

La innovación en la gestión de recursos vegetales como mecanismo de adaptación a zonas áridas (JAEPRE23-16)

Proyecto científico-técnico

Justificación de la relevancia del proyecto científico en el área de investigación

El presente proyecto se enmarca en el Programa de Investigación **Sostenibilidad Global**, uno de los tres programas marco de la IMF-CSIC y uno de los Desafíos Científicos del CSIC 2030 (reflejado en el Volumen 1 de los Libros Blancos). Además, está alineado con el primer objetivo de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación: situar a la ciencia, la tecnología y la innovación como ejes clave en la consecución de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** (ODSs) de la Agenda 2030. En particular, este proyecto se enmarca dentro del ODS12 (Producción y consumo responsables) y el ODS15 (Vida de ecosistemas terrestres).

Las zonas áridas constituyen el 47% de la superficie terrestre mundial en todos los continentes habitados, caracterizándose por la escasez de agua, con una precipitación media anual baja y una elevada evapotranspiración. Estas condiciones climáticas afectan a la cantidad de recursos bióticos que se pueden extraer de manera sostenible del ecosistema (las zonas áridas son considerablemente menos productivas que otros hábitats). Además, las precipitaciones no sólo son escasas sino también impredecibles (cuándo y cuánto lloverá), lo que provoca sequías y olas de calor recurrentes. Todos estos factores nos hacen percibir las zonas áridas como “entornos de alto riesgo” para la habitabilidad humana. A pesar de ello, los humanos han habitado zonas áridas durante milenios; las zonas áridas albergaron las primeras civilizaciones urbanas del Viejo Mundo (el valle de Huang He, el valle del Indo, Mesopotamia y Egipto) y, hoy en día, albergan a más del 38% de la población mundial.

En el escenario actual de cambio climático, se proyecta que más del 10% de la superficie terrestre mundial se volverá más seca para 2100, lo que podría afectar los medios de vida de miles de millones de personas. En este marco, **se hace necesario comprender cómo las poblaciones humanas del pasado se adaptaron a la vida en las zonas áridas para prepararse mejor para el futuro.**

Nuestra hipótesis es que **la clave de la adaptabilidad de las poblaciones humanas a las zonas áridas reside en la innovación en la gestión de los recursos vegetales.** En estos entornos de (comparativamente) baja productividad y alto riesgo, la innovación permitió a las poblaciones humanas hacer frente a la incertidumbre. La gestión de los recursos vegetales ha estado en el centro de los mecanismos de adaptación en las zonas áridas, lo que a menudo ha resultado en el desarrollo de estrategias económicas innovadoras. Por ejemplo, las zonas áridas fueron la cuna de algunas de las primeras economías productoras del mundo. Además, las necesidades de agua para la producción de alimentos también dieron lugar al desarrollo de tecnologías de riego complejas, como la agricultura de oasis. Más allá de la adquisición de recursos alimentarios, las poblaciones humanas de las zonas áridas también han innovado históricamente en cuanto al uso de recursos vegetales para la elaboración de artesanía, como material de construcción y como combustible, entre otros usos.

La **novedad** de esta hipótesis radica en el hecho de que trasciende el estudio de las estrategias de subsistencia *per se* y pone el foco de la investigación arqueobotánica en las zonas áridas hacia la innovación, que, según creemos, fue la clave para la adaptabilidad (y, por tanto, la supervivencia) de las poblaciones humanas. En concreto, este proyecto enfatiza la capacidad de las poblaciones humanas para crear nuevos sistemas acoplados ser humano-medio, permitiéndoles adaptarse a la escasez de recursos y minimizar el riesgo.

Objetivos

El objetivo general de este proyecto es **evaluar el papel de la innovación en las estrategias de adaptación humana a las zonas áridas**, específicamente la implementación de estrategias innovadoras de gestión de los recursos vegetales en respuesta a condiciones socio-ecológicas cambiantes en el Holoceno Medio. Este objetivo general se alcanzará a través de tres objetivos específicos (OEs):

1. Completar las colecciones de referencia de plantas modernas existentes en la IMF-CSIC para identificar los restos arqueobotánicos.
2. Analizar restos arqueobotánicos de tres casos de estudio en zonas áridas que muestran evidencia del desarrollo de estrategias innovadoras de gestión de los recursos vegetales en el Holoceno Medio.
3. Identificar tendencias/patrones en el papel de la innovación en la gestión de los recursos vegetales en las estrategias de adaptación humana a las zonas áridas a través de la integración de los datos arqueobotánicos con otros marcadores arqueológicos de cambios socio-económicos.

Este proyecto se centrará en dos tipos de restos arqueobotánicos: los fitolitos (restos microscópicos mineralizados de plantas) y los restos carpológicos (frutos y semillas). Se complementarán las colecciones de referencia de plantas modernas específicas para cada región de estudio existentes en la IMF-CSIC y se analizarán restos de plantas de los tres casos de estudio arqueológicos seleccionados, que son: a) sociedades cazadoras-recolectoras-pesqueras del Desierto de Atacama (el desierto no polar más árido del mundo), b) sociedades pastoras seminómadas que practicaban el cultivo oportunista en el Kachchh (una región árida en el noroeste de la India) y c) sociedades que practicaban agricultura de oasis en Omán (una de las regiones con temperaturas más altas del mundo).

