

# Introducción al Neutrino



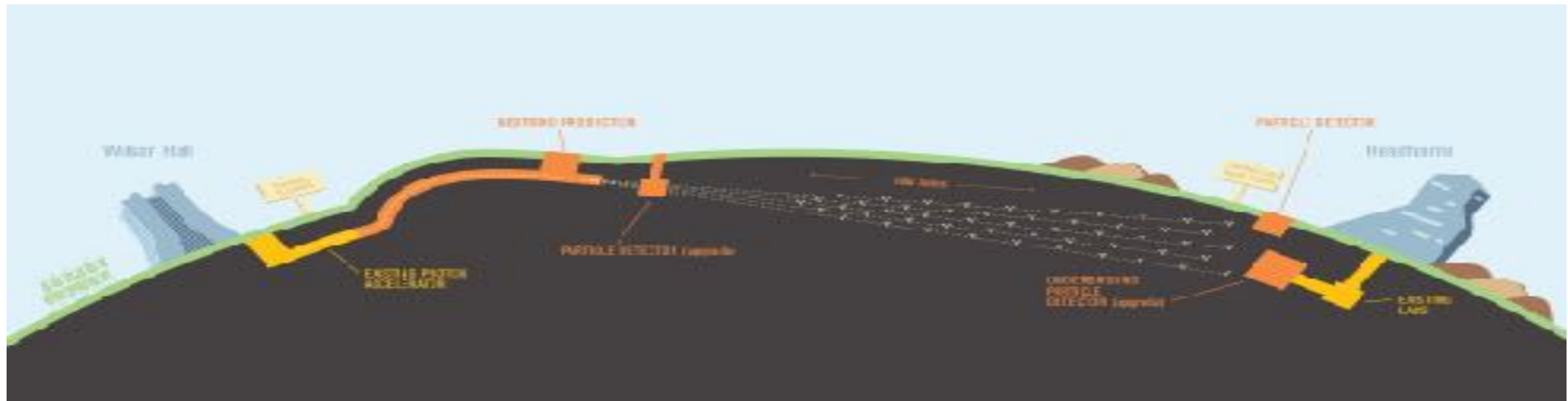
# **Clase VI: Dificultades a superar**

# ¿Qué falta por medir?

- La Jerarquía — Oscilaciones, masa y doble beta.
- Fase CP — Oscilaciones.
- Medidas precisas de los parámetros — Oscilaciones.
- ¿Dirac o Majorana? — Doble beta.
- Escala de masas — Cosmología, doble beta, tritio.
- Estériles?

