



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana



PLAN COMPLEMENTARIO



ASTROFÍSICA Y FÍSICA
DE ALTAS ENERGÍAS



Línea 3

Experimentos de Ondas Gravitacionales y Astronomía de Multi-Mensajeros

José A. Font (Universitat de València)
Paterna, 02 de diciembre de 2025



UNIVERSITAT
ID VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

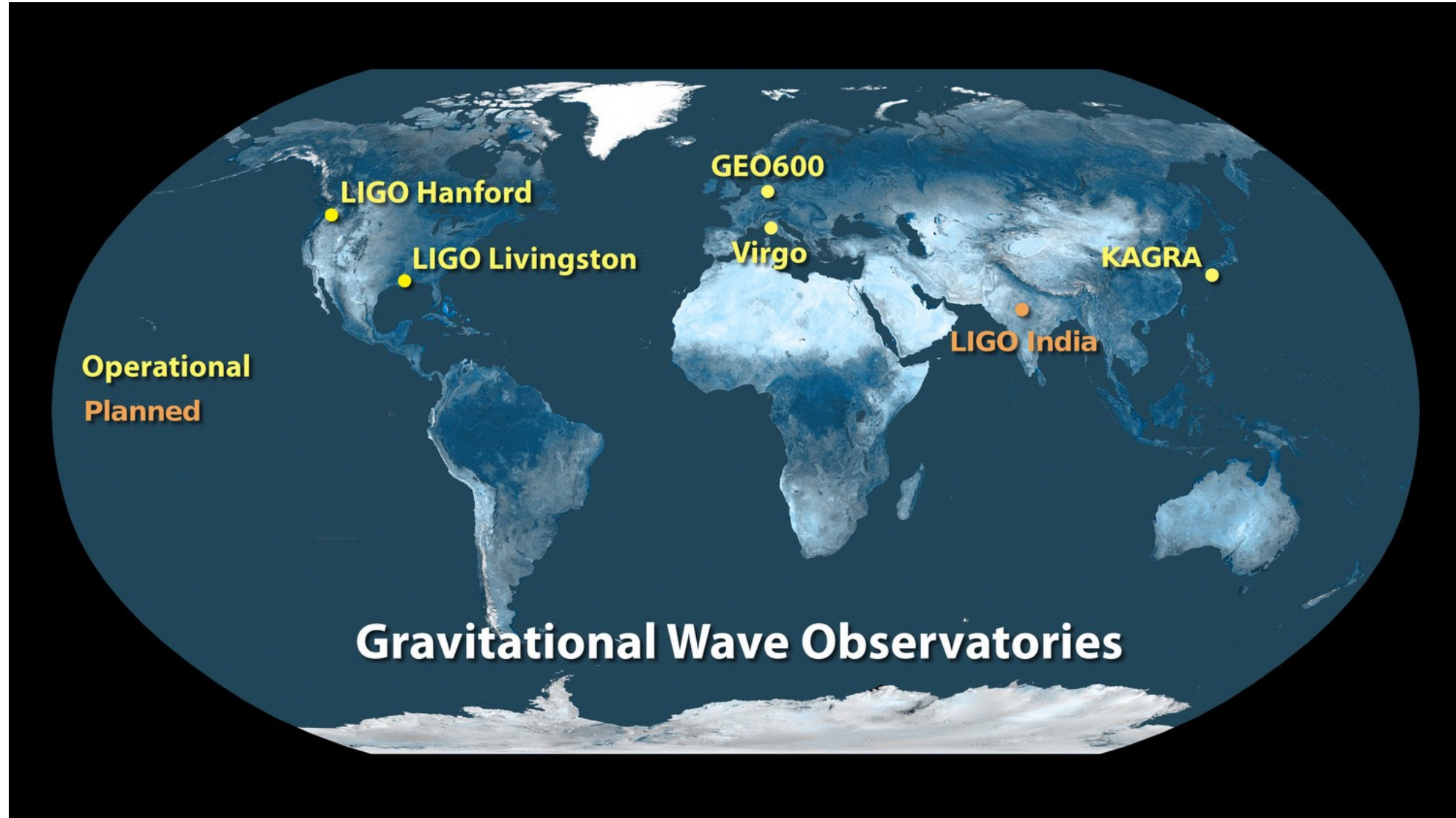


Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

A global Gravitational-Wave detector network



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



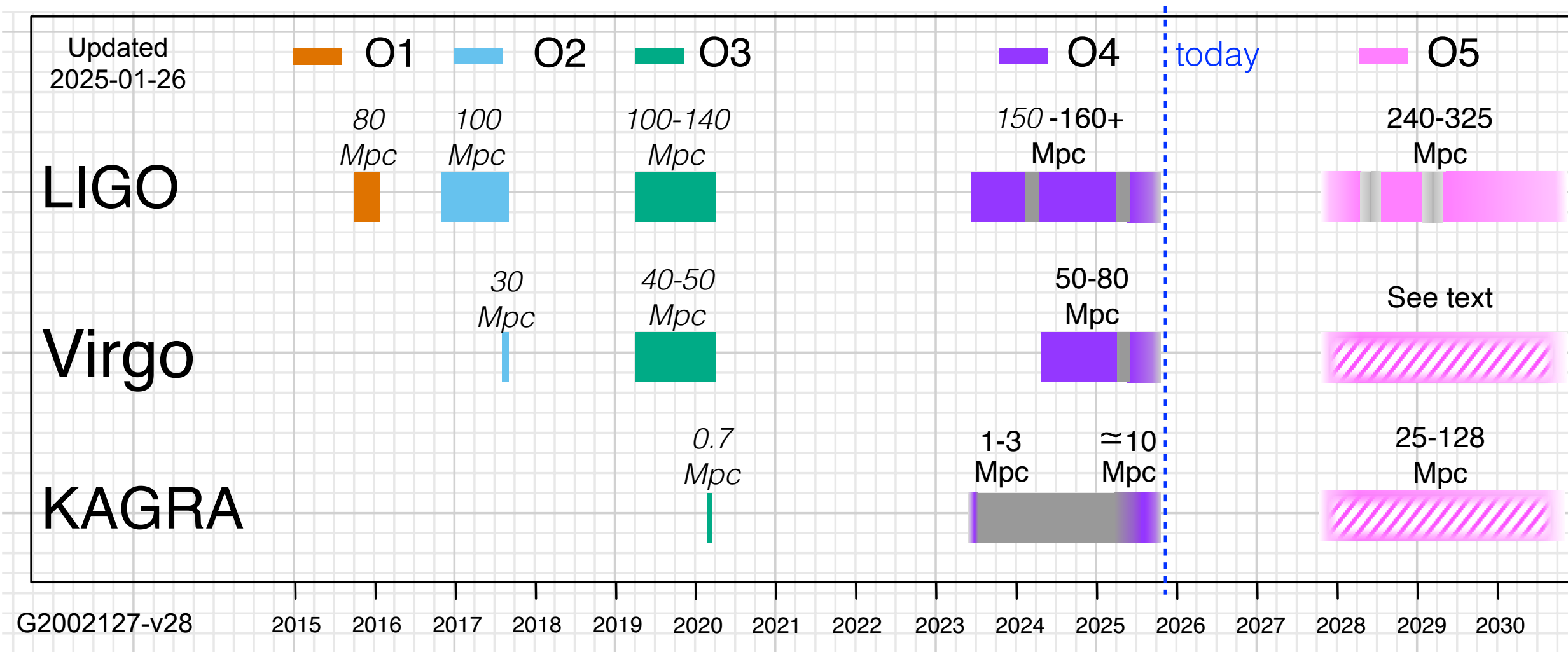
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

