

"nanos gigantum humeris insidentes"

Datos y Desafíos en Geociencias

R. Carbonell^{1 2}



Geociencias Barcelona (CSIC-GEO3BCN)



EPOS-ES Kickoff, Real Observatorio 17 Mayo 2023



Montados a Hombros de Gigantes

Generar saber a partir de descubrimientos, conocimientos previos

Las primeras referencias a "nanos *gigantum humeris insidentes*", enanos montados a hombros de gigantes son del siglo 12 y atribuida a Bernard de Chartres.

Aunque es más común la mención que hace Isaac Newton en una carta a Robert Hooke en 1675 en la forma: "if I have seen further [than others], it is by standing on the shoulders of giants".

La cita es la metáfora ideal en la que

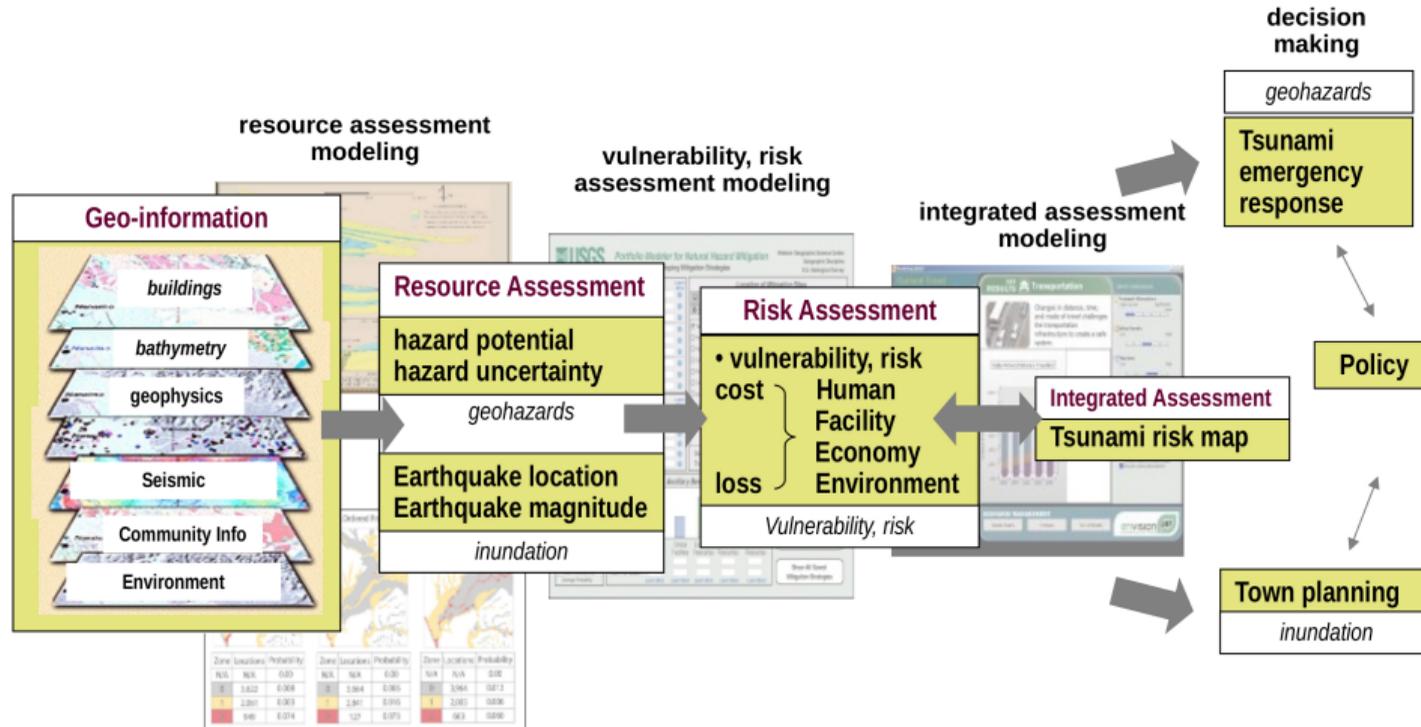
Las observaciones, datos y/o conocimiento previo son la base del del saber



ISAACUS NEWTON BORN 1643

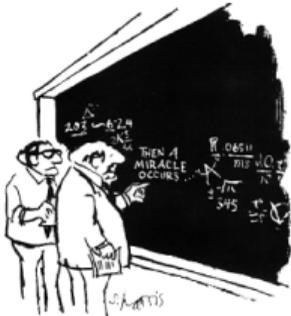


Motivación



Toma de decisiones informada por datos, productos de datos. Esta hace uso de herramientas de análisis y visualización.

Porqué un Banco de Datos Geocientíficos?



"Creo que debería ser más explícito en este punto"

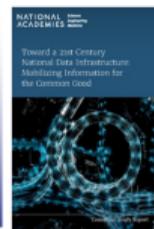
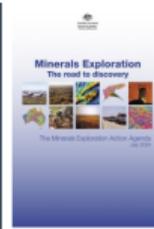
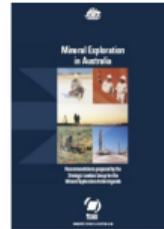


Problemas, Dificultades

- Archivar, mantener, gestionar datos adquiridos, resultados y/o servicios por distintos grupos, nivel de calidad se desconoce.
- Localización de la información y datos. **Carencia de Identificadores persistentes (DOI).**
- Tiempo empleado en la descarga de datos, formatos, y compatibilidad con las herramientas (formatos varían según la versión del software).
- Existencia de datos sobre los mapas en la red pero los datos reales no son accesibles para su análisis, o la información no es completa (localización, escala de medición, unidades, etc).
- La yuxtaposición de otras disciplinas, (multi- inter- disciplinaria) hace el problema más crítico (formatos, unidades, acrónimos, estructura de los datos, metadatos)

Parte de la solución: estandarizar el protocolo de acceso en todas las disciplinas y/o organizaciones

Dificultades reconocidas por diversos agentes, Industria, Investigación (Academias Nacionales)



Toma de decisiones.