# El futuro de experimentos de oscilaciones

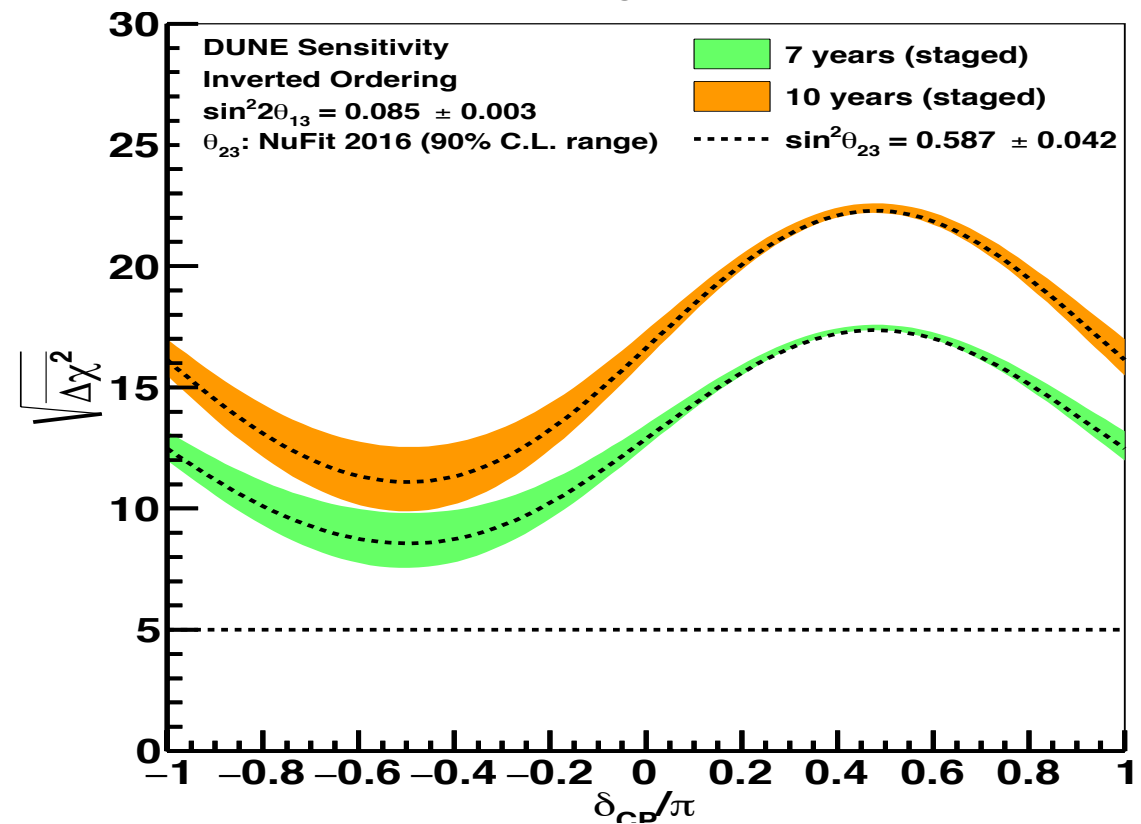
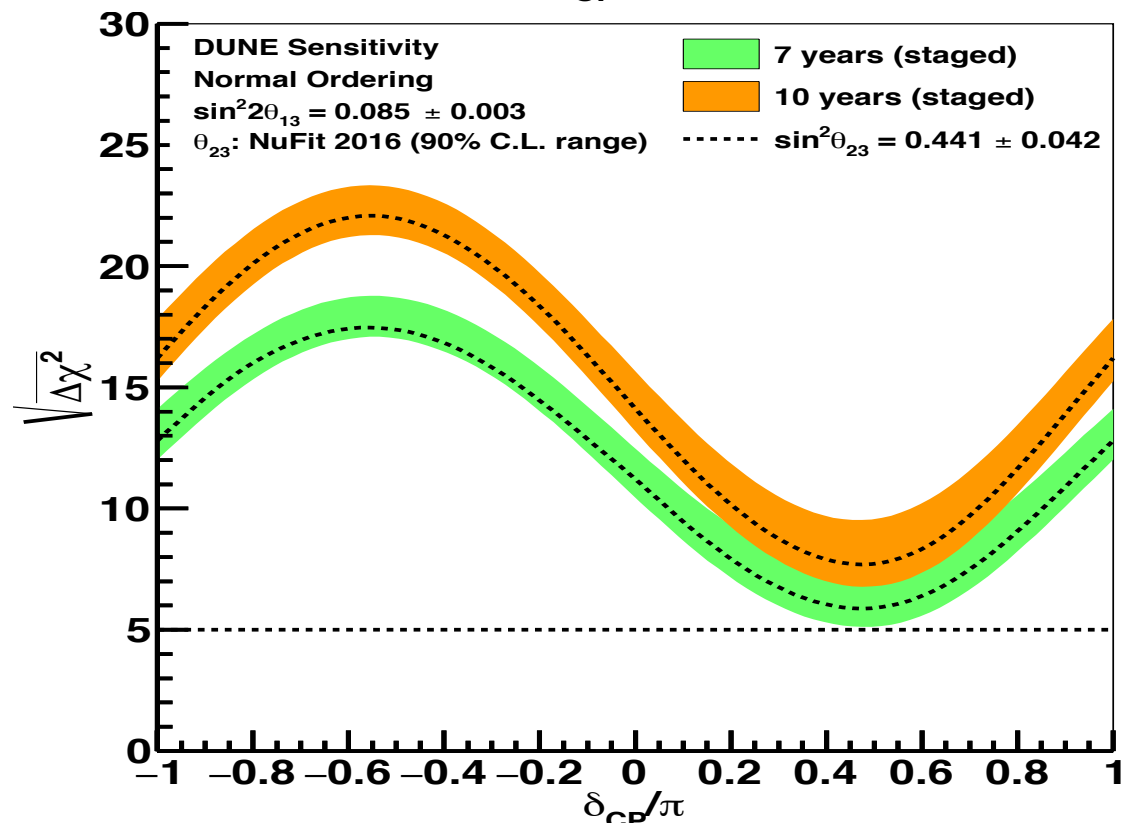
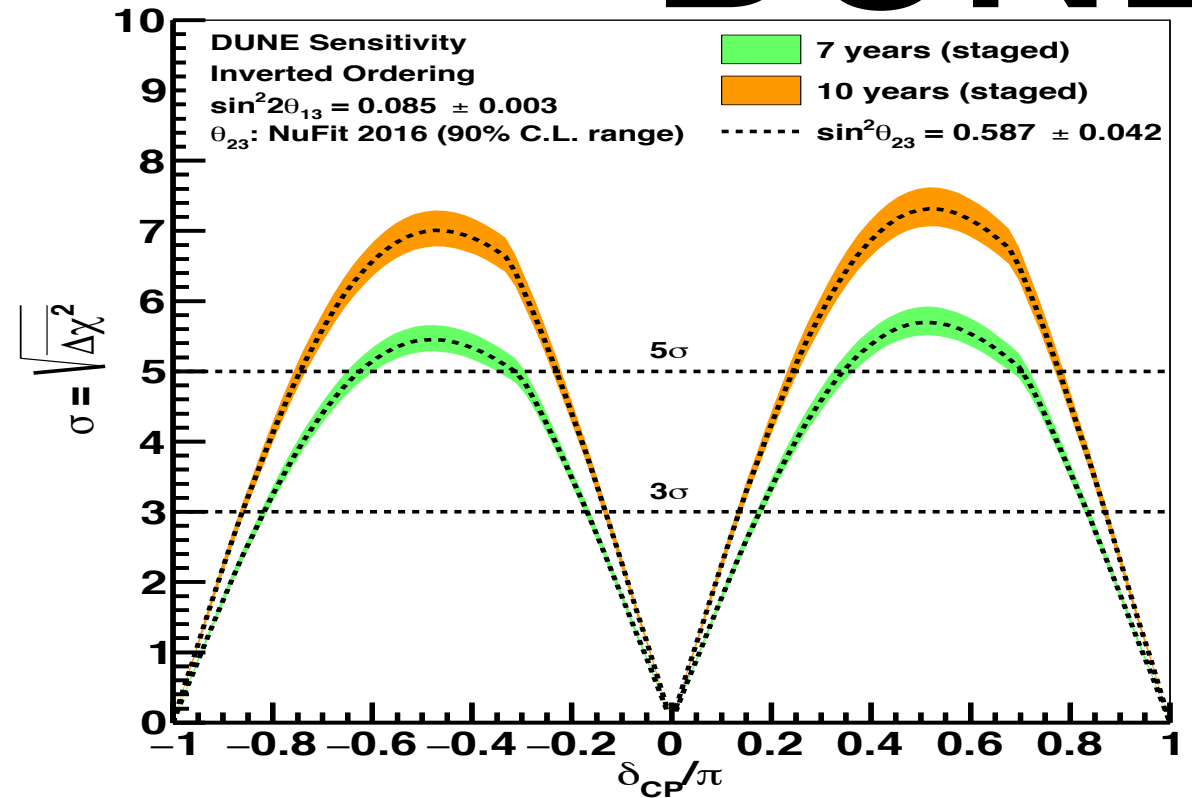