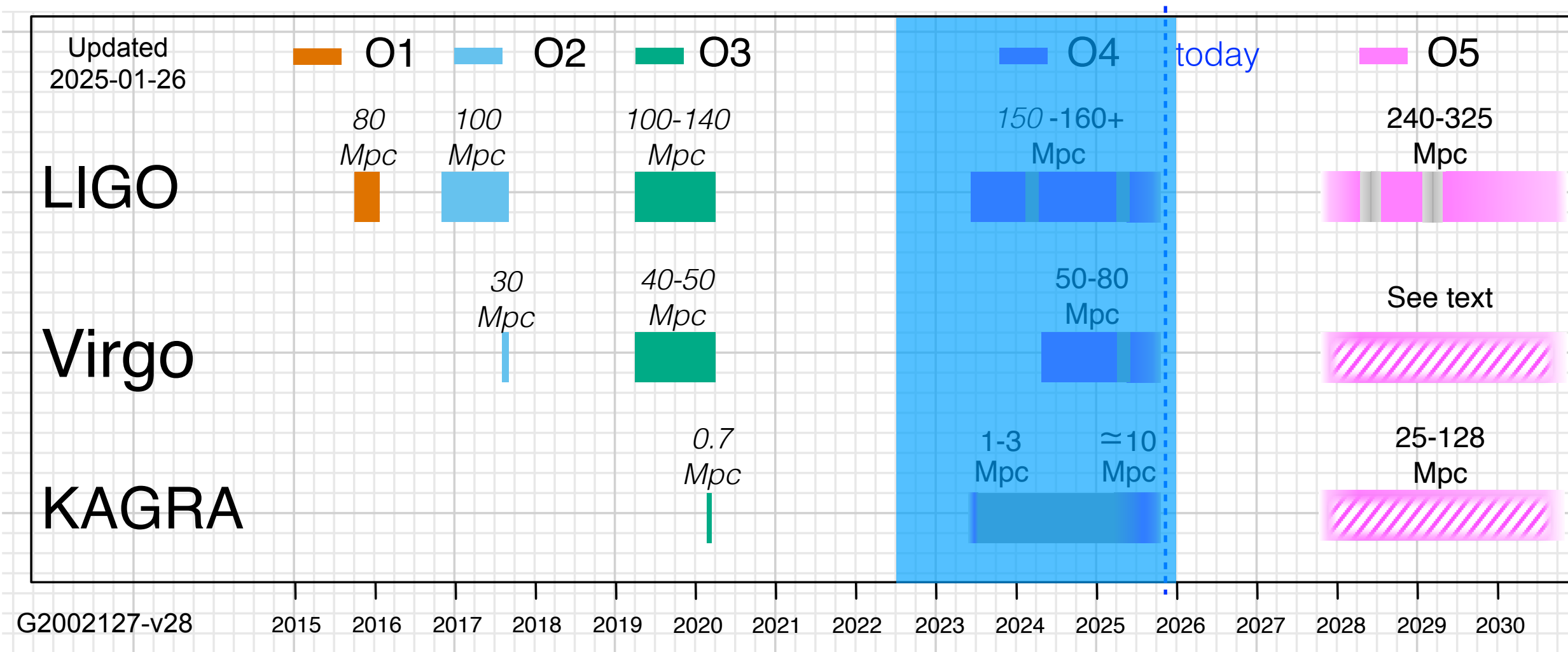
GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

Observing Runs [\[observing.docs.ligo.org/plan\]](https://observing.docs.ligo.org/plan)



All data (O1-O4a) and GW alerts are **public**: [\[www.gw-openscience.org\]](https://www.gw-openscience.org) [\[gracedb.ligo.org\]](https://gracedb.ligo.org)

Observing Runs [\[observing.docs.ligo.org/plan\]](https://observing.docs.ligo.org/plan)



Perfect overlap with data exploitation of O3 & O4 LVK runs PP.CC. ASFAE timeline [Jun 30, 2022 - Dec 31, 2025]

LÍNEA 3. EXPERIMENTOS DE ONDAS GRAVITACIONALES Y ASTRONOMÍA DE MULTI-MENSAJEROS

- **Actuación 3.1.** Participación en el comisionado y observaciones de LIGO-Virgo-KAGRA, así como la caracterización, análisis y explotación científica de los datos de la red de detectores.
- **Actuación 3.2.** Adquisición de equipamiento para Advanced Virgo.
- **Actuación 3.3** Desarrollo de técnicas avanzadas de computación para simulación numérica y minado de datos.
- **Actuación 3.4.** Combinación de datos de experimentos de ondas gravitacionales con los de telescopios en diferentes frecuencias del espectro electromagnético y telescopios de neutrinos (astrofísica de multi-mensajeros).
- **Actuación 3.5.** Diseño y explotación de datos de observatorios de tercera generación como el Einstein Telescope.



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

R Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

Actuación 3.1.

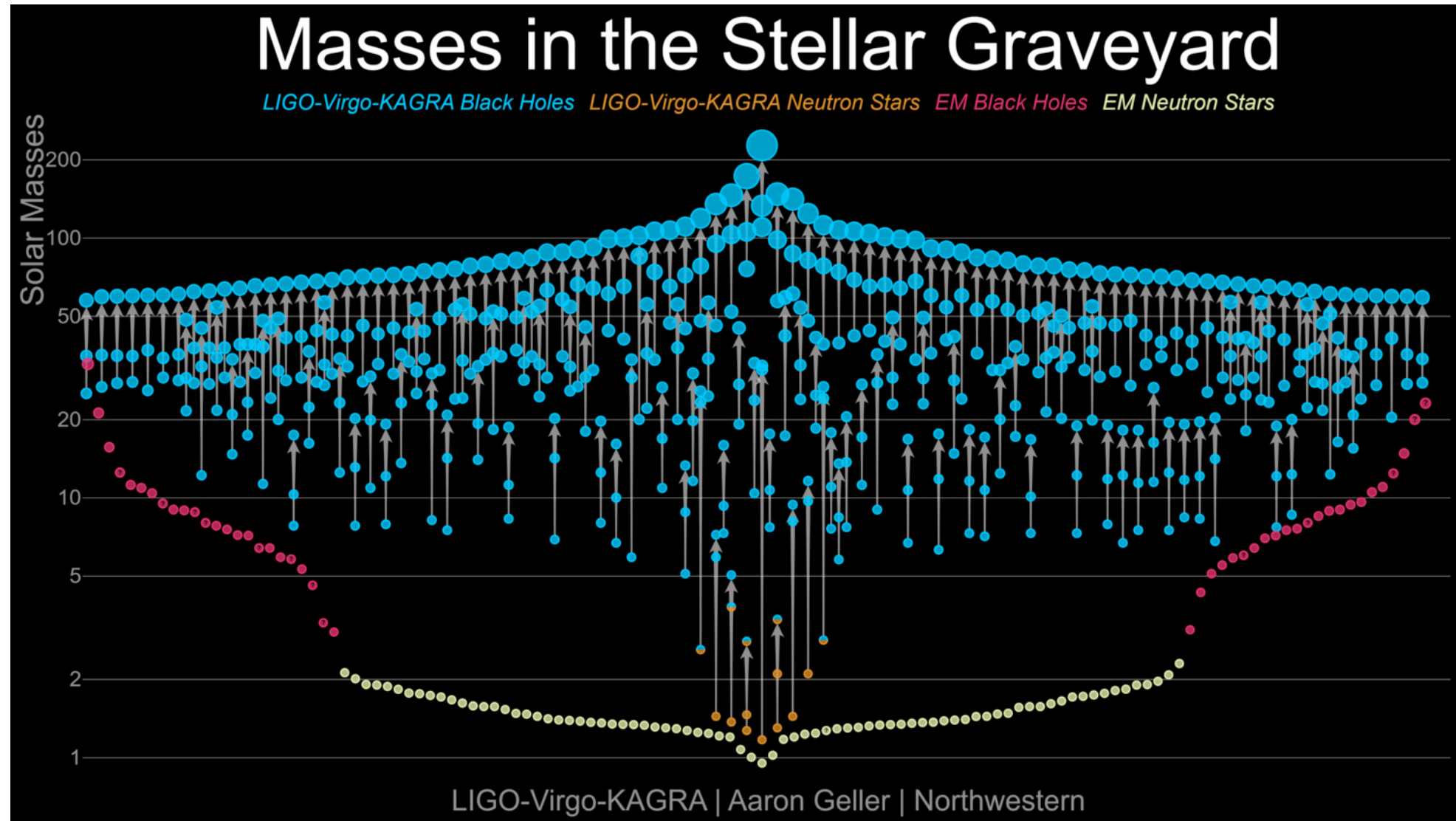
Participación en el comisionado y observaciones de LIGO-Virgo-KAGRA, así como la caracterización, análisis y explotación científica de los datos de la red de detectores.