Administración/Legislación (local, regional, agencias, ...), Industria Investigación científica

Banco Nacional de Datos Geocientíficos: Datos & Desafíos en Geociencias "Grand Challenges"

Grandes Desafíos Científicos

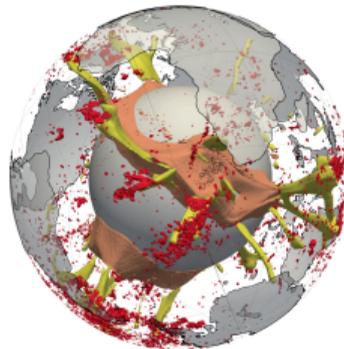
- Estructura, deformación y ruptura: Comportamiento de zonas de falla "Earthquake cycle"
- Sistemas Magmáticos
- Procesos de deformación en el interior de los continentes
- Dinámica de glaciares "Ice Sheet Dynamics (Ice-quakes)"
- Hidrología superficial y procesos ← cambio del nivel del mar
- Humedad del suelo, nieve y contenido de agua de la vegetación
- Cambio Global
- Estructura y Evolución de la Tierra
-

Grandes Desafíos Tecnológicos

- Gestión y utilización Integrada de datos geocientíficos
- Protocolos de acceso directo en tiempo a sensores de campo
- Geociencias y gemelos digitales
-

Grandes Desafíos Sociales

- "Net Zero"
- Riesgos Naturales
- Recursos Naturales
- Apoyo a la formación, educación y divulgación
-



Banco Nacional de Datos Geocientíficos: Misión y Objetivos

El propósito del Banco Nacional de Datos Geocientíficos es facilitar el acceso a datos y contribuir a la creación de nuevos productos y servicios agregando valor a los datos espaciales e in situ actualmente disponibles. Forma parte del paisaje nacional y europeo en estrecha coordinación con las infraestructuras en funcionamiento y/o en construcción.

La tarea fundamental de esta infraestructura es federar los centros (investigación, servicios y universidades) existentes para proporcionar servicio a la comunidad nacional que trabaja, utiliza datos geocientíficos

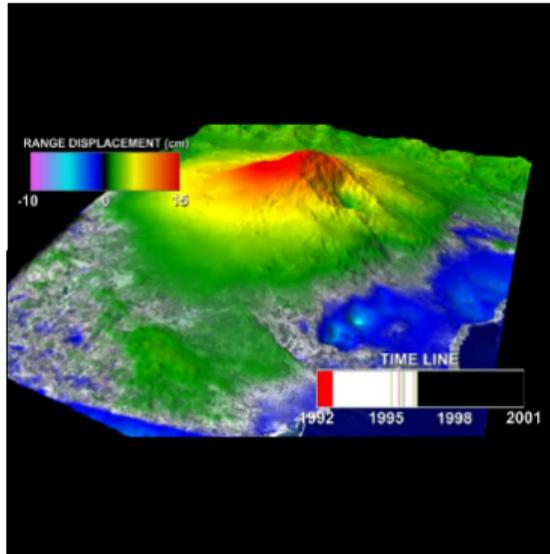
- Vehicular el acceso a datos espaciales, in-situ y de experimentación del dominio/zona de estudio facilitar el análisis de estos de una forma interdisciplinar e integrada. Asegurar criterios mínimos de calidad, fiabilidad y trazabilidad así como los principios FAIR.
- Su objetivo es proporcionar valor añadido, especialmente para datos y servicios en campos donde no existen o necesitan desarrollarse centros de datos. Todo ello sintonía con los desarrollo de sistemas/infraestructuras europeos e internacionales.
- Este banco de datos y productos (de los datos), nace con un espíritu de colaboración con otras estructuras/disciplinas/infraestructuras con la misión de fortalecerá la comunidad focalizada en ciencias de la tierra dándole acceso a los datos y productos que necesita para su investigación.



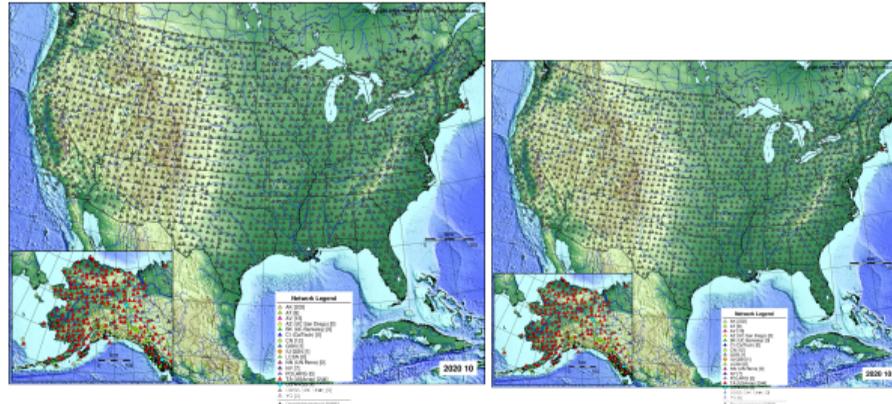
Banco Nacional de Datos Geocientíficos

Características de infraestructuras de observación y/o adquisición de datos

- Instalaciones móviles, con instalaciones temporales en los objetivos de estudio (p.ej. Campañas de adquisición de datos dentro de proyectos de investigación)
- Instalaciones fijas distribuidas (p.ej. Redes nacionales de observación, redes educativas, ...)
- Se manejan un gran volumen de datos TB (p.ej. datos satelitales, redes cables DAS, ...)



source NASA



source IRIS (<http://ds.iris.edu/spud/gmv/20678650>)

Banco Nacional de Datos Geocientíficos: Cambio de Paradigma



- Acceso integrado a datos de diferentes disciplinas (transparente a formatos específicos)
- Plataforma interdisciplinar para la formación y educación en geociencias
- Plataforma apoyo a la investigación fomentar al colaboración
- Herramientas de acceso directo integrado implementación de programas intensivos de cálculo (HPC)
- Asegurar los principios FAIR y los mínimos de calidad de los datos y servicios.
- Porporciona una puerta de acceso al usuario → datos
- Adoptar las soluciones de legales y de gobernanza que respeten los principios de acceso abierto asi como el uso transparente de datos y los derechos de propiedad intelectual (siguiendo la regulación Europea sobre la protección de datos).
- Desarrollo de servicios 4D utilización en tiempo real de observables (p.ej. trabajos/estudios de monitoreo)
- Integra y unifica las instalaciones Europeas en una única infraestructura distribuida que permite vehicular las nuevas oportunidades ofrecidas por el movimiento ciencia abierta "open science". Iniciativa que promueve el acceso abierto a datos y productos de la investigación científica.
- **Pilar critico para el desarrollo de gemelos digitales que focalizados en zonas de la placa continental Europea, de la placa en su conjunto y/o incluso del planeta Tierra,**



Interpretación inter-disciplinar integradagrada

Gravity data dg
+ Covariance matrix Q_g

Deformation data dx, dy, dz
- levelling
- GPS
- InSAR
- etc...
+ Covariance matrix Q_d

3D grid of (empty) point sources

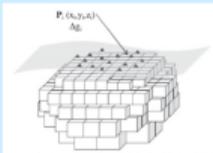


Fig. 1. Position of the substation volume element parcellized with under the empty benchmark.