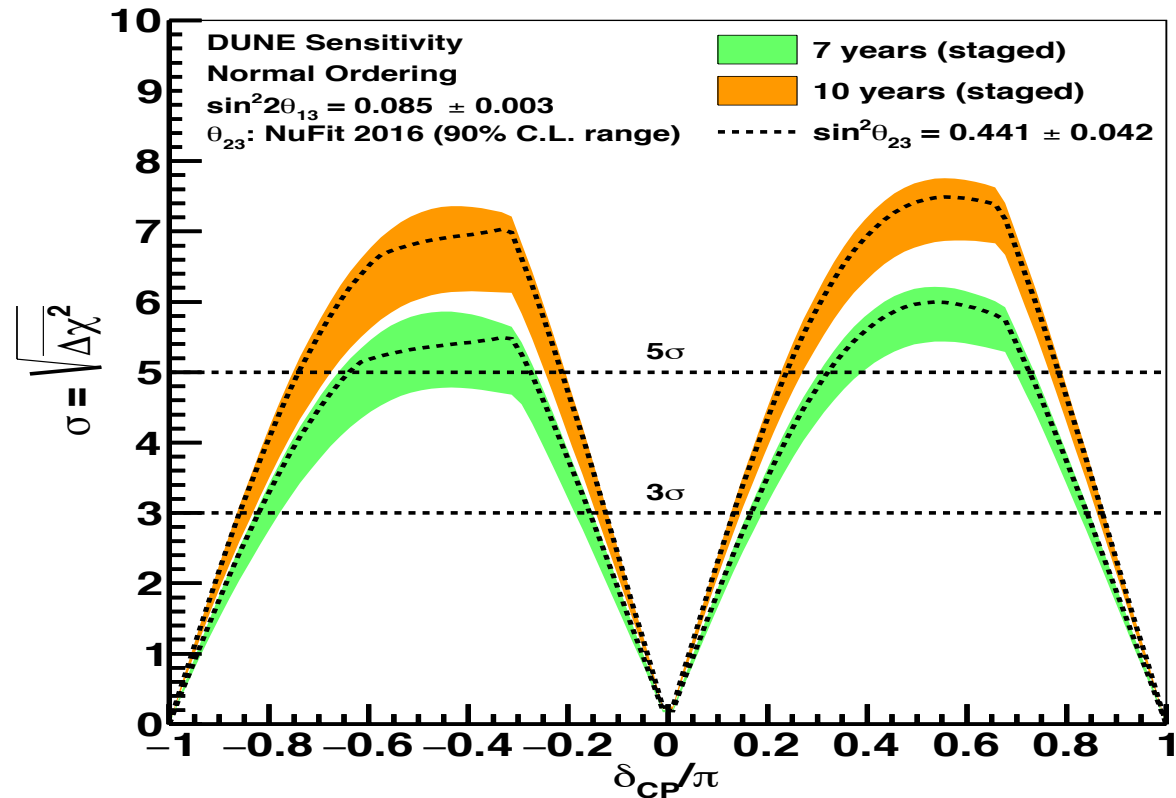
**Experimentos con fuentes atmosféricas siguen tomando datos pero para disminuir incertidumbres y ambigüedades hace falta un haz intenso y entendido.**