ASFAE/2022/003 (PI: Font)

50+ LVK publications since mid 2022

From the 1st detection (GW150914) to GWTC-4.0 (Aug 2025)

[218 events]



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



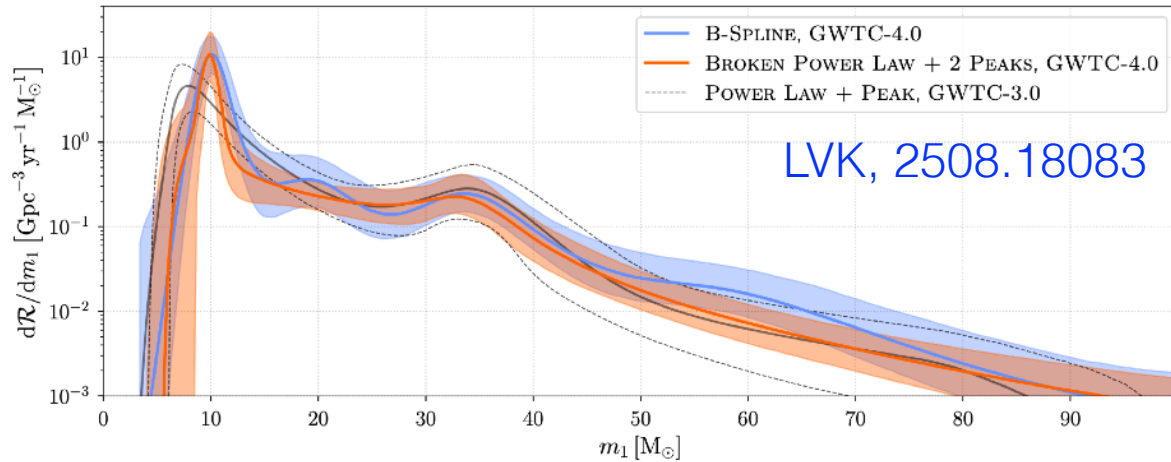
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



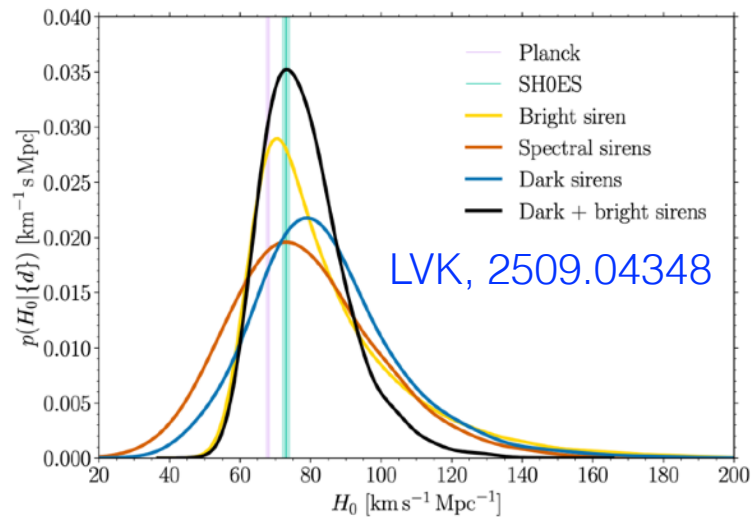
GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

GWTC-2 to GWTC-4: updates on event rates, populations, and BH mass distribution

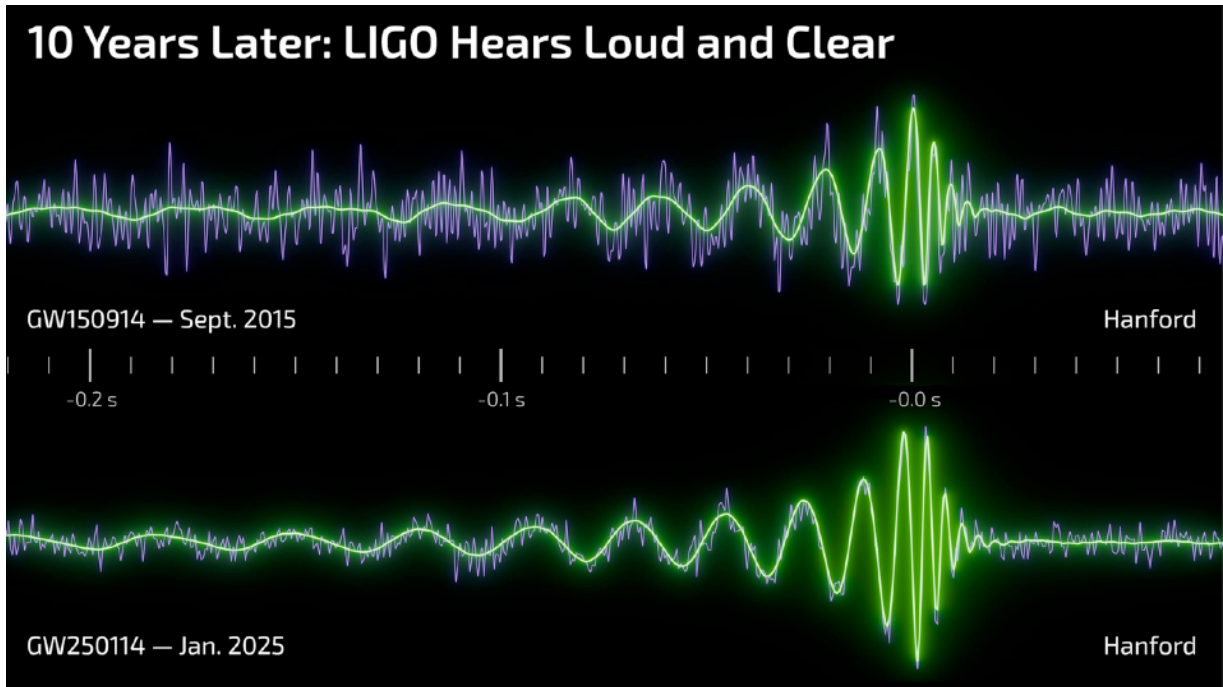


GWTC-3 to GWTC-4: improved bounds on Hubble constant by ~50%



Highlights:

GW231123 (heaviest BBH; LVK, [2507.08219](#))
GW230529 (lightest BH-NS; LVK, [2404.04248](#))
GW250114 (loudest signal, SNR~80, LVK, [2509.08054](#); Einstein and Hawking both right!)