Impacto de los resultados previstos

Este proyecto tendrá un gran impacto en la percepción del rol de los recursos vegetales en zonas áridas. Las zonas áridas son generalmente representadas como hábitats estériles en los cuales los recursos vegetales han jugado históricamente un papel secundario en las estrategias de subsistencia de las poblaciones humanas. Este proyecto demostrará que no solo los recursos vegetales fueron (y son) clave en la supervivencia de las poblaciones humanas, sino que además fue la innovación en la gestión de estos recursos lo que les permitió prosperar en estos hábitats, eventualmente dando lugar a las primeras civilizaciones urbanas del mundo.

Explicación detallada de que se dispone de los medios suficientes para llevar a cabo el proyecto de investigación y el plan de formación que se presenta

La IMF-CSIC dispone de todas las instalaciones necesarias para llevar a cabo este proyecto de investigación, incluyendo un laboratorio químico para la extracción de fitolitos de sedimentos arqueológicos y plantas modernas, colecciones de referencia de plantas modernas (fitolitos y frutos/semillas) específicas de las zonas de estudio de este proyecto doctoral y una sala de microscopía equipada para el análisis de restos micro- y macroscópicos de plantas. Además, el investigador responsable del proyecto tiene una larga experiencia en la arqueología y la arqueobotánica de zonas áridas y tiene acceso directo a las muestras que se analizarán como parte de este proyecto: es codirector del 'Proyecto Arqueológico en el Kachchh (India)' y colabora en un proyecto arqueológico en Omán dirigido por el Dr. Eugenio Bortolini (Università di Bologna), en el cual coordina los estudios arqueobotánicos y paleoecológicos; por último, las muestras del Desierto de Atacama proceden de un proyecto dirigido por la Dra. Débora Zurro (Investigadora Científica, IMF-CSIC).

Plan de formación

Programa de actividades de formación

El personal predoctoral contratado con esta ayuda JAE-PRE recibirá formación específica en la IMF-CSIC bajo la supervisión de los doctores Juan José García-Granero y Débora Zurro en los siguientes conocimientos substantivos y habilidades de desarrollo profesional:

Conocimientos substantivos:

- Arqueología de zonas áridas
- Creación y uso de colecciones de referencia de plantas modernas
- Procesado y análisis de muestras arqueobotánicas
- Análisis estadístico de datos arqueobotánicos

Habilidades de desarrollo profesional:

- Principios de Ciencia Abierta
- Preparación de artículos para revistas internacionales de alto impacto
- Preparación de ponencias en congresos científicos
- Organización de eventos científicos internacionales
- Diseño y ejecución de actividades de divulgación de la ciencia
- Prevención de Riesgos Laborales

La tesis se llevará a cabo en el marco del [Programa de Doctorado en Arqueología Prehistórica](#) de la Universitat Autònoma de Barcelona, el cual tiene un convenio vigente con la IMF-CSIC. Sujeto a la disponibilidad de fondos, el personal predoctoral llevará a cabo dos estancias formativas internacionales:

- Durante el primer año participará en el [Archaeobotanical Analysis in Practice Intensive Short Course](#) de la University College London (Reino Unido), un curso práctico de una semana impartido por el Dr. Dorian Fuller, arqueobotánico de renombre internacional.
- Durante el segundo año llevará a cabo una estancia de tres meses en el Muséum National d'Histoire Naturelle (París, Francia) bajo la supervisión de la Dra. Margareta Tengberg, arqueobotánica con amplia y reconocida experiencia en zonas áridas. Esta estancia le permitirá cumplir con uno de los requisitos para obtener la mención Doctor Internacional.