**Con la combinación de neutrinos y antineutrinos y, idealmente, multiples detectores es posible medir todos los parámetros restantes mejorando a la vez la precisión de medida de los parámetros conocidos**

# DUNE

## Plots DUNE collaboration



Distancia larga por la corteza de la tierra, intensidad y reconstrucción de espectro hace posible la determinación de la jerarquía pero CP es más complicado.

# La masa efectiva

$$(T_{1/2}^{0\nu})^{-1} = \boxed{G^{0\nu}(Q, Z)} \boxed{|M^{0\nu}|^2} m_{\beta\beta}^2$$

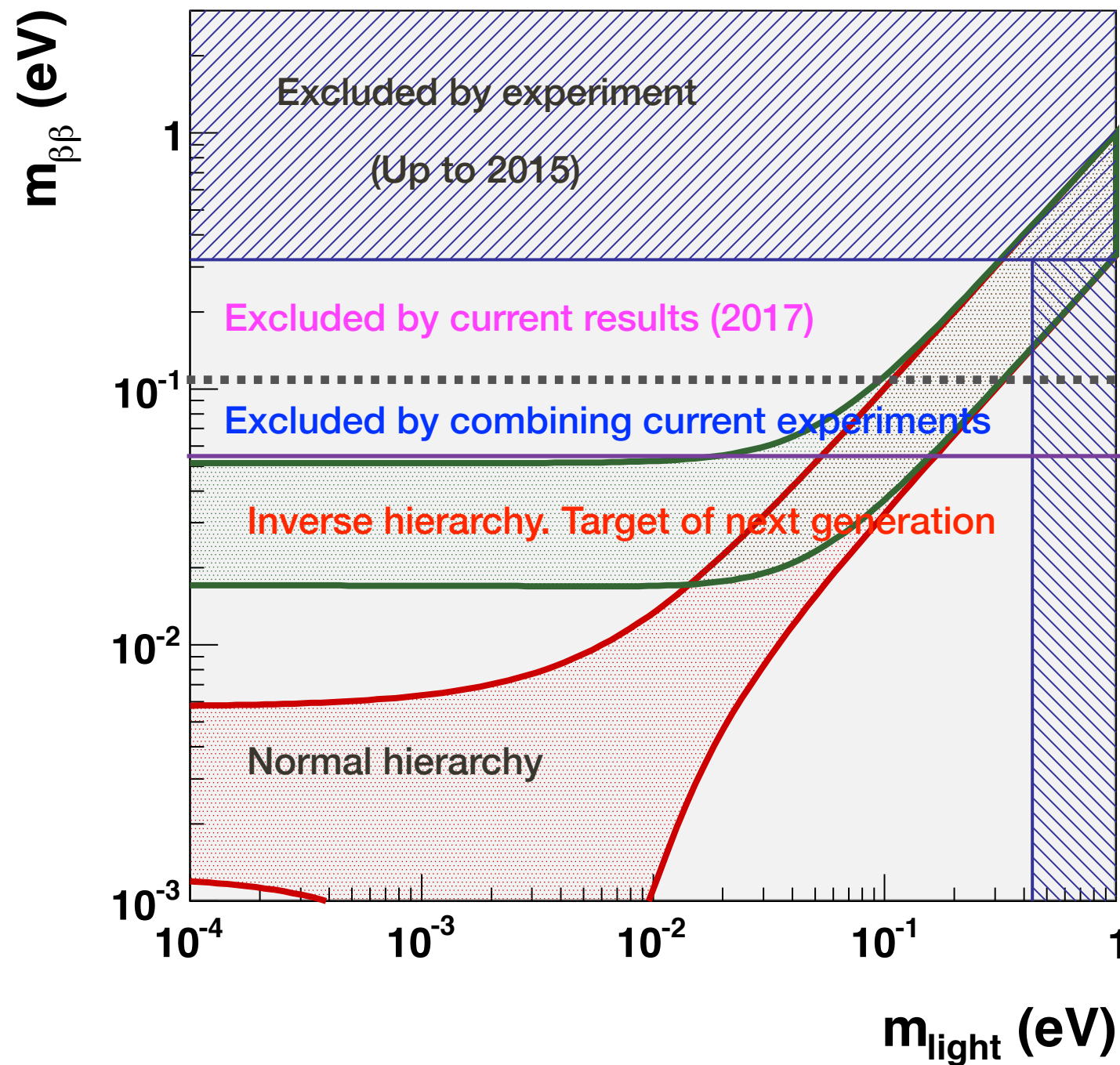
phase-space

nuclear matrix

**Errores en parámetros de la matriz PMNS  
afectan a la medida:**

$$\underbrace{\left| \sum_i \left( \tilde{U}_{\text{PMNS}}^{ei} \right)^2 m_i \right|^2}_{|m_{ee}|^2}$$

# Límites actuales



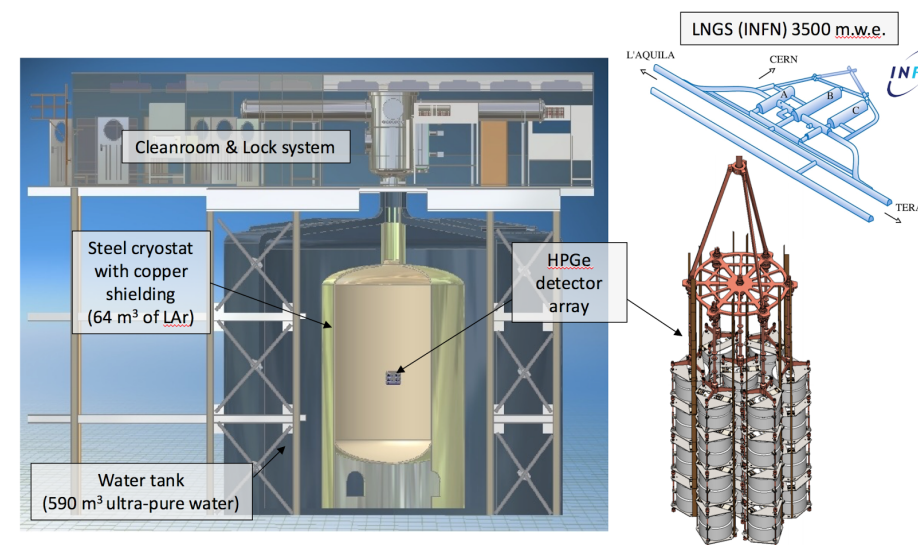
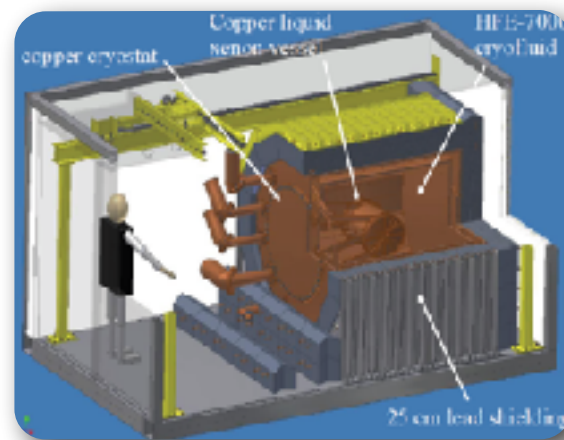
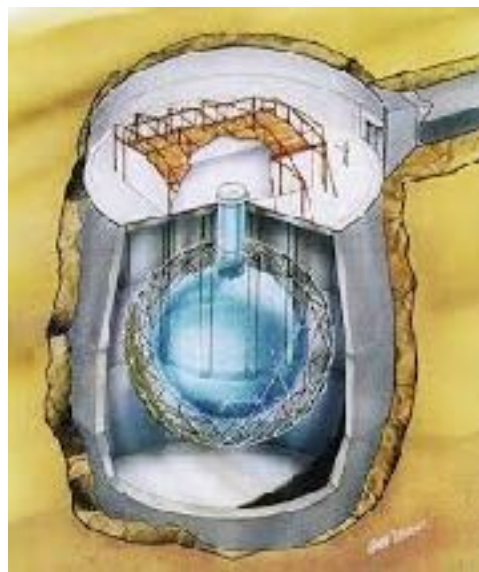
Actualmente los experimentos están excluyendo la región ‘quasi-degenerado’



