



Proyecto de Aprendizaje- Servicio UCM convocatoria 2023-2024

HUERTOS URBANOS SALUDABLES: EVALUACIÓN EN TIEMPO REAL
DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS

José María Esbrí Víctor; Mari Luz García Lorenzo

Ciencias Geológicas
Facultad de Ciencias Geológicas

Índice de contenidos para el cuerpo de la memoria final:

1. Descripción del Equipo del proyecto y recursos humanos
2. Objetivos de aprendizaje propuestos-actividades /acciones- indicadores de logro
3. Objetivos de servicios propuestos-actividades/acciones-indicadores de logro
4. Cronograma de desarrollo
5. Metodología empleada
6. Evaluación multifocal y resultados
7. Transferencias
8. Conclusiones y propuestas de mejora
9. Anexos

1. Descripción del Equipo del proyecto y recursos humanos

El proyecto "Huertos Urbanos Saludables" se ha llevado a cabo con el objetivo de evaluar la presencia de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) en suelos de huertos urbanos y parques de la ciudad de Madrid. Ante el creciente interés en la agricultura urbana, es fundamental garantizar la seguridad y calidad de los alimentos producidos en estos entornos, asegurando que los niveles de EPTs en los suelos no representan un riesgo para la salud humana ni para los ecosistemas.

Este proyecto aborda por un lado un problema de salud pública y además fomenta la conciencia sobre la importancia de la calidad del suelo. A través de un enfoque de aprendizaje-servicio (ApS), se ha involucrado a estudiantes de diversas titulaciones de la Facultad de Ciencias Geológicas en actividades de investigación, capacitación y divulgación, promoviendo una formación práctica y comprometida con la sociedad.

Nombre y apellidos	Función y adscripción (director/a, miembro del equipo, PDI, PAS, estudiante)	Facultad/ Universidad	Departamento/ unidad departamental/ institución, organización
José María Esbrí Víctor	Director, PDI.	Ciencias Geológicas	Mineralogía y Petrología
Mari Luz García Lorenzo	Codirectora, PDI	Ciencias Geológicas	Mineralogía y Petrología
Pedro Castiñeiras García	PDI, miembro del equipo	Ciencias Geológicas	Mineralogía y Petrología
Elena Crespo Feo	PDI, miembro del equipo	Ciencias Geológicas	Mineralogía y Petrología
María Isabel Benito Moreno	PDI, miembro del equipo	Ciencias Geológicas	Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología
Inmaculada Ferri Moreno	PDI en formación, miembro del equipo	Ciencias Geológicas	Mineralogía y Petrología
Iker Martínez del Pozo	PAS laboral, miembro del equipo	Ciencias Geológicas	Mineralogía y Petrología
Mónica García García	Estudiante	Ciencias Geológicas	Máster de Geología Ambiental

Durante la ejecución del proyecto, la estudiante que había comenzado con el tema abandonó el TFM, asumiendo la realización del mismo la estudiante Mónica García García. Además, se ha incorporado al equipo el Doctorando Iker Martínez del Pozo.

2. Objetivos de aprendizaje-actividades-indicadores de logro.

Objetivos de aprendizaje propuestos	Actividades y acciones que los han desarrollado	Indicadores de logro
Conocer los riesgos asociados a la presencia de EPTs en suelos de huertos urbanos.	Realizar una revisión bibliográfica sobre la presencia de EPTs en suelos urbanos y sus efectos en la salud humana y los ecosistemas.	Se ha revisado la bibliografía existente en calidad de suelos urbanos de ciudades de más de 50,000 habitantes de España y Europa. Esta información forma parte de la introducción del TFM que está en fase de realización en este momento.
Comprender el funcionamiento del equipo de fluorescencia de rayos X portátil para la determinación de EPTs en suelos.	Participar en sesiones prácticas sobre el uso de la técnica de fluorescencia de rayos X portátil.	El estudiantado ha aprendido el método analítico y el uso del equipo de fluorescencia de rayos X portátil y han sido ellos los que han explicado el funcionamiento en los huertos urbanos visitados (tanto de propiedad privada en la ciudad de Madrid como de propiedad pública en la UCM).
Conocer las posibles acciones de remediación para reducir la presencia de EPTs en suelos de huertos urbanos.	Participar en talleres sobre técnicas de gestión sostenible del suelo y reducción de la contaminación.	A la vez que los estudiantes/agentes sociales han sido formados en la problemática de la presencia de EPTs en suelos urbanos, se ha hecho un trabajo de difusión/divulgación de distintas técnicas de

		remediación a los estudiantes y a los usuarios de huertos urbanos.
Sensibilizar sobre la importancia de una gestión sostenible y segura de los huertos urbanos.	Realizar actividades de divulgación y sensibilización sobre la importancia de la gestión sostenible y segura de los huertos urbanos.	Actualmente se está creando material divulgativo para poder ser distribuido en la red de huertos urbanos.
Fomentar la participación activa del estudiantado en un proyecto de investigación real y relevante para la sociedad.	Participar activamente en todas las etapas del proyecto de investigación, desde la planificación hasta la divulgación de resultados.	Los y las estudiantes involucrados han participado activamente en todas las etapas: desde el diseño del muestreo y el trabajo sobre el terreno hasta la interpretación de los resultados obtenidos. Las actividades de las asignaturas han concluido con un informe por grupos de los resultados obtenidos, mientras que el TFM se presentará a principios de 2025.