Elastic parameters
Density and pressure
contrasts

Model equations

$$dg_i = \sum_{k=1}^n \left\{ G \frac{z_i - Z_k}{d_{ik}^3} - \frac{g_0}{4\pi\mu} \frac{F}{d_{ik}} \left[2(1-\nu) + \frac{(z_i - Z_k)^2}{d_{ik}^2} \right] \right\} v_k \rho_k + F \sum_{k=1}^n \frac{1-\nu}{4\pi\mu} \frac{z_i - Z_k}{d_{ik}^3} 3v_k p_k + dg_0 + F dz_0, \quad i=1, \dots, n_k$$

.....

.....

Methodology

Fit conditions

$$\varepsilon_G^T Q_G^{-1} \varepsilon_G + \theta \varepsilon_P^T Q_P^{-1} \varepsilon_P = \min.$$

Regularization conditions

$$m^T Q_M^{-1} m = \min.$$

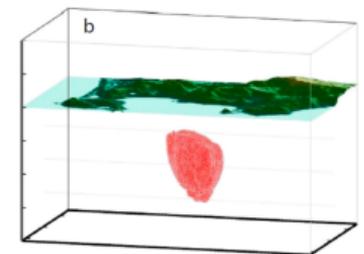
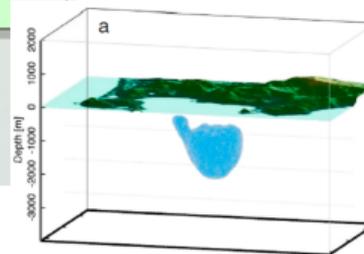
Mixed condition

$$\varepsilon^T Q_D^{-1} \varepsilon + \lambda f^2 m^T Q_M^{-1} m = \min.$$

Extended 3D models for structures of anomalous density, pressure and sliding, defined as aggregation of (filled) point sources

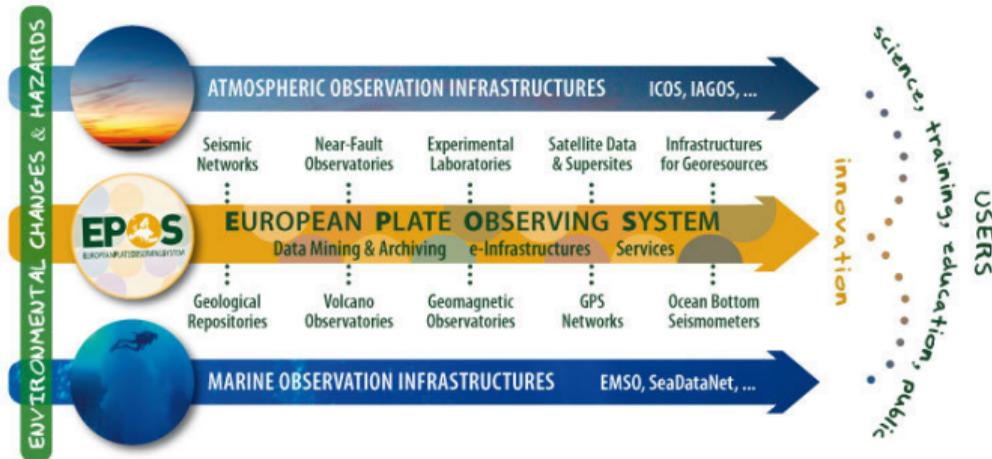
Growth process (scale factor)

Nearly automatic inversion process

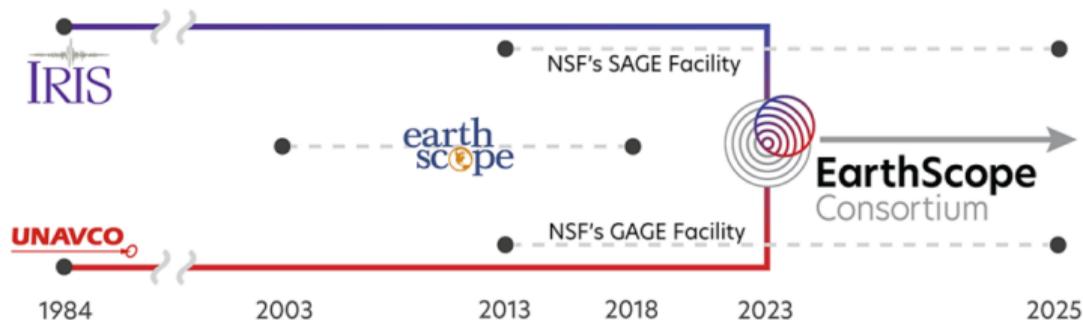


EPOS El Sistema Europeo de Observación de la Placa es una e-infraestructura para facilitar el uso integrado de: datos, productos de datos, instalaciones, servicios de infraestructuras de investigación distribuidas. La única focalizada en Ciencias de la Tierra sólida en Europa.