# Medidas independientes

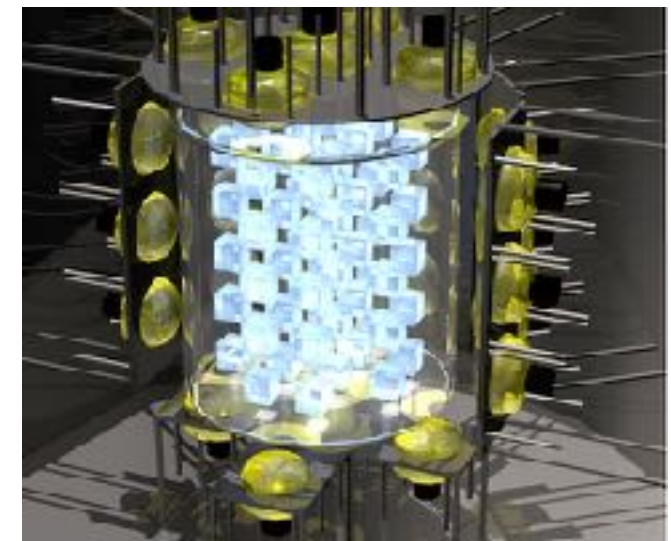
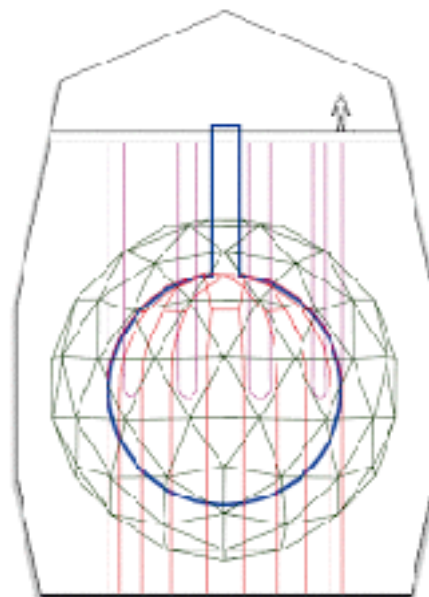
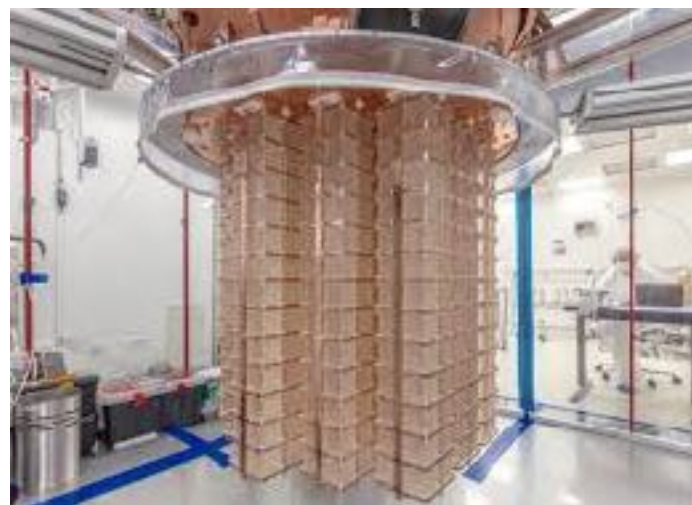
Medidas independientes son importantes en cualquier ámbito de ciencia.

En experimentos de desintegración doble beta sin neutrinos se hace aún más importante por el hecho de que medimos  $T_{1/2}$  de un isótopo y no medimos directamente el parámetro físico  $m_{\beta\beta}$



[EPJC 73 (2013) 2330]

Matteo Agostini (GSSI/LNGS)