The Valencia Virgo Group

www.uv.es/virgogroup
17 members (incl. 7 PhD candidates)



T. Fernandes



G. Fernández



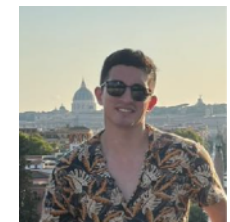
I. Rainho



N. Villanueva



A. Onofre



C. Lazarte



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu



VVG involvement in LVK physics program

- **Analysis / Review teams of O4 LVK papers**

- *Search for GWs emitted from SN2023ixf.* (P. Cerdá-Durán, M. Obergaulinger). LVK, 2025 *ApJ* **985** 183.
- *Open Data from LIGO, Virgo, and KAGRA through the First Part of the Fourth Observing Run.* (A. Torres-Forné). LVK, 2025. [arXiv:2508.18079](https://arxiv.org/abs/2508.18079)
- *Directed searches for gravitational waves from ultralight vector boson clouds around merger remnant and galactic black holes during the first part of the fourth LIGO-Virgo-KAGRA observing run.* (N. Sanchis-Gual). LVK, 2025. [arxiv:2509.07352](https://arxiv.org/abs/2509.07352)

- **Leadership**

- **J.A. Font:** current chair of Virgo Editorial Board. Serving in editorial tasks of LVK publications, in collaboration with counterparts at LSC (B. Owen, A. Zimmerman) and KAGRA (H. Takahashi).
- **I. Cordero-Carrión:** former Virgo outreach chair. Current Ombdusperson.

- **RRT shifts**

- VVG among the Virgo groups **most involved in RRT shifts**. PhD candidate **D. Guerra** among the **top three Virgo shifters**.

Actuación 3.2.

Adquisición de equipamiento para Advanced Virgo.

ASFAE/2022/003 (PI: Font)



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

New ultra-high vacuum ion pumps for Virgo arms

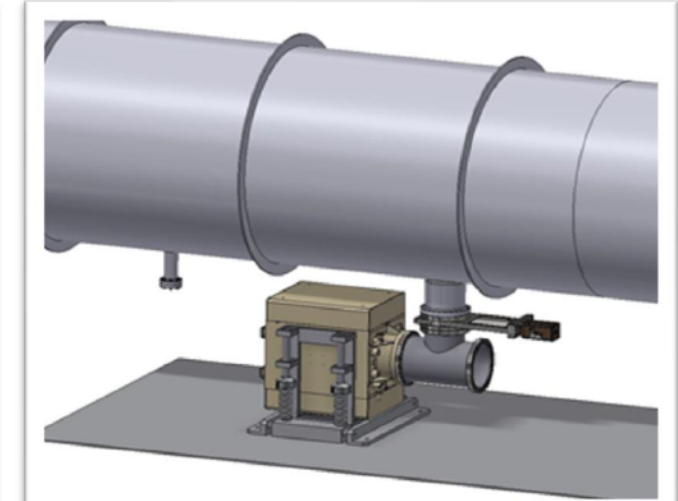
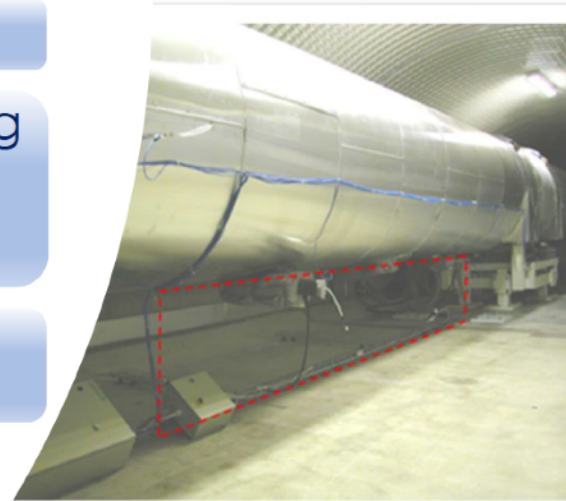


AdV+ UHV target 2.5×10^{-9} mbar

Current value 5×10^{-9} mbar

At 900, 1500, 2100 and 2700 m along each arm in existing (inoperative) pumping ports

Increased pumping speed will reduce thermal noise



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

Installation

March - June 2026

Cecilia Zaza was hired and trained in the vacuum subsystem. Currently hired by EGO group will participate in the installation of the pumping stations



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

R Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

Actuación 3.3.

Desarrollo de técnicas avanzadas de computación para simulación numérica y minado de datos.

ASFAE/2022/009 (PIs: Rodrigo, González) [also LiA 6 & 8]

ASFAE/2022/020 (PIs: Ramos, Mena) [also LiA 4, 6 & 8]

ASFAE/2022/026 (PIs: Aloy, Pons)

50+ publications (with ASFAE codes in acknowledgments) counting all three projects



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu



ASFAE/2022/026: Computational Astrophysics in the Multimessenger Era.

Investigadores principales: Miguel Ángel Aloy Torás
José A. Pons Botella



Entidades participantes: Universitat de València y Universidad de Alicante

Equipo de investigación:

M. Obergaulinger



J.A. Miralles



P. Pnigouras



M. Gabler



Equipo de trabajo:

Moritz Reichert (postdoc, 2021-2024)

Gerard Navó Pérez (postdoc, 2024-)

Beatrice Guidici (PhD/postdoc, 2020-2025)

Adam Griffiths (PhD, 2021-)

Marco Cusinato (PhD, 2021-)

Natia Porchkhidze (PhD, 2022-2023)

Giorgio La Malfa (PhD, 2024-)

Carlos Rábano Alcoba (PhD, 2024-)

Shifang Li (PhD, 2024-)



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



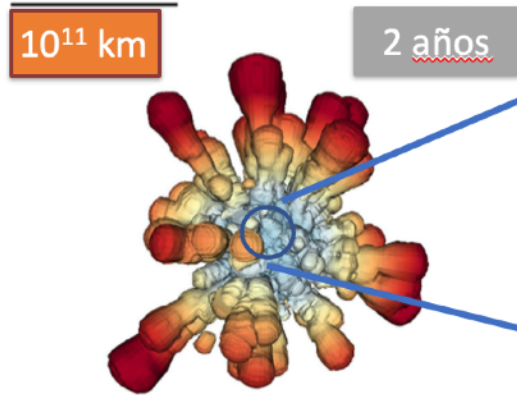
GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educación, Cultura,
Universidades y Empleo



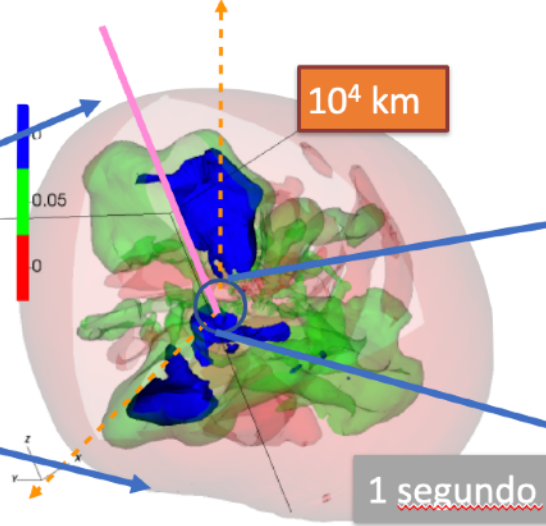
GVA NEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

ASFAE/2022/026: Computational Astrophysics in the Multimessenger Era.