EPOS reúne a científicos de la Tierra, NRI, TIC, expertos, tomadores de decisiones, y público en busca de nuevos conceptos y herramientas para generar información precisa, duradera, y respuestas sostenibles a las cuestiones sociales relativas a los peligros geológicos, fenómenos geodinámicos, georecursos, todas ellas relevantes para el medio ambiente y el bienestar humano



Marco Internacional: Consorcio EarthScope (<https://www.earthscope.org>)

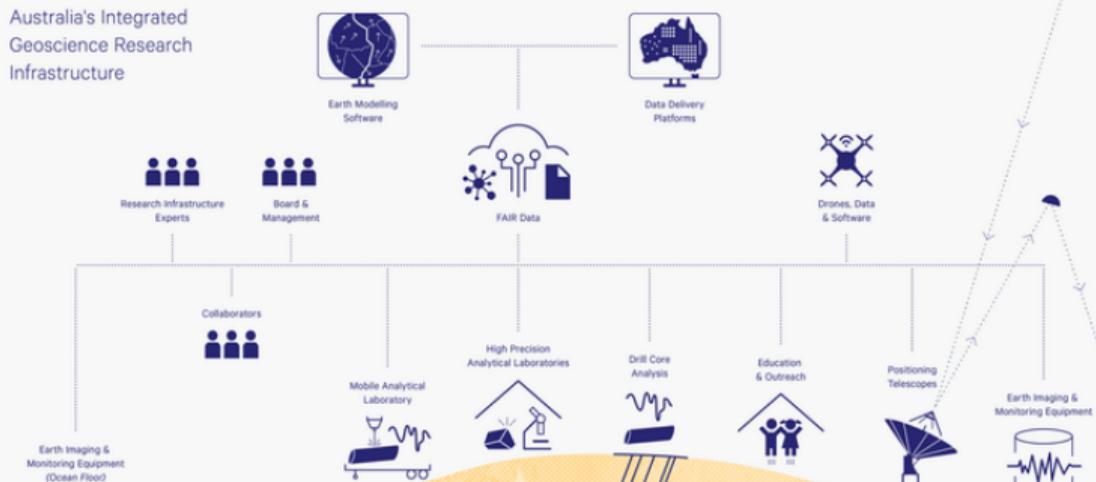


2003-2018, IRIS + UNAVCO → EarthScope, (programa financiado por NSF Empleó miles instrumentos, sensores para estudiar la estructura y evolución de USA. EarthScope instaló la red móvil "USArray" y construye el "Observatorio en el límite de placas" en la Falla de San Andreas

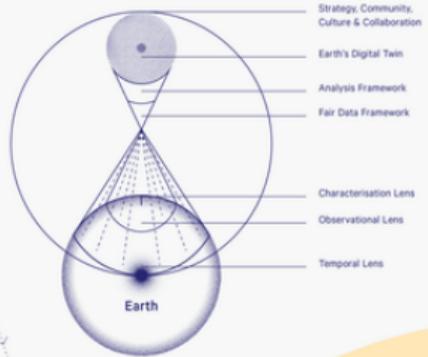
"EarthScope" fusiona IRIS Y UNAVCO (actualmente SAGE y GAGE) en 2019 en una infraestructura única focalizada en estudiar la tierra sólida. Esta infraestructura sostenida económicamente por NSF proporciona:

- Acceso a instrumentación móvil (transportable) de última generación de adquisición de datos (Geodesía, Magnetotellurica, Sísmica)
- recursos educativos
- Gestión de datos, proporciona garantías de calidad de los mismos, selecciona y distribuye datos y productos de los mismos en acceso abierto bajo los principios FAIR
- Educación, desarrollo de la fuerza laboral y programas de divulgación pública. que involucran a una amplia variedad de audiencias, incluidas comunidades históricamente con poca representación en las geociencias
- Acceso de forma continua a datos de las redes de adquisición de datos locales regionales y globales.
- formación y apoyo técnico

Australia's Integrated Geoscience Research Infrastructure



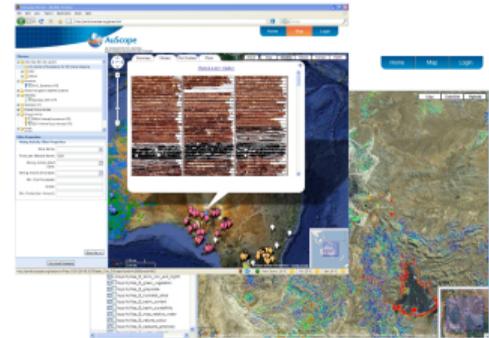
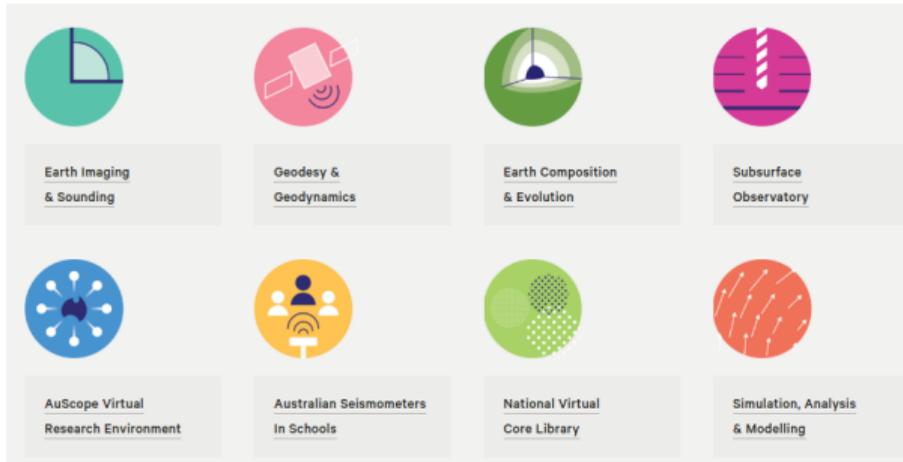
Downward-Looking Telescope



Key AuScope Locations & Sustainable Development Goals (SDGs)



- SDG 6 – Clean Water & Sanitation
- SDG 7 – Affordable & Clean Energy
- SDG 8 – Decent Work & Economic Growth
- SDG 13 – Climate Action
- SDG 9 – Industry, Innovation & Infrastructure
- SDG 15 – Life on Land



- **Estructura** Programas servicios tematicos, y colaboraciones. exclusiva de formación
- **Consortio Institucional** Lo consituyen Univesidades centros de investigación, etc.

Marco Internacional-Europeo: Francia

La Infraestructura de Investigación "Data Terra" (<https://www.data-terra.org/en/>)



ForM@Ter, hub de datos (2014) da acceso a datos de laboratorios/centros/infraestructuras de investigación servicios nacionales de observación misiones espaciales, experimentos de adquisición en Ciencias de la Tierra sólida. Incluye afluencia masiva de datos de misiones espaciales (p. ej. Sentinel, tiempo casi real), nuevos tipos de sensores (p. ej. DAS-fibra óptica), sensores aerotransportados, conjuntos de antenas e instrumentos ciudadanos, medidas en laboratorios y modelos. Tiene en construcción el archivo digital de la Tierra.

