

GRANDES PROYECTOS MULTIDISCIPLINARES DE INVESTIGACIÓN

En esta sección de la revista se recogen diversos Proyectos de investigación actuales de carácter multidisciplinar, en los cuales participan muy diversas instituciones de investigación y/o universitarias, pertenecientes por lo general a diversos países, y que por tanto sirven de muestra de una amplia e intensa colaboración de científicos de muy diversa procedencia institucional, geográfica y disciplinar. Se recogen concretamente un total de diez grandes proyectos multidisciplinarios e internacionales, y en cada uno de ellos se incluye el título del proyecto, las instituciones participantes, así como una descripción de sus objetivos y contenidos básicos, esperando que los mismos puedan servir de ejemplo o referencia a los investigadores y lectores en general de esta revista.

Los *diez grandes proyectos multidisciplinarios* seleccionados son los siguientes:

1. International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)

- **Institución/es:** Organización Internacional ITER (Cadarache, Francia), que cuenta con la colaboración global de 35 países (incluyendo la Unión Europea, China, India, Japón, Corea, Rusia y EE. UU.).
- **Descripción:** El objetivo central del proyecto ITER es demostrar la viabilidad científica y tecnológica de la energía de fusión nuclear, el mismo proceso que alimenta al Sol. La fusión ofrece la promesa de una fuente de energía limpia, segura y prácticamente ilimitada. Es un proyecto de ingeniería y ciencia de materiales sin precedentes, que requiere la colaboración de la física del plasma, la ingeniería de materiales, la criogenia, la robótica, la superconductividad y la informática. Las características clave incluyen la construcción del reactor tokamak más grande jamás diseñado, capaz de confinar plasma a 150 millones de grados Celsius, diez veces más caliente que el centro del Sol. La investigación abarca la optimización del diseño del reactor, el desarrollo de materiales que puedan soportar condiciones extremas de calor y radiación, y el control del plasma mediante sistemas de diagnóstico y control extremadamente sofisticados. Además de la ciencia, ITER es una plataforma para desarrollar normativa, procedimientos de seguridad nuclear y capacidades industriales a nivel internacional. Es la prueba teórica y metodológica para futuras centrales eléctricas de fusión.

2. Proyecto Conectoma Humano (Human Connectome Project - HCP)

- **Institución/es:** Consorcio liderado por la Universidad de Washington en St. Louis y la Universidad de Minnesota (EE. UU.), con participación de múltiples instituciones.
- **Descripción:** El Proyecto Conectoma Humano es una iniciativa a gran escala cuyo objetivo es mapear las conexiones neurales (el "cableado") del cerebro humano vivo, tanto en individuos sanos como en aquellos con trastornos neurológicos o psiquiátricos. Su enfoque es inherentemente multidisciplinar, combinando neurociencia, imágenes médicas (como resonancia magnética funcional - fMRI y difusión - dMRI), informática, matemáticas y estadística avanzada. Los objetivos principales incluyen la recolección y el análisis de datos de imágenes cerebrales de alta resolución de cientos de sujetos, junto con datos genéticos y conductuales detallados. El proyecto busca establecer un conjunto de datos sin precedentes que permita a la comunidad científica mundial comprender cómo las variaciones en la

conectividad cerebral se relacionan con las diferencias individuales en la función cognitiva, el comportamiento y la salud mental. Las características clave son el desarrollo de nuevas técnicas de neuroimagen de vanguardia, el uso de supercomputación para el procesamiento masivo de datos y la liberación de todos los datos y herramientas de análisis al dominio público, acelerando la investigación global en este campo.