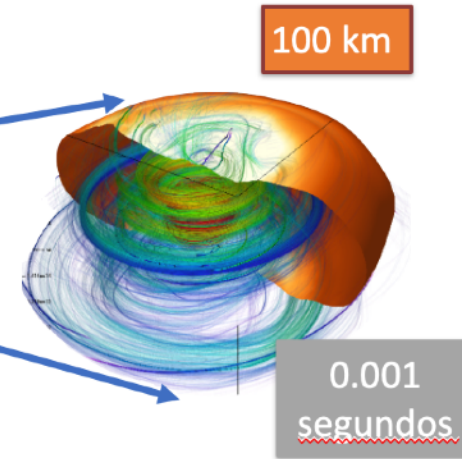
Remanentes de supernovas



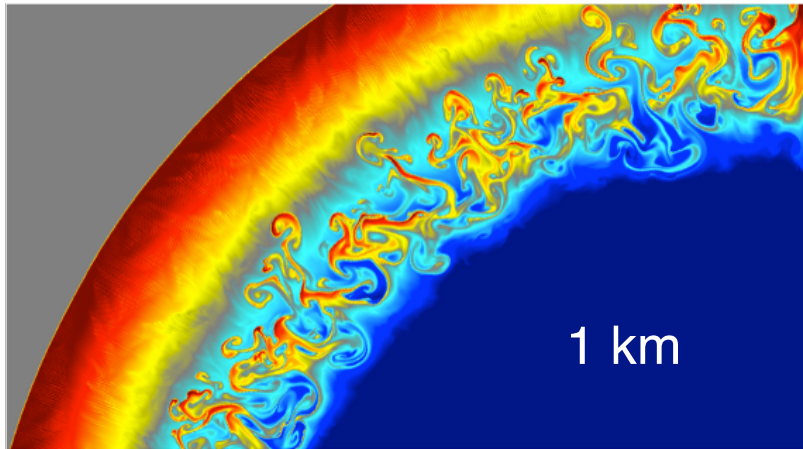
Explosiones supernova



Remanente compacto
(Protoestrella de Neutrones)



Estrellas masivas



La **turbulencia** es clave para entender todas las fases del proceso:

- Sucede en escalas mucho más pequeñas que las de la dinámica global
- Difícil de capturar con nuestros algoritmos habituales usando CPUs

Nuestra propuesta: **modelos de lo que sucede en escalas pequeñas que puedan ejecutarse con GPUs y resueltos a la vez que las escalas globales (sobre CPUs)**

Estrellas masivas

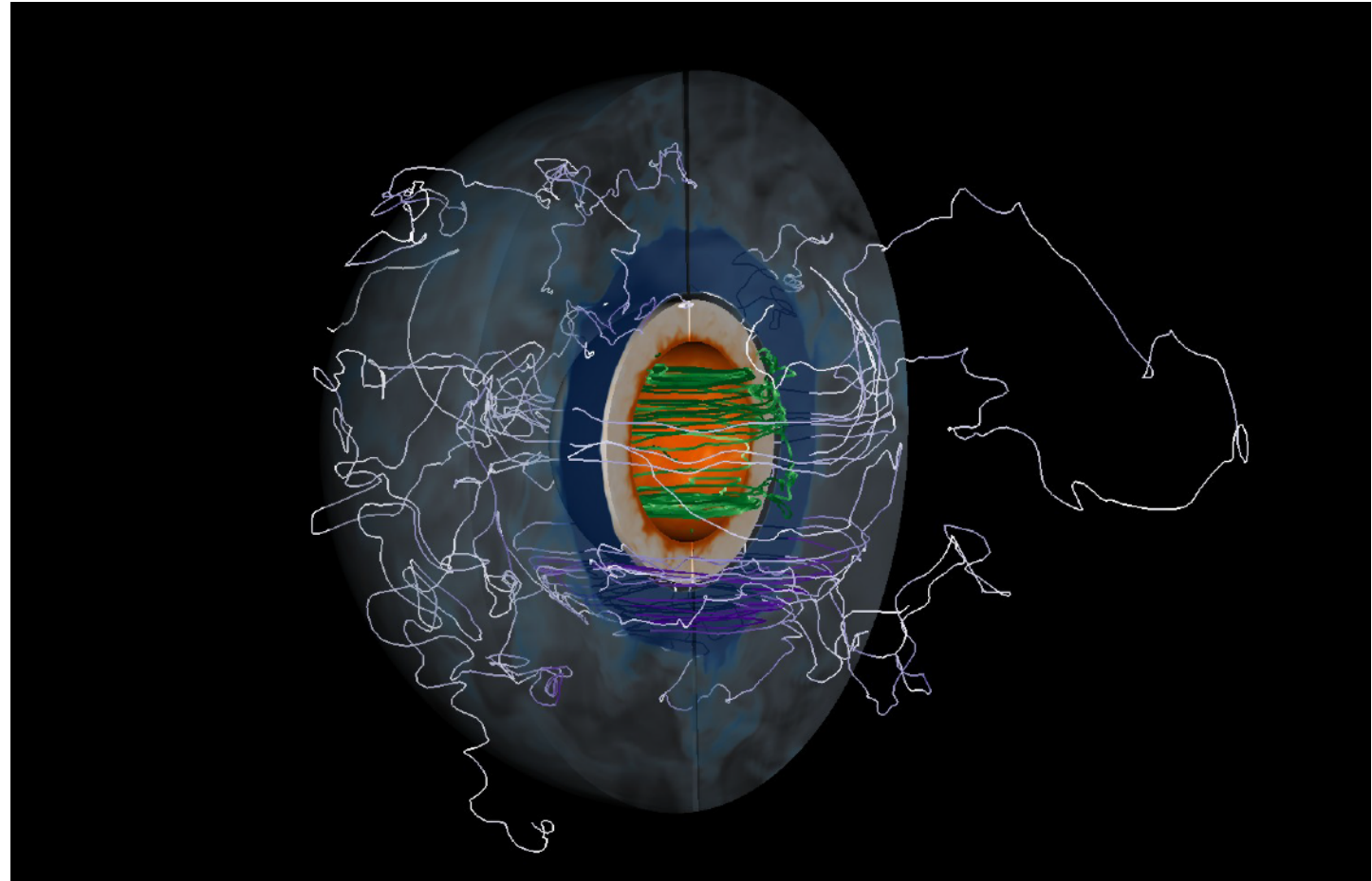
- Mejor descripción de campos magnéticos en modelos de evolución estelar 1D
- Simulaciones 3D de los últimos 5 minutos antes del colapso: diferencias importantes con predicciones de modelos 1D debido a convección y rotación

Publications:

[Griffiths et al. \(2022, 2025\)](#)

[Dumont et al. \(2025\)](#)

[A. Griffiths, tesis doctoral \(2025/26\)](#)