Integrated Earth System Observation: Data Hubs

- AERIS: Atmosphere
- ODATIS: Oceans
- THEIA: Land Surfaces
- **FROMATER: Solid Earth**



ForM@Ter es una infraestructura distribuida consta de: un centro de Coordinación y Distribución; Centros de Datos y Servicios temáticos y, un Comité Científico.

Objetivo Científico

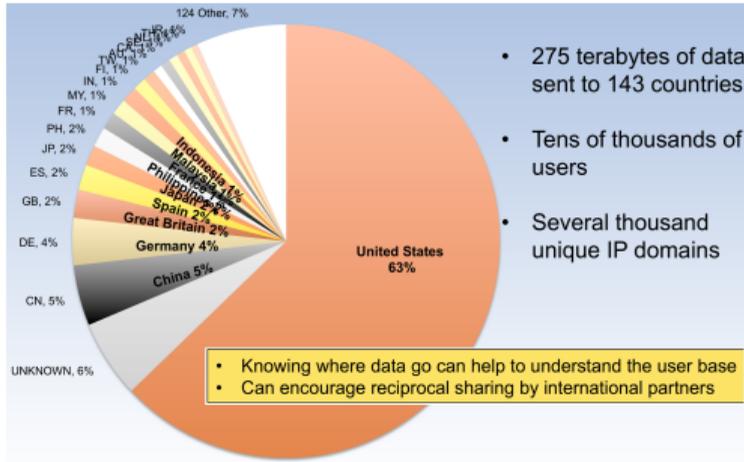
Proporcionar acceso a datos, modelos y productos derivados, servicios y herramientas de alto rendimiento (para procesar, analizar datos geo-científicos), en los campos de la tierra sólida. Es una infraestructura distribuida que garantiza los principios FAIR para todos sus productos en Geo-ciencias, integrada a nivel europeo e internacional con estructuras existentes o en desarrollo (EPOS).

Disciplinas, campos temáticos:

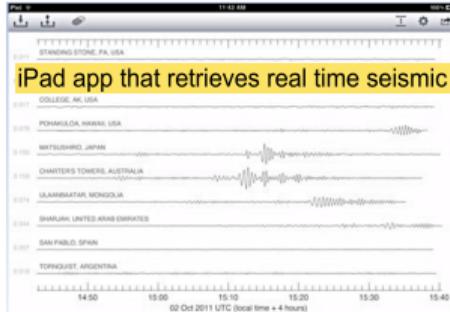
Deformación, suelos marinos, geoquímica, geodesia, geología, geotermia, campos potenciales (gravimetría, magnetismo), mineralogía, sismología, volcanología



Impacto, Visibilidad, Retorno Social y Merito: El ejemplo de IRIS

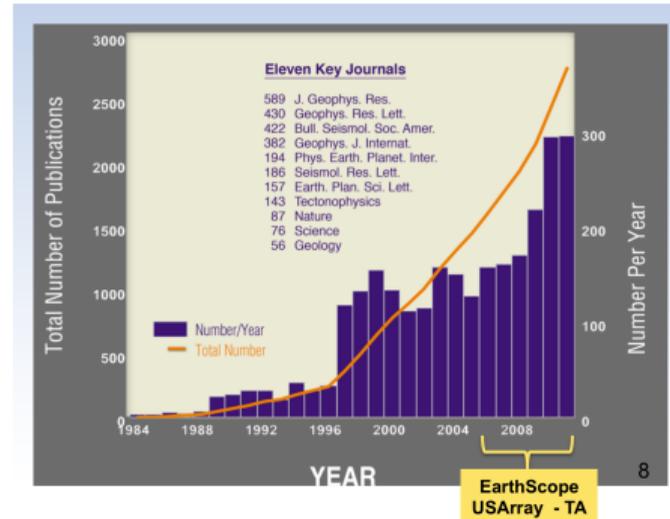


- Knowing where data go can help to understand the user base
- Can encourage reciprocal sharing by international partners



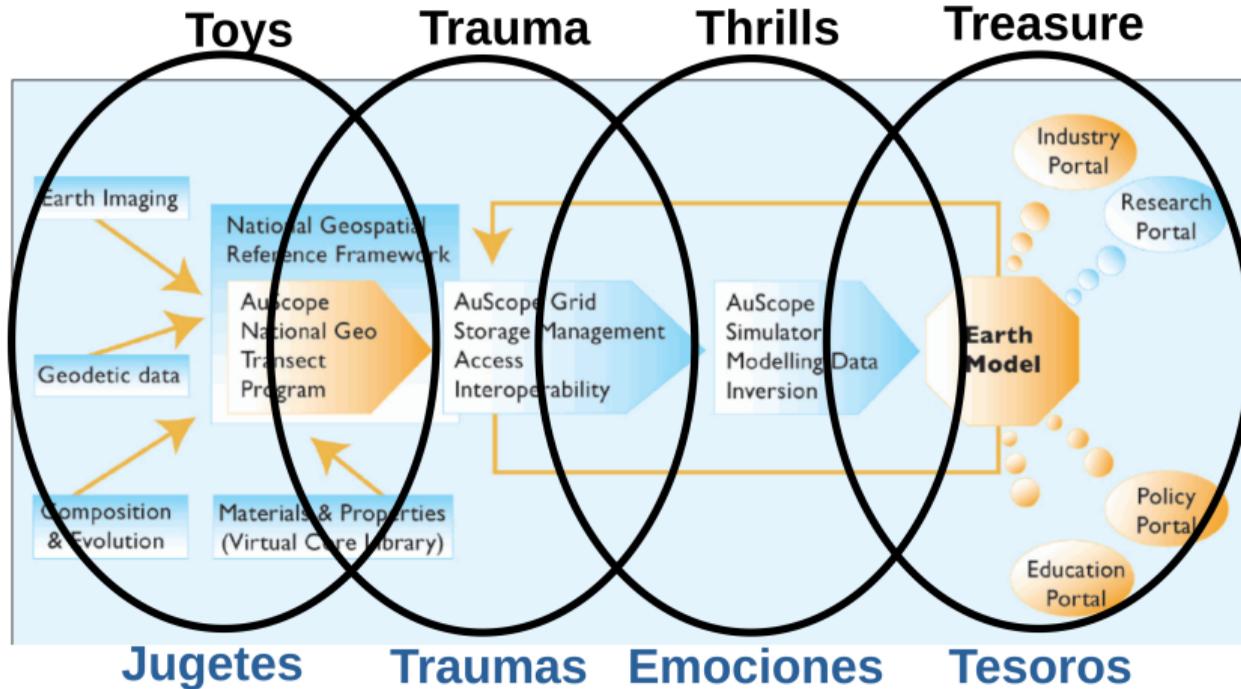
App de localización epicentral C. Ammon Penn State.