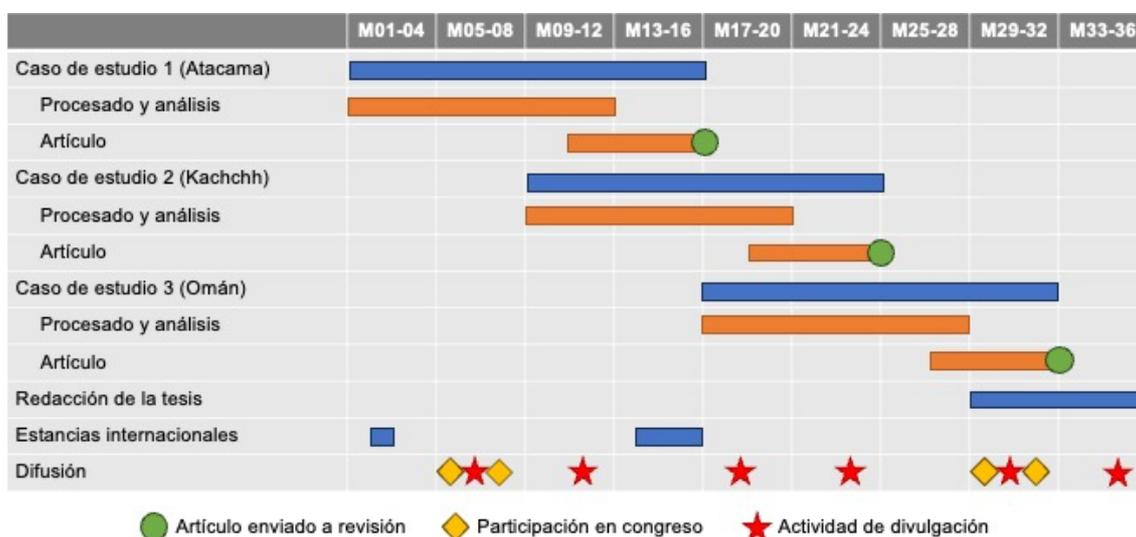
Cronograma de las actividades

Las actividades se llevarán a cabo en base al cronograma que se encuentra al final de este apartado (calculado entre enero de 2025 y diciembre de 2027). Las muestras arqueológicas que se analizarán como parte de este doctorado proceden de proyectos arqueológicos actualmente en marcha y con financiación vigente en el Desierto de Atacama (Chile), el Kachchh (India) y Omán, por lo que todas las muestras estarán a disponibilidad del personal predoctoral en el momento de empezar la tesis, lo cual permitirá empezar a procesar y analizar las muestras desde el inicio del contrato.

Esta tesis doctoral se llevará a cabo en el formato de compendio de publicaciones, por lo que se prevé la publicación de tres artículos científicos (uno para cada caso de estudio) en revistas internacionales del primer cuartil, tanto especializadas (p.e., *Vegetation History and Archaeobotany*,) como multidisciplinares (p.e., *PLoS ONE*). Todos los artículos resultantes de esta tesis doctoral se publicarán en acceso abierto (Gold Open Access) haciendo uso de los acuerdos del CSIC con las principales editoriales científicas internacionales en el marco del [Programa de Apoyo a la Publicación en Acceso Abierto para autores CSIC](#). Además, todos los artículos se

integrarán en [DIGITAL.CSIC](#) y todos los datos resultantes de esta investigación (por ejemplo, las bases de datos arqueobotánicas) se publicarán en abierto en [Zenodo.org](#).

Además de publicaciones científicas, el personal predoctoral llevará a cabo actividades para dar a conocer los resultados de su investigación en el ámbito académico (participación en congresos) y no académico (actividades de divulgación). Por lo que respecta a congresos, esta investigación se presentará en el *International Meeting on Phytolith Research* (julio de 2025 y 2027) y la Reunión Oikos de Bioarqueología, organizada por la Associació Catalana de Bioarqueologia (mayo de 2025 y 2027). Además, el personal predoctoral formará parte del Comité Organizador del 14th International Meeting on Phytolith Research, que tendrá lugar en la IMF-CSIC (coorganizado por el supervisor de la tesis doctoral) en julio de 2025. En lo referente a actividades de divulgación de la ciencia, el personal predoctoral participará anualmente en la Semana de la Ciencia y la Tecnología en el CSIC (noviembre de 2025, 2026 y 2027) y la Festa de la Ciència organizada por el Ajuntament de Barcelona (junio de 2025, 2026 y 2027).



Plan de seguimiento

El plan de seguimiento se irá adaptando a las necesidades de formación del personal predoctoral en cada uno de los aspectos detallados en el *Programa de actividades de formación*. Durante los primeros tres meses del contrato, el y la supervisora trabajarán estrechamente con el personal predoctoral para potenciar su conocimiento sobre aspectos teóricos y metodológicos en arqueobotánica y la arqueología de zonas áridas. A partir de ese momento, y una vez el personal predoctoral sea independiente a la hora de procesar y analizar muestras arqueobotánicas, éste se reunirá con el y la supervisora un mínimo de una vez por semana para solucionar dudas que puedan ir surgiendo y verificar que los objetivos marcados semanalmente se van cumpliendo; esta interacción aumentará en aquellos momentos en los que sea necesario (interpretación de los resultados, redacción de un artículo científico, presentación en un congreso, preparación de una actividad de divulgación, etc.). Además de estas reuniones semanales y períodos de trabajo conjunto, el y la supervisora y el personal predoctoral se reunirán al inicio de cada anualidad del contrato para comprobar que el cronograma presentado arriba se va cumpliendo e implementar las medidas correctivas que fueran necesarias.

Más allá de estas reuniones, el personal predoctoral participará en las reuniones mensuales del grupo HUMANE (Arqueología y Ecología Humana) y tendrá la oportunidad de interactuar con personal predoctoral, postdoctoral y de plantilla de la IMF-CSIC que desarrolla su investigación en zonas áridas.