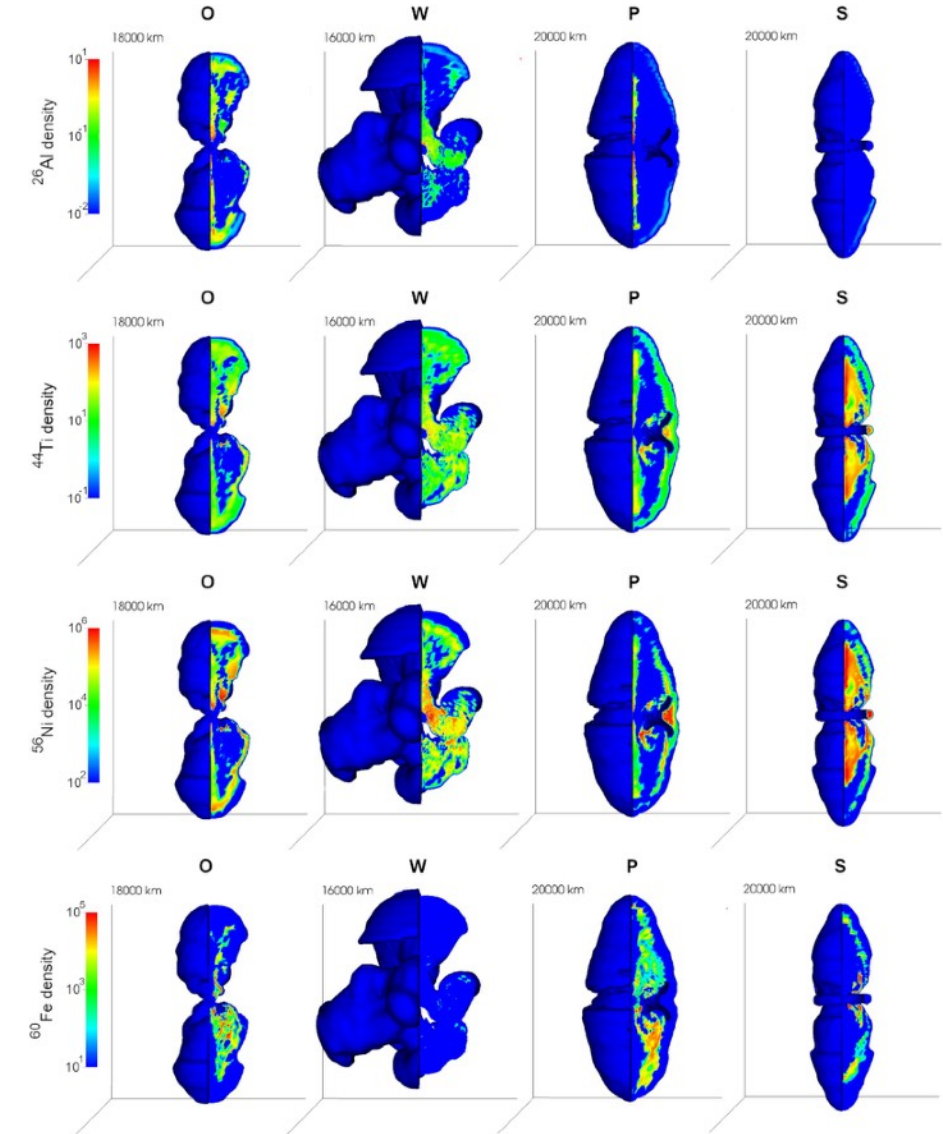
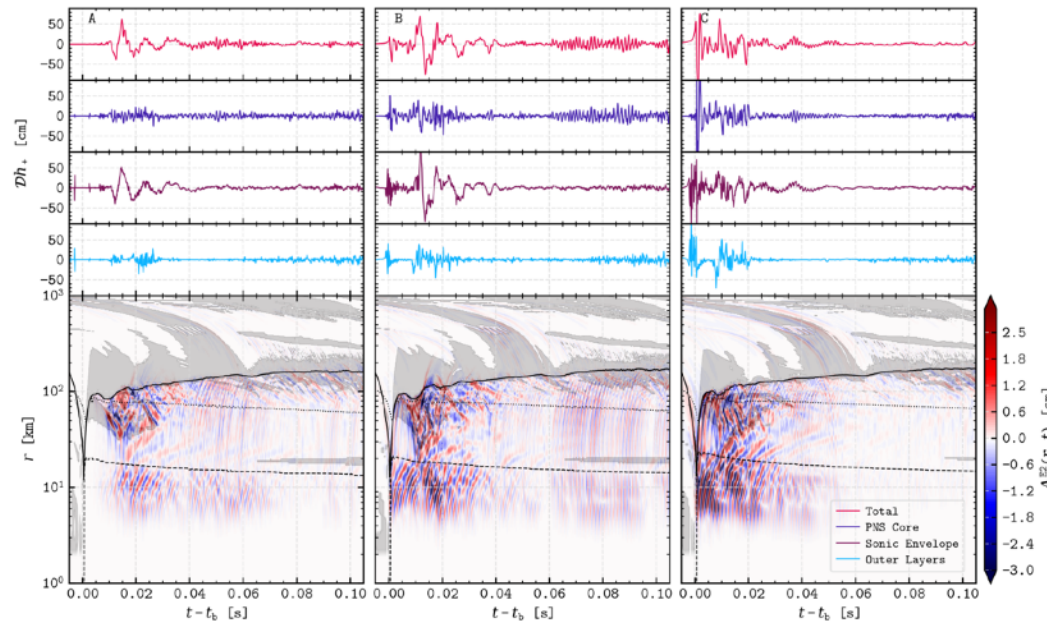


Core Collapse Supernova Explosions:

CCSN GW waveforms for LVK searches (Burst and SN WGs)

2D/3D CCSN models with neutrinos and magnetic fields

GPU-based RMHD code (computer acquired with PP.CC. funds)



Publications: Obergaulinger & Aloy (2022), Bugli et al. (2023), Reichert et al. (2023, 2024), Navó et al. (2023), Cusinato et al. (2025), Bruel et al. (2023), Powell et al. (2024). Marco Cusinato, tesis doctoral (2025/26).

Actuación 3.4.

Combinación de datos de experimentos de ondas gravitacionales con los de telescopios en diferentes frecuencias del espectro electromagnético y telescopios de neutrinos (astrofísica de multi-mensajeros).

ASFAE/2022/014 (PIs: M. Ardid, S. Ardid) [also LiA 6]

ASFAE/2022/026 (PIs: Aloy, Pons)

60+ publications (with ASFAE codes in acknowledgments) counting the two projects



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

ASFAE/2022/014: Telescopios submarinos de neutrinos: nuevas perspectivas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Investigadores principales:

- Miguel Ardid (CU)
- Salva Ardid (PPL)

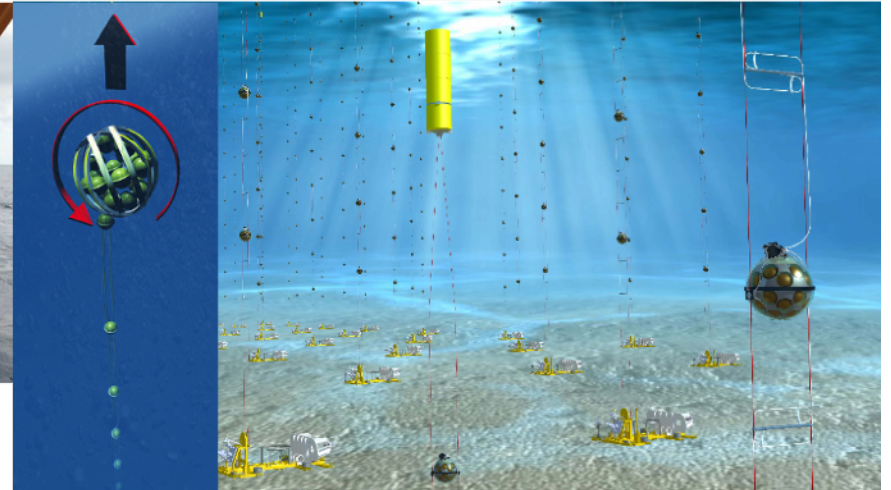
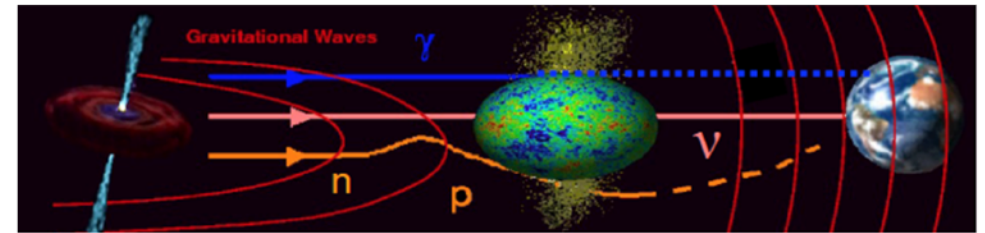
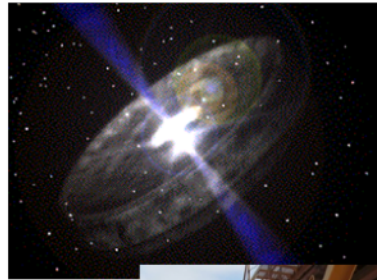
Investigadores:

- Pau Amaro (TU)
- Alicia Herrero (TU)
- Juan A. Martínez (TU)
- Harold Yepes (Inv. MZ)
- Carlos D. Llorens (Ing. técnico)
- Juan García (Inv. predoc)

Equipo multidisciplinar: matemáticos, ingenieros y físicos (de partículas y astrofísica; experimental y teoría)

Objetivos:

- Telescopio híbrido óptico-acústico -> Extensión al rango ultraenergético
- Algoritmos de aprendizaje automático para KM3NeT
- Análisis de oscilaciones con KM3NeT/ORCA
- Astrofísica de multimensajeros (neutrinos y ondas gravitacionales)



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

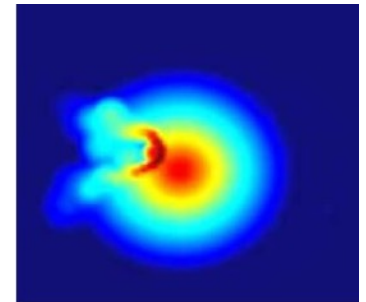
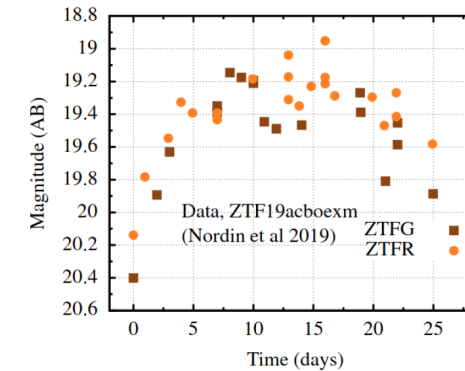
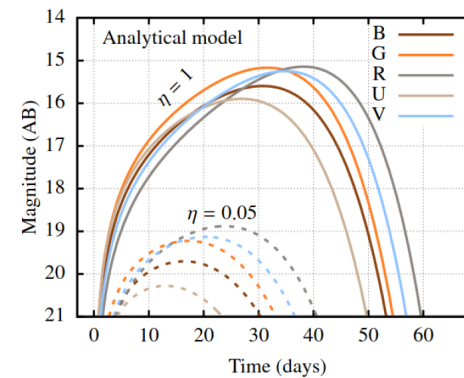
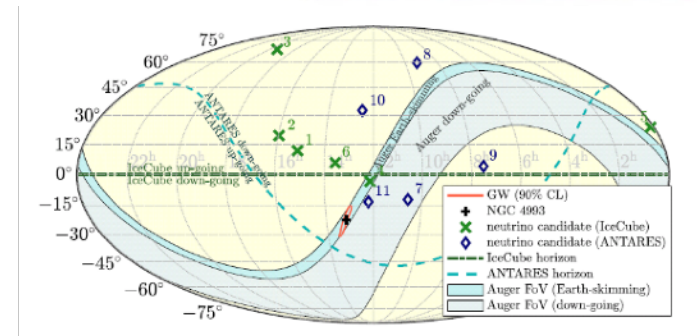
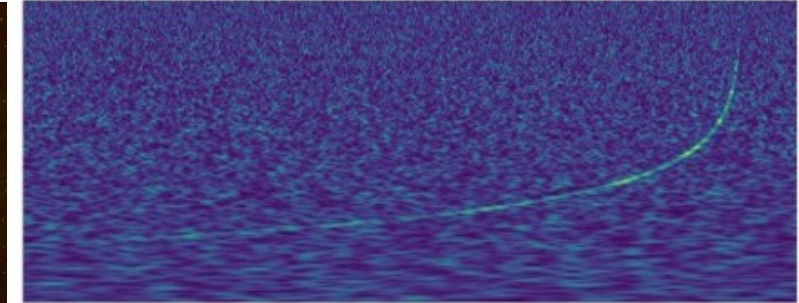
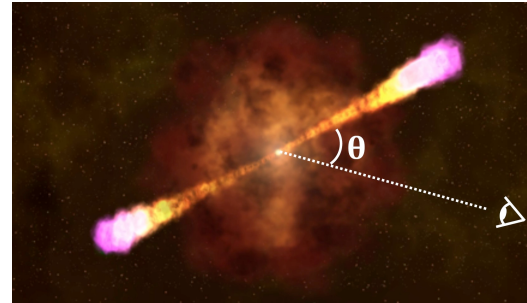


GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

Multimessenger Astrophysics:

- Models and simulations for astrophysical collisions (GWs, EM waves, neutrinos)
 1. Black hole mergers
 2. Stellar dynamics with black holes
 3. Evolution of stellar clusters
 4. Star collisions
 5. Dynamics of vector fields
- Combined analysis of ANTARES/KM3NeT data with EM and GW data.



ASFAE/2022/014: Telescopios submarinos de neutrinos: nuevas perspectivas

Publicaciones:

- F Zhang and P Amaro Seoane, Self-consistent Solutions of Evolving Nuclear Star Clusters with Two-dimensional Monte Carlo Dynamical Simulations, ApJ 980 (2025) 210.
- P Amaro Seoane, Y Lin, K Tzanavaris, Mono- and oligochromatic extreme-mass-ratio inspirals Phys. Rev. D 110 (2024) 064011
- L Dessart, T Ryu, Pau Amaro Seoane, A M Taylor, Light curves and spectra for theoretical models of high-velocity red-giant star collisions, A&A 682 (2024) A58.
- T Ryu, P Amaro Seoane, A M Taylor, S T Ohlmann, Collisions of red giants in galactic nuclei, MNRAS, 528 (2024) 6193.
- F Zhang, P Amaro Seoane, Monte Carlo Stellar Dynamics near Massive Black Holes: Two-dimensional Fokker–Planck Solutions of Multiple Mass Components, ApJ 961 (2024) 232.
- W Hao, M B N Kouwenhoven, R Spurzem, P Amaro-Seoane, R A Mardling, X Xu, Analysis of Kozai cycles in equal-mass hierarchical triple supermassive black hole mergers in the presence of a stellar cluster, MNRAS 527 (2024) 10705, <https://doi.org/10.1093/mnras/stad3908>
- A Foschi, R Abuter, K Abd El Dayem, N Aimar, P Amaro Seoane et al. (GRAVITY Coll.), Using the motion of S2 to constrain vector clouds around Sgr A*, MNRAS 530 (2024) 3740.
- R Dale, A Herrero, JA Morales-Lladosa, Vector field dynamics: field equations and energy tensor, Eur. Phys. J. Plus 139, (2024) 1013.
- P. Amaro Seoane, Transient Stellar Collisions as Multimessenger Probes: Nonthermal, Gravitational-wave Emission and the Cosmic Ladder Argument, ApJ 947 (2023) 8.
- N. Afshordi, S. Akçay, P. Amaro-Seoane et al. (LISA Consortium Waveform Working Group), Waveform Modelling for the Laser Interferometer Space Antenna (2023) arXiv:2311.01300.
- R. Dale, A. Herrero, J.A. Morales-Lladosa, Essential Fierz identities for a fermionic field (2023) Phys. Scr. 98 085302
- UPV PhD. theses: García-Mendez (includes follow-up study of the blazar PKS 0735+17 with ANTARES data)
- ANTARES and KM3NeT publications (<https://antares.in2p3.fr/> and <https://km3net.org/>)



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

Actuación 3.5.

Diseño y explotación de datos de observatorios de tercera generación como el Einstein Telescope.