- Datos abiertos fomentado investigación científica y el desarrollo tecnológico
- Incentivado la creatividad uso no previsto de los datos y aplicaciones
- Abierto nuevas colaboraciones
- Un incremento del interés del público en general



Datos y productos abiertos

Banco de datos Geocientíficos: EPOS



Infraestructura de Investigación Científica

Donde Estamos: Proyectos Europeos

Geo-INQUIRE Geosphere INfrastructures for QUestions into Integrated REsearch

ID: 101058518, <https://www.geo-inquire.eu/>

Coordinación: GFZ, Alemania

Duración: 1 Octubre 2022 al: 30 Septiembre 2026

Convocatoria: HORIZON-INFRA-2021-SERV-01 - Research infrastructures services advancing frontier knowledge

Financiación Contribución EU 13,923,475.77 €



DT-GEO A Digital Twin for GEOphysical extremes

ID: 101058129, <https://www.dtgeo.eu/>

Coordinación: CSIC (Geo3BCN), Spain

Duración: 1 Setiembre 2022 al: 31 Agosto 2025

Convocatoria: HORIZON-INFRA-2021-TECH-01 - Next generation of scientific instrumentation, tools and methods and advanced digital solutions

Financiación 15,110,537 € (Contribución EU 11,138,287 €, el resto lo financia Suiza y Reino Unido)



Cheese 2P European HPC Centre of Excellence in Solid Earth

Grant agreement: 101093038, <https://www.cheese.eu/>

Coordinación: CSIC (Geo3BCN), Spain

Duración: 1 Enero 2023 al 31 December 2026

Convocatoria: HORIZON-EUROHPC-JU-2021-COE-01-02

Total: 7.690.590€ (Contribución EU: 3.844.043€; España: 3.844.043€)



CHEESE



Un gemelo digital (DT) de un objeto es una réplica numérica que permite la visualización, manipulación y comprensión de su respuesta física a forzamientos externos mediante la fusión dinámica de datos y modelos.

Las capacidades de cálculo y almacenamiento \Rightarrow alto nivel, exa-escala, DT's del sistema Tierra tienen como objetivo imitar los componentes del sistema Tierra (atmósfera, océano, tierra sólida, litosfera), proporcionar análisis, pronósticos, cuantificación de incertidumbre y son **capaces de responder a escenarios hipotéticos** en el caso de riesgos naturales y antropogénicos.

Geofísica \Rightarrow monitorización a tiempo real y HPC \Rightarrow la simulación de la compleja física de los sistemas naturales. *No podemos cambiar la ocurrencia y la intensidad de los procesos geofísicos extremos, pero tal vez podamos mitigar sus impactos y riesgos para minimizar el daño a la sociedad.*

DT-GEO: flujo masivo de datos procedentes de sistemas de observación + simulaciones numerosas de gran escala en HPC o en la nube \Rightarrow desafíos científicos y/o ayudar en la evaluación de riesgos planificación territorial, alerta temprana, computación urgente, evaluación rápida posterior al evento, o explotación de recursos en relación con la ocurrencia de situaciones geofísicas extremas.



EuroHPC
Joint Undertaking



FENIX
RESEARCH INFRASTRUCTURE



**EUROPEAN OPEN
SCIENCE CLOUD**



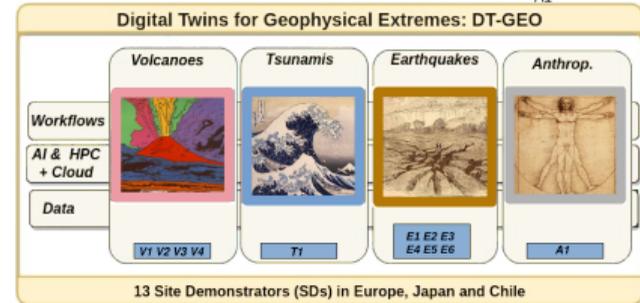
DT-GEO: Objetivos, Consorcio, Componentes

Implementar prototipos pre-operacionales de gemelos digitales y/o componentes de un gemelo digital de fenómenos geofísicos extremos para su futura integración en la iniciativa "Destino la Tierra" (DestinE).