3. Human Cell Atlas (HCA)

- **Institución/es:** Colaboración global (centros académicos y consorcios; coordinación virtual entre decenas de instituciones; portal HCA).
- **Descripción:** El Human Cell Atlas es una iniciativa internacional *multidisciplinar* (biólogos, médicos, bioinformáticos, ingenieros, estadísticos, ética) cuyo objetivo es generar una cartografía exhaustiva de **todos** los tipos celulares humanos, en estados sanos y de enfermedad. Utiliza tecnologías de single-cell (ARN, epigenética, proteómica), imágenes de alta resolución y potentes infraestructuras de datos para construir atlas celulares por órgano, edad, etnia y condición. Las aplicaciones prácticas son enormes: diagnósticos más precisos, medicina personalizada, descubrimiento de dianas terapéuticas y comprensión del desarrollo y la enfermedad. HCA promueve estándares de datos abiertos, protocolos reproducibles y esfuerzos de diversidad poblacional para evitar sesgos. En 2025 sigue fomentando reuniones generales y lanzando nuevos subproyectos multicéntricos que integran muestreo clínico, análisis computacional y gobernanza ética.

4. Arqueología del Antropoceno y el Legado Humano

- **Institución/es:** Universidades con enfoque en humanidades ambientales y ciencias terrestres, como la Universidad de Leicester (Reino Unido) y la Universidad de Columbia (EE. UU.).
- **Descripción:** Este proyecto se enmarca en la nueva era geológica propuesta, el Antropoceno, un período en el que la actividad humana se ha convertido en la fuerza dominante que moldea el clima y el medio ambiente de la Tierra. El objetivo es documentar y analizar los "estratos" geológicos y materiales que caracterizarán la huella humana para el futuro. Esta disciplina combina la geología, la arqueología (estudio de la cultura material), la historia, la ecología y la química de materiales. Las características distintivas incluyen el estudio de los "tecno-fósiles" (residuos plásticos, concreto, contaminantes químicos persistentes) en el registro geológico, la investigación de los patrones de consumo de recursos a gran escala y su impacto, y la evaluación de cómo las decisiones culturales y políticas se manifiestan como cambios físicos en el planeta. Busca proporcionar una perspectiva histórica y material de la crisis ambiental actual.

5. EBRAINS.- Infraestructura europea para investigación cerebral

- **Institución/es:** EBRAINS (iniciativa derivada del Human Brain Project; infraestructura digital europea).
- **Descripción:** EBRAINS es una plataforma y red de servicios digitales (datos, modelos, atlas cerebrales, herramientas de simulación y computación) que da continuidad y amplía el legado del Human Brain Project. Es un nodo de colaboración entre neurocientíficos, clínicos, ingenieros, informáticos y legisladores para avanzar en neurociencia, medicina cerebral y tecnologías inspiradas en el cerebro. Ofrece recursos para compartir datos, reproducir experimentos, ejecutar simulaciones de cerebro y desarrollar aplicaciones en salud mental y neurotecnología. En 2025 EBRAINS organiza cumbres científicas, publica material divulgativo y mantiene servicios para investigadores europeos e internacionales.

6. Estudio de las Zoonosis y la Interconexión 'One Health'

- **Institución/es:** Organización Mundial de la Salud (OMS), Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y Facultades de medicina veterinaria y salud pública (p. ej., Universidad de Cornell, EE. UU.).
- **Descripción:** El concepto "One Health" (Una Salud) es un enfoque multidisciplinar que reconoce que la salud de los seres humanos está intrínsecamente ligada a la salud de los animales y al medio ambiente. Los objetivos principales de esta investigación son la prevención, detección y respuesta a las enfermedades zoonóticas (que se transmiten entre animales y humanos, como el COVID-19). La característica multidisciplinar se manifiesta en la colaboración esencial entre medicina humana, medicina veterinaria, ecología, microbiología, epidemiología y ciencias sociales. Los proyectos incluyen el monitoreo de patógenos en la fauna silvestre y el ganado, la modelización de la propagación de enfermedades en el contexto del cambio climático y la deforestación, y el diseño de políticas de salud pública que aborden la interfaz humano-animal-medio ambiente de manera integrada. Su finalidad es la vigilancia pandémica global y la promoción de sistemas alimentarios más seguros.