ASFAE/2022/003 (PI: Font)

ASFAE/2022/020 (PIs: Ramos, Mena) [also LiA 4, 6 & 8]

10+ publications (with ASFAE codes in acknowledgments) counting both projects

ASFAE/2022/020:

Ondas Gravitacionales, Axiones y Materia Oscura, Lattice e Inteligencia Artificial

Investigadores principales: Alberto Ramos Ramírez y Olga Mena Requejo.

Entidades participantes: Universitat de València, IFIC, CSIC.



Equipo de investigación:

Investigadores senior: A. Donini (IC), D. Figueroa (RyC), D. Gaggero (CIDEAGENT), C. García-Cely (RyC), C. Hagedorn (RyC), P. Hernández Gamazo (Cat UV), J. Herrero García (CIDEAGENT), J. López Pavón (CIDEAGENT), N. Rius Dionis (Cat UV), R. Ruiz de Austri (CT), V. Sanz (Beatriz Galindo), B. Zaldivar (CIDEAGENT).

Investigadores posdoctorales: M. Della Morte (2012-2017), H. Motohashi (2016-2017), J. Salvado (2015-2017), S. J. Witte (2017-2019), P. Coloma (2019-2020), C. Cosme (2020-present), F. Capozzi (2021-present), G. Landini (2021-present).

Estudiantes: D. Albandea, J. Baeza, F. Esser, R. Hajjar, N. Loayza, V. Muñoz, F. Pompa, S. Sandner, G. Telo, S. Urrea, D. Vatsyayan.

IFIC, CSIC-UV
(SOM Theory group)



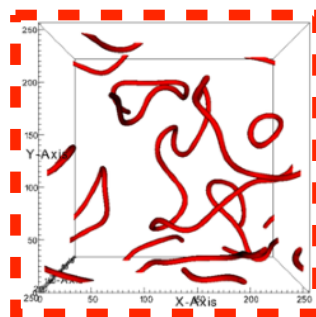
What do we do related to GWs?

Cosmic Strings

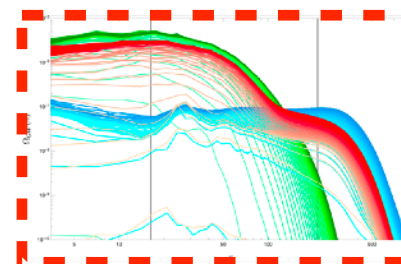
(p)Reheating

Phase Transitions

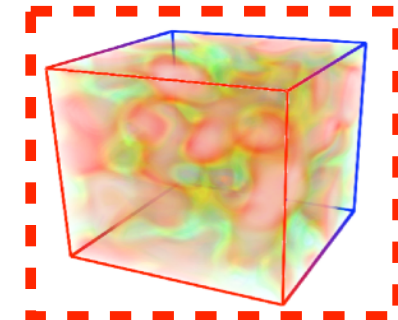
GW backgrounds
Cosmology
Astro. Binaries



Field Th & Nambu-Goto
(Baeza, Figueroa, Zaldivar,...)



Spectroscopy of
particle couplings
(Figueroa, Loayza, ...)



BSM Symm. Breaking
(Figueroa, Stomberg, ...)

Thanks to PP.CC. the SOM group has acquired a computing cluster to perform lattice simulations of cosmological backgrounds of gravitational waves in the early universe.

IFIC, CSIC-UV
(SOM Theory group)

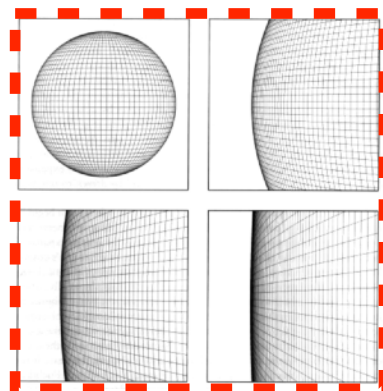


What do we do related to GWs?

GW backgrounds
Cosmology
Astro. Binaries



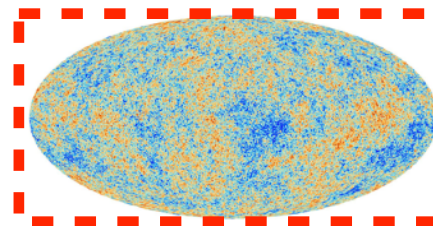
Inflation



Axion & PBH's

(Figueroa, Sanz, Mena, ...)

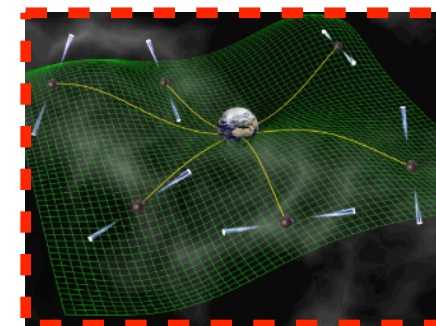
CMB & GWs



CMB & CMB+detectors

(Figueroa, Mena, Ruíz de Austri,

PTA & GWs



NanoGrav, SKA, others
(Figueroa, Simakachorn, ...)

IFIC, CSIC-UV
(SOM Theory group)



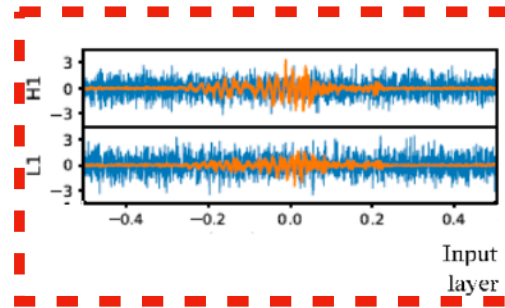
What do we do related to GWs?

Artificial Neural Networks

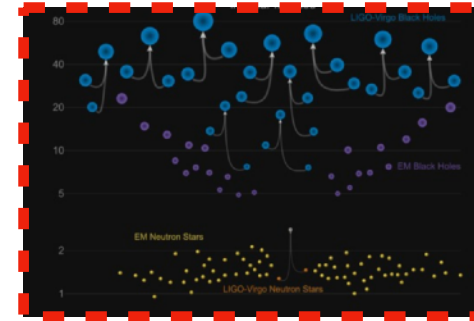
High-z mergers

Unresolved Binaries

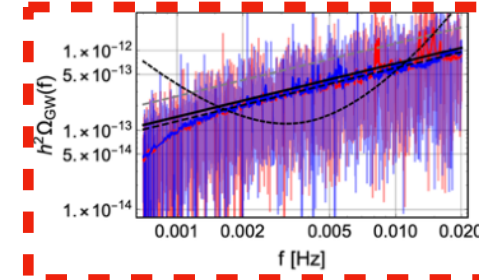
GW backgrounds
Cosmology
Astro. Binaries



Detection with DL
(Figueroa, Ruíz de Austri,
Zaldivar, ...)



GWB as PBH discriminator
(Figueroa, Simakachorn, ...)



SGWB from
unresolved binaries
(Figueroa, ...)

Summary:

- **PP.CC. funds have significantly boost all activities in LiA3:** personnel, computing, instrumentation
- **100+ publications** in peer-reviewed international journals
- Since 2015 the LVK Collaboration has completed **four observing runs**. GWTC-4 contains 128 new GW detections, all consistent with CBCs
- The **scientific return** of the LVK observations is **spectacular**, strongly **impacting different fields** [Fundamental Physics, Gravitational Physics, Astronomy, Astrophysics, Cosmology, Nuclear Physics, ...]
- **Multi-Messenger Astronomy** with GWs, EM waves, and neutrinos **feasible**
- **Spanish groups, in particular in the Comunidad Valenciana, are very active players** in the exciting new field of GW and Multi-messenger Astronomy