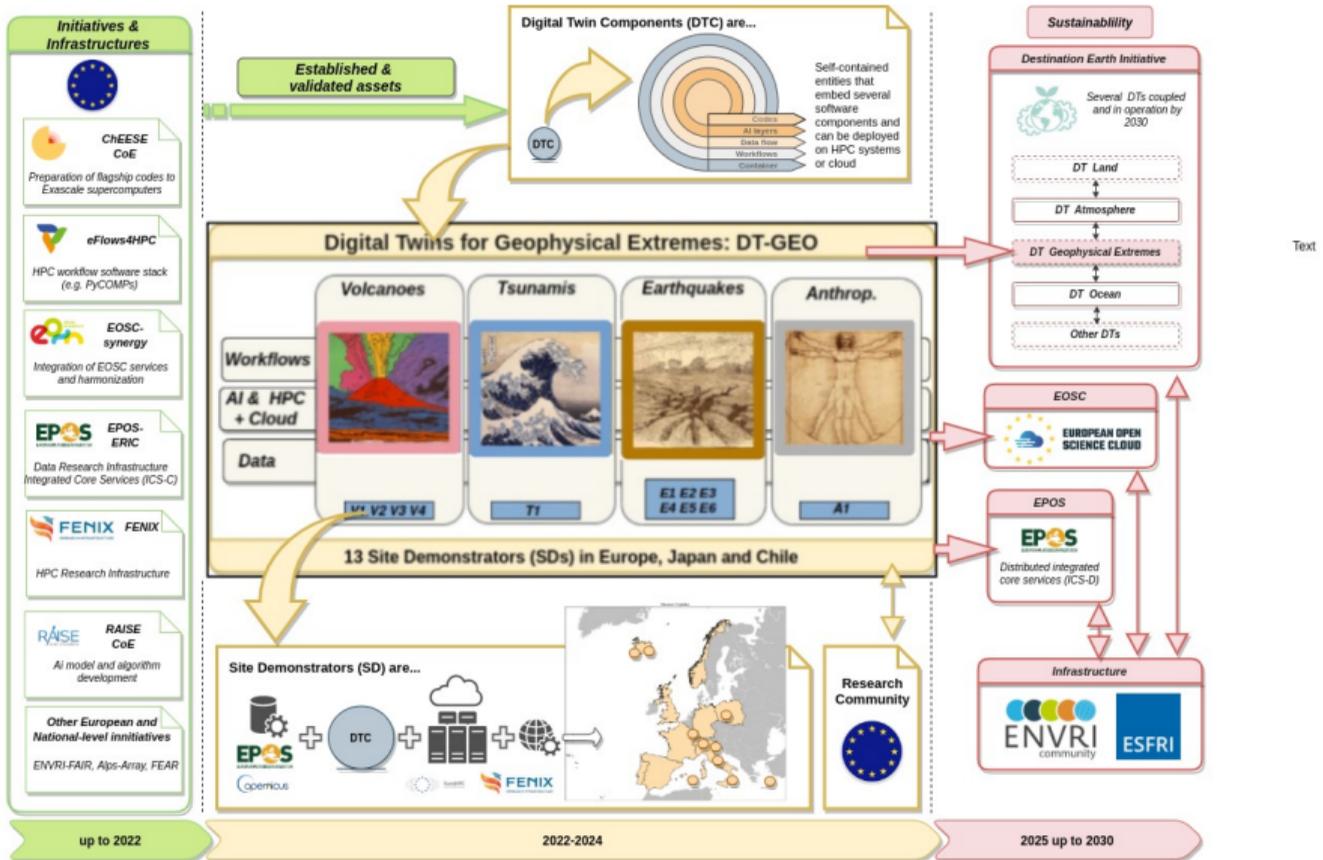
Implementar 12 Componentes de DTC autónomos abordar fenómenos extremos específicos como volcanes, tsunamis, terremotos, y situaciones de riesgo inducidas antropogénicamente para desarrollar sistemas precisos de alerta temprana informados por datos, pronósticos y evaluación de riesgo a través de múltiples escalas de tiempo.

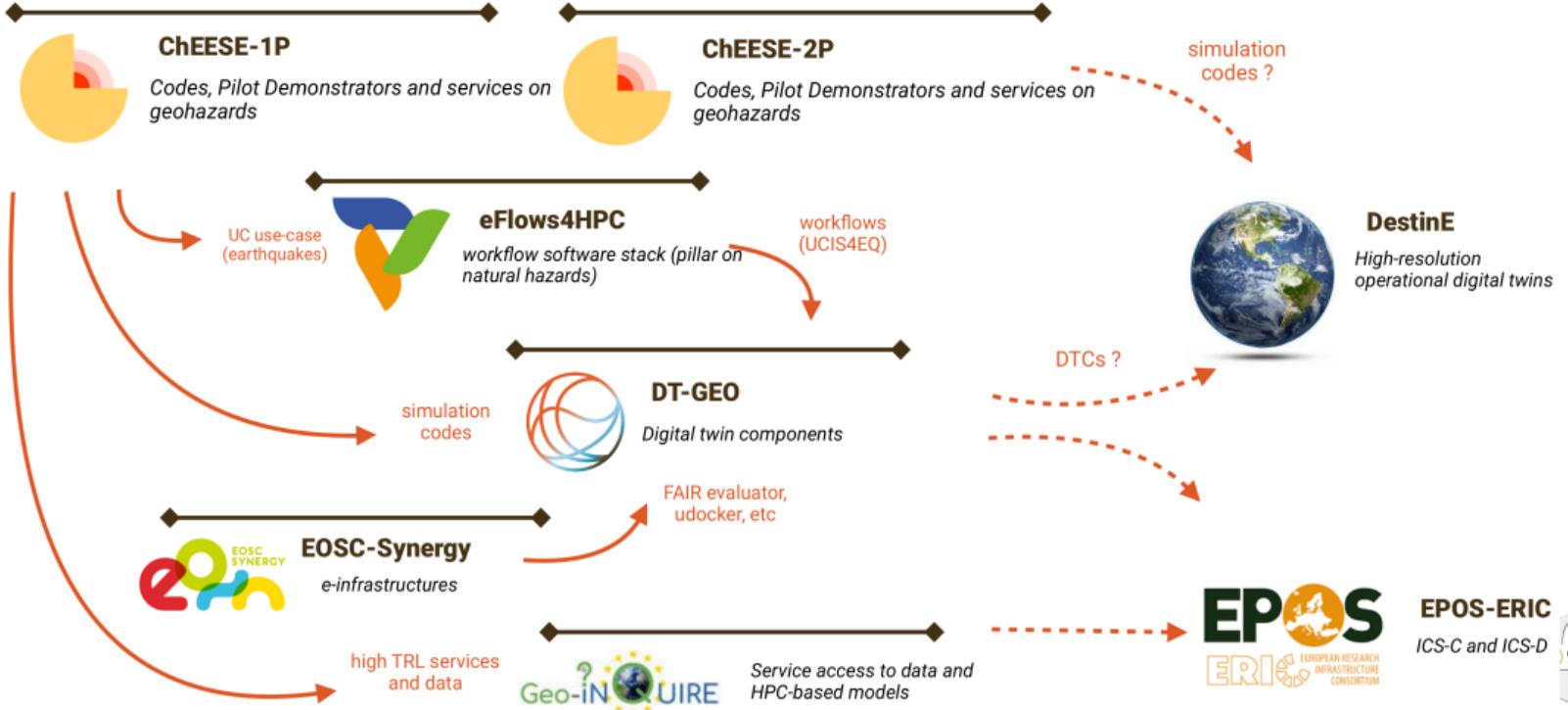
Proporcionar un marco flexible Proporcionar un marco flexible habilitado dentro del EOSC y garantizar que los activos cumplen de forma rigurosa con los principios FAIR y son directamente importables dentro de validar los principios FAIR de los activos y resultados del proyecto y su integración en el marco europeo de infraestructuras de investigación EPOS, HPC (EuroHPC/FENIX) y sistemas de cálculo virtuales (en la nube).