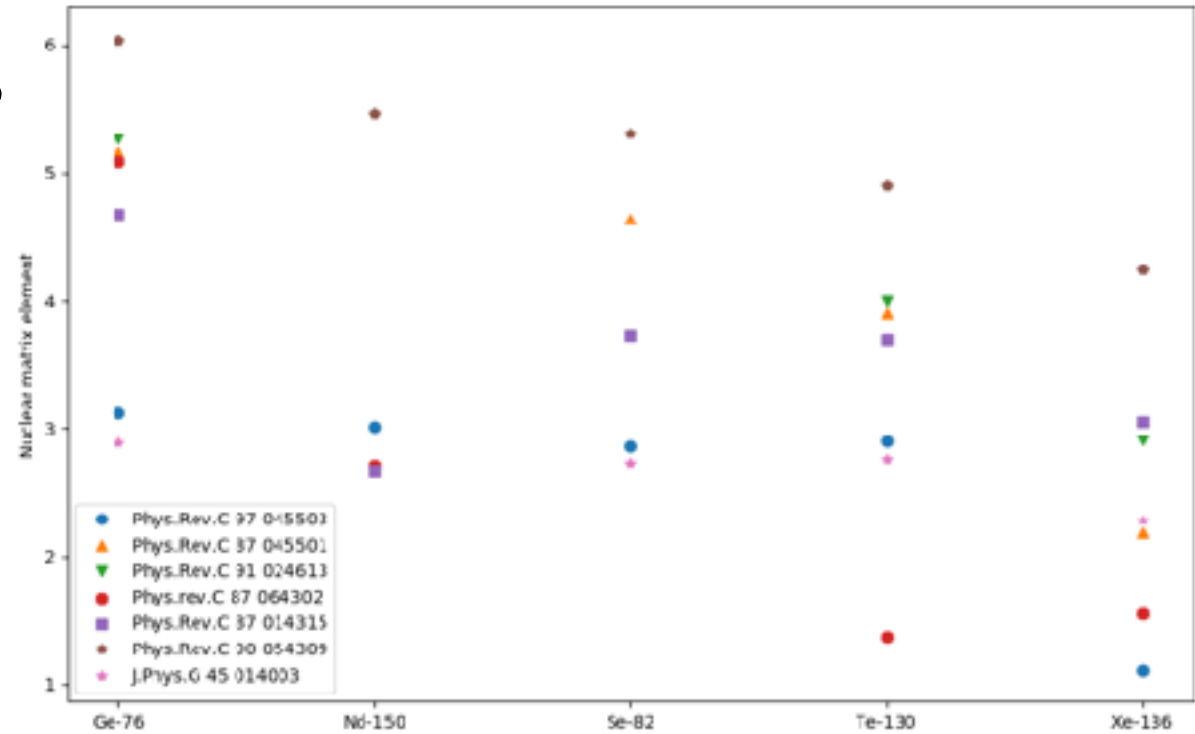
# Incertidumbres teóricos

methods		<sup>76</sup> Ge	<sup>82</sup> Se	<sup>130</sup> Te	<sup>136</sup> Xe	<sup>150</sup> Nd
LNM	this work	3.12	2.86	2.90	1.11	3.01
	QRPA-Tü [12]	5.16	4.64	3.89	2.18	—
	QRPA-Jy [13]	5.26	3.73	4.00	2.91	—
	QRPA-NC [14]	5.09	—	1.37	1.55	2.71
	IBM-2 [6]	4.68	3.73	3.70	3.05	2.67
	CDFT [7]	6.04	5.30	4.89	4.24	5.46
	ISM [36]	2.89	2.73	2.76	2.28	—
HNM	this work	187.3	175.9	191.4	66.9	206.1
	QRPA-Tü [37]	287.0	262.0	264.0	152.0	—
	QRPA-Jy [13]	401.3	287.1	338.3	186.3	—
	IBM-2 [6]	104	82.9	91.8	72.6	116
	CDFT [7]	209.1	189.3	193.8	166.3	218.2
	ISM [36]	130	121	146	116	—

Además de los errores de cálculo de los elementos de matriz nuclear hay desacuerdo entre los modelos