7. Desarrollo de Nuevos Materiales 2D y Nanotecnología

- **Institución/es:** Graphene Flagship (Unión Europea, con más de 170 socios), Instituto Coreano de Ciencia y Tecnología Avanzadas (KAIST).
- **Descripción:** La investigación en nanotecnología y materiales bidimensionales (como el grafeno y otros cristales 2D) se centra en explotar propiedades únicas de la materia a escala nanométrica para crear tecnologías disruptivas. Es altamente multidisciplinar, fusionando física cuántica, química de materiales, ingeniería eléctrica, ingeniería biomédica y ciencia de la computación. Los objetivos van desde el desarrollo de dispositivos electrónicos ultrarrápidos y flexibles (electrónica), hasta la creación de sensores de alta sensibilidad (para aplicaciones médicas o ambientales), y la fabricación de materiales compuestos súper-resistentes y ligeros. Las características centrales son la síntesis controlada de nuevos materiales atómicamente delgados, la exploración de sus propiedades electrónicas, ópticas y mecánicas únicas, y la integración a escala industrial. Su potencial de aplicación es vasto, desde baterías de carga rápida hasta implantes biomédicos.

8. Estudio de las Aguas Subterráneas como Reserva Estratégica

- **Institución/es:** Centros de investigación hidrológica y ambiental, como la Universidad de Waterloo (Canadá) o el Instituto Suizo Federal de Ciencia y Tecnología Acuática (EAWAG).
- **Resumen:** Ante la creciente presión sobre los recursos hídricos superficiales debido al cambio climático y al crecimiento poblacional, este campo de estudio se enfoca en comprender, gestionar y proteger los acuíferos subterráneos. Es un esfuerzo multidisciplinar que une hidrogeología, geoquímica, modelización matemática, teledetección (uso de satélites para medir la variación del almacenamiento de agua) y ciencias sociales (gestión de recursos y política hídrica). Los objetivos clave incluyen el mapeo tridimensional de los acuíferos globales, el seguimiento de las tasas de recarga y agotamiento, el estudio de la contaminación por nitratos y otros compuestos químicos, y la predicción de la escasez de agua en regiones áridas. El desafío central es integrar los modelos físicos del subsuelo con las decisiones socioeconómicas y políticas que regulan su extracción y uso.

9. Biología Sintética para la Producción de Biocombustibles y Fármacos

- **Institución/es:** Diversas instituciones como la Universidad de California en Berkeley (EE.UU.) y el Instituto de Biología Sintética (SIB) en Corea del Sur.

- **Resumen:** La Biología Sintética es una disciplina emergente que aplica principios de ingeniería y diseño a los sistemas biológicos, con el objetivo de diseñar y construir nuevas funciones biológicas que no existen en la naturaleza. Los proyectos en esta área son altamente multidisciplinarios, involucrando biología molecular, genética, ingeniería química, ingeniería de sistemas y ciencias de la computación. Los objetivos son amplios, incluyendo la reprogramación de microorganismos (bacterias y levaduras) para que actúen como "fábricas celulares" capaces de producir de manera sostenible biocombustibles avanzados, productos químicos de alto valor, o nuevos fármacos y terapias. Las características esenciales son el diseño modular de circuitos genéticos, la automatización del proceso de ingeniería biológica (ciclos de diseño, construcción, prueba y aprendizaje) y el desarrollo de herramientas de edición del genoma más precisas y eficientes como CRISPR.

10. Investigación sobre el Cambio Climático y sus Impactos Ecosistémicos y Sociales

- **Institución/es:** Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) como plataforma global; proyectos específicos en universidades como ETH Zúrich (Suiza), Universidad de Stanford (EE.UU.) y el Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático (Alemania).
- **Descripción:** Esta es un área que engloba miles de proyectos, enfocados en comprender y mitigar los efectos del calentamiento global. Los objetivos varían desde la modelización climática avanzada hasta la investigación de sus impactos. El trabajo es profundamente multidisciplinar, integrando ciencias atmosféricas, oceanografía, glaciología, ecología, economía, sociología y ciencias políticas. Las características distintivas incluyen el desarrollo de modelos predictivos de alta complejidad (físicos-matemáticos), el análisis de la resiliencia de los ecosistemas (biología y ecología), la evaluación de los riesgos sociales y económicos del clima extremo (economía, ciencias sociales) y el diseño de políticas de adaptación y mitigación (ciencias políticas, ingeniería). La meta es proporcionar la base científica más sólida para la toma de decisiones a nivel gubernamental e industrial, impulsando la transición energética y la sostenibilidad global.