Verificar los componentes de los gemelos digitales en 13 ambientes operacionales, zonas de estudio de interés particular localizadas dentro o fuera del continente Europeo.



DT-GEO Concepto





Contexto Legislativo & Objetivos Principales

Iniciativas:

A European Green Deal (2019)
Pacto Verde Europeo (2019)

A European strategy for data (2020)
Estrategia Europea de datos (2020)

Shaping Europe's digital future (2020)
Construcción del futuro digital de Europa (2020)

Objetivos:

Integrar la industria y ciencia de excelencia

Usar las crecientes capacidades de HPC y herramientas de AI para desarrollar modelos de alta precisión de la Tierra con el objetivo de monitorizar y simular la actividad natural y humana para un desarrollo sostenible

Desarrollo de un "Gemelo Digital" de la Tierra para apoyar y verificar el desarrollo e implementación de políticas EU informadas (basadas en datos) "evidence-based EU Policies":



DestinE: Destino la Tierra

Destination Earth (DestinE) es una ambiciosa iniciativa de la Unión Europea para crear un sistema altamente preciso modelo digital de la Tierra que se utilizará para monitorear los efectos de la actividad natural y humana en nuestro planeta, anticipar eventos extremos y adaptar las políticas a los desafíos relacionados con el clima.

DestinE desbloqueará el potencial del modelado digital del sistema de la Tierra a un nivel que representa un avance real en términos de precisión, detalle local, velocidad de acceso a la información e interactividad.

Como parte del Pacto Verde y la Estrategia Digital de la Comisión Europea, DestinE contribuirá al logro de los objetivos del gemelo verde y transición digital.

"DestinE" de forma concisa

El objetivo de la iniciativa "Destino la Tierra" es desarrollar un modelo digital preciso de la la Tierra a través de conjuntos de Gemelos Digitales temáticos para monitorear y simular la actividad natural y humana, y desarrollar y probar escenarios que permitan un desarrollo más sostenible y apoyen las políticas medioambientales europeas.

Se espera que apoye significativamente la transición verde y ayude a planificar estrategias de mitigación. para la degradación ambiental y los desastres naturales

Desarrollar un enfoque "Ciencia para la política" para la toma de decisiones del sector público, apertura gradual a la ciencia (benchmarking de modelos y datos) y usuarios industriales (innovación)

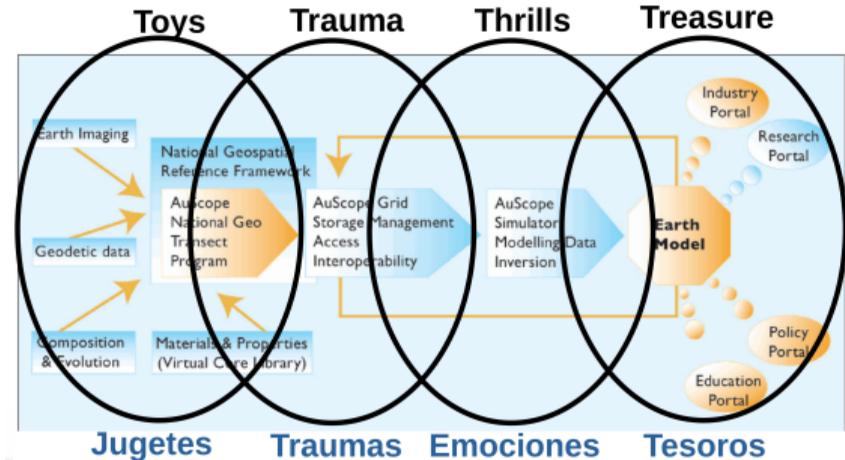
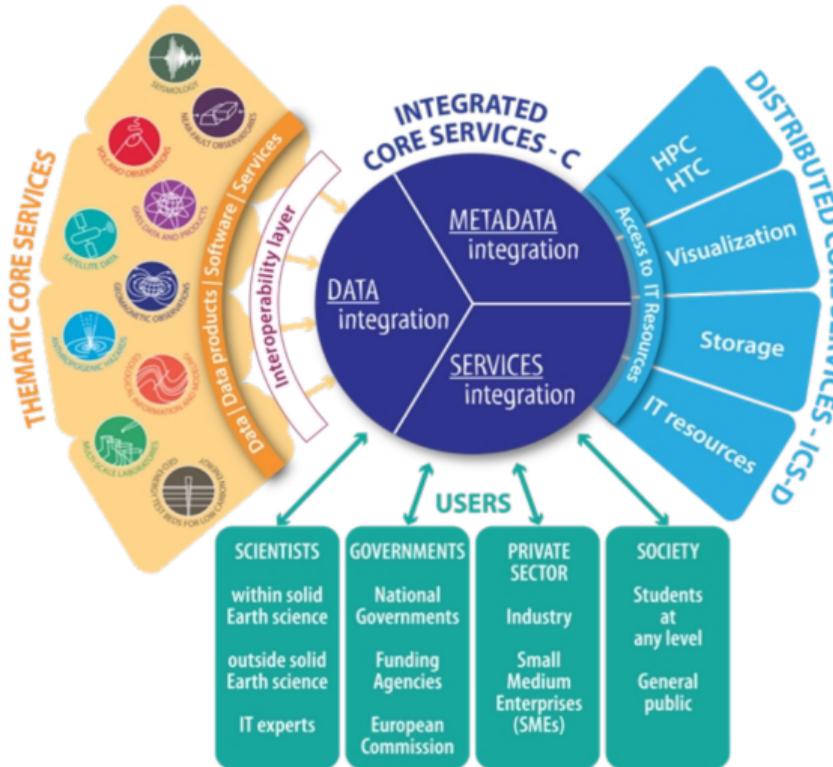


EPOS-ES

EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM - España

EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM

SPAIN



EPOS-ES

EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM - España

EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM

SPAIN



¡Gracias!

istock.com - 1502764307