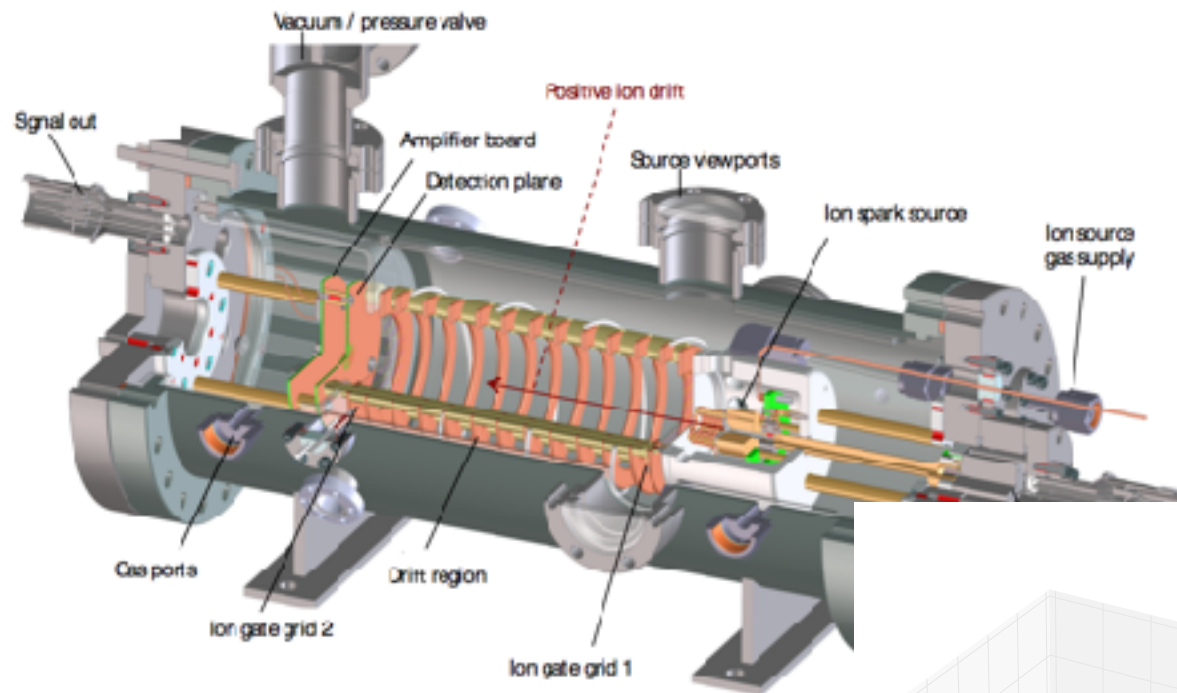
Tabla de Phys.Rev.C 97 (2018) 045503

Mejoras en los métodos necesarios para poder interpretar los resultados de distintos experimentos



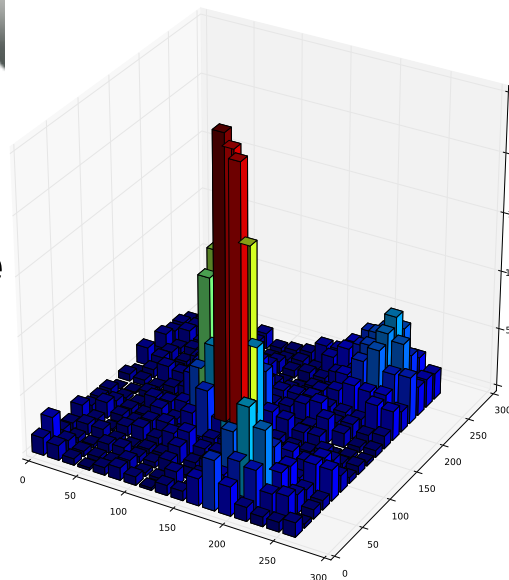
**Charla H. Monge**

# Identificación de isótopos

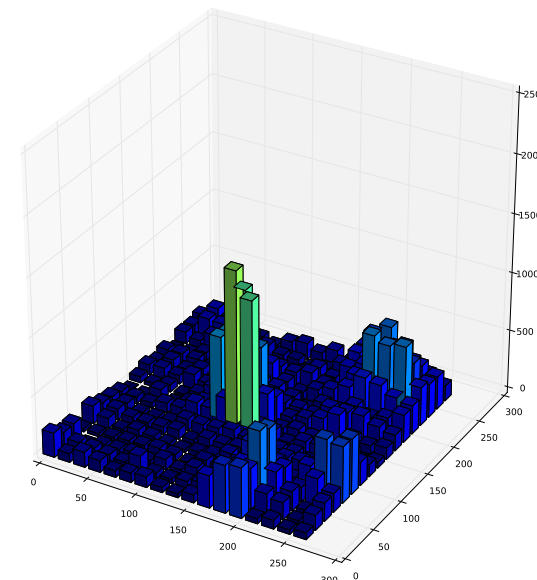


**Highly nontrivial but, in principle, kills backgrounds from radioactivity in the materials**

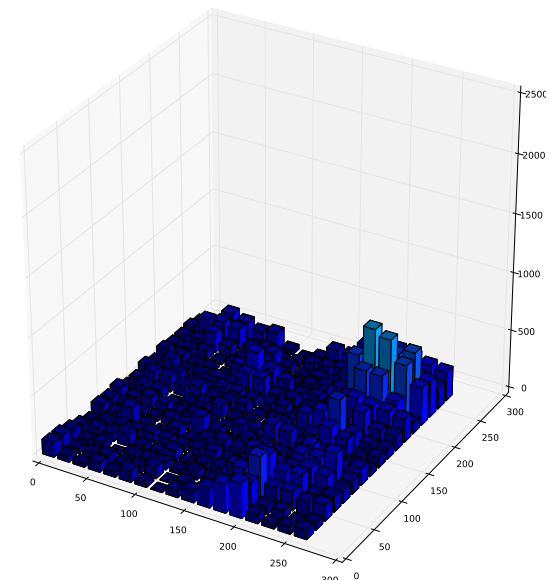
**Success using single molecule fluorescence imaging (SMFI).  
Need to demonstrate in situ in  
NEXT-like detector**



**2 Ba<sup>++</sup> ions**



**1 Ba<sup>++</sup> ion**



**Background**

# ¡Muchas gracias!

Todos los materiales en:  
<https://github.com/andLaing/cursoNeutrino>