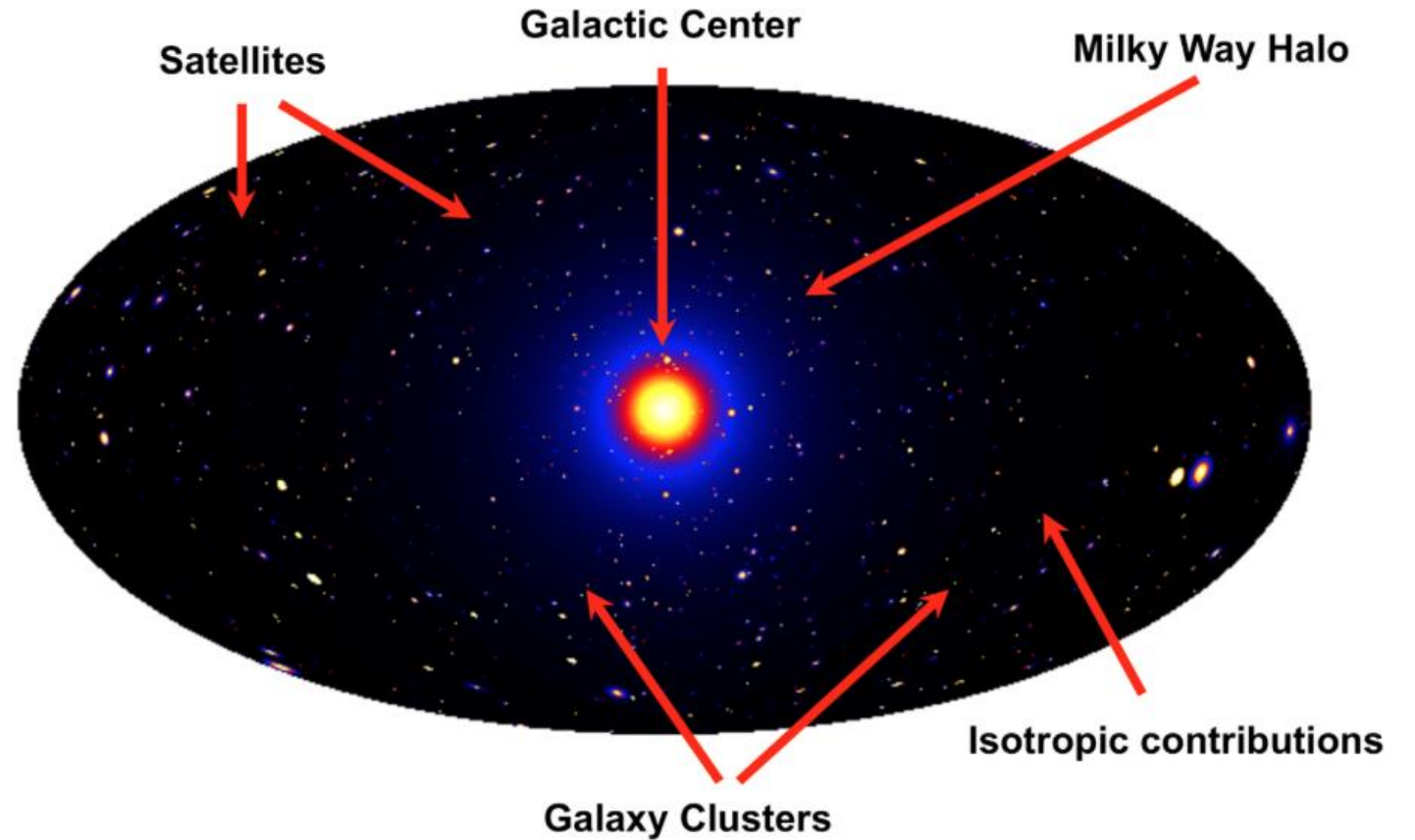


© Heavens-Above.com



Rayos Gamma: una ventana al Universo más violento (y más oscuro) - IES Barrio Loranca

***Predicción del  
cielo en rayos  
gamma por  
aniquilación de  
materia oscura***



Dark Matter simulation: Pieri+  
[2011PhRvD..83b3518P](#)

# Historia del Universo