2.1. Explicar brevemente qué conocimientos y competencias de la asignatura/s, TFGs, TFM, Créditos de libre configuración de la titulación se han vinculado al desarrollo del proyecto

El estudiantado ha podido aplicar conceptos aprendidos en las asignaturas de Geoquímica Ambiental y Contaminación y Remediación de Suelos, ambas del Máster de Geología Ambiental, donde se abordan las principales vías de transferencia de EPTs desde diversos compartimentos ambientales hacia los suelos, así como los riesgos asociados a su presencia en altas concentraciones. Estos conocimientos son fundamentales para comprender cómo la

contaminación puede afectar a la salud pública y al medio ambiente. Durante el curso 2024-2025, estos contenidos continuarán formando parte de las actividades a realizar en ambas asignaturas.

Los estudiantes de doctorado que participan en el proyecto también están aplicando parte de los conocimientos generados. Inmaculada Ferri trabaja en evaluaciones de riesgos relacionados con la transferencia de EPTs a seres humanos, en especial con las distintas vías de exposición a través de las cuales adquirimos tóxicos. Iker Martínez, sin embargo, centra su trabajo en el desarrollo de estrategias de monitorización multielementales en suelos y residuos mineros, optimizando, entre otras técnicas, las aplicaciones portátiles de análisis in situ mediante Fluorescencia de Rayos X. Así pues, existe un nexo claro entre el desarrollo de este proyecto y su formación predoctoral, una relación que se mantendrá en el futuro, pues esta línea de investigación continuara formando parte de las líneas de trabajo de nuestro grupo de Investigación "Geoquímica de Exploración y Ambiental"

Para el alumnado participante, la experiencia práctica en la recolección y análisis de datos ha fortalecido habilidades como la gestión de proyectos, el trabajo en equipo y la comunicación científica, fundamentales para la divulgación de resultados a la comunidad. El estudiantado ha tenido la oportunidad de integrar los aprendizajes teóricos en un proyecto real y en una zona de trabajo que les es familiar, desarrollando competencias de investigación y educación ambiental, al sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de la calidad del suelo.

3. Objetivos de servicio-propuestos-actividades/acciones-indicadores de logro.

Objetivos de servicio propuestos	Actividades y acciones que los han desarrollado	Indicadores de logro
Identificar los niveles de EPTs en huertos urbanos	Determinación de la concentración de EPTs en huertos urbanos y parques de la ciudad de Madrid utilizando fluorescencia de rayos X portátil.	Se han analizado 10 parques urbanos, 3 zonas de huertos urbanos, y un parque infantil, obteniendo resultados cuantitativos sobre los niveles de EPTs presentes en los distintos medios
Comprender los riesgos asociados a la presencia de EPTs en suelos urbanos de Madrid	Interpretación de los resultados de los análisis geoquímicos y discusión sobre los riesgos asociados.	Elaboración de un TFM donde se recogen los resultados obtenidos y una categorización de los suelos analizados en función del uso, su naturaleza litológica y la presencia de EPTs en concentraciones superiores a ciertos umbrales indicadores de riesgo.
Desarrollar una metodología de evaluación de la presencia de EPTs en tiempo real	Diseño y validación de un protocolo para la determinación de EPTs mediante el equipo de fluorescencia de rayos X.	Implementación del protocolo de adquisición de datos en parques públicos, incluyendo la estrategia de adquisición de datos y el control de calidad mínimo para los objetivos marcados. Evaluación de la efectividad de esta metodología en la detección de valores anómalos de EPTs en tiempo real y el diseño de estrategias de ajuste del procedimiento a distintos tipos de escenario.
Tomar medidas para minimizar la exposición de la comunidad a	Desarrollo de recomendaciones de gestión y manejo de suelos y realización de talleres de sensibilización de	Creación de un plan de acción que diseña escenarios sencillos y medidas concretas de inmovilización de contaminantes adaptados

EPTs en suelos urbanos	procesos de contaminación para la comunidad.	a cada uno, con el objetivo de reducir la exposición de la población a EPTs en huertos o parques urbanos
------------------------	--	--

3.1. Descripción de la situación o necesidad social mejorada gracias al proyecto

Muchos huertos comunitarios y parques están ubicados en suelos que pueden haber soportado previamente actividades industriales, o se han construido con materiales de préstamo que provienen de áreas antropizadas, por lo que, como consecuencia de actividades potencialmente contaminantes, los valores de EPTs presentes en estos suelos pueden ser más elevados que en las zonas con niveles de fondo geoquímico. Si los valores de concentración de estos EPTs superan ciertos umbrales de toxicidad, pueden plantear riesgos significativos para la salud humana.

Este proyecto ha conseguido desarrollar una metodología que permite determinar de forma rápida y a bajo coste, mediante un sistema de análisis *in situ*, el contenido en estos EPTs, lo que permite detectar rápidamente la potencial contaminación en los suelos, y agiliza la toma de decisiones. El bajo coste de la metodología permite su aplicación en comunidades pequeñas y con pocos recursos económicos que, con mucha frecuencia, son más vulnerables a los procesos de contaminación por residir en zonas industrializadas o recién urbanizadas.

Además, el proyecto ha promovido la concienciación sobre la importancia de un manejo sostenible y seguro de los huertos/parques urbanos, implicando a estudiantes, a la comunidad universitaria y local en un proceso educativo que aumenta el conocimiento sobre los riesgos asociados a la presencia de EPTs en el suelo. Además, en el caso de los huertos urbanos, se fomentan prácticas agrícolas

responsables. Este enfoque integral ayuda a abordar problemas de sostenibilidad ambiental, ofreciendo un modelo que puede ser aplicado en otras ciudades.

4. Cronograma de desarrollo

<i>FASES del APS</i>	Actividades/acciones	S e p	O c t	N o v	D i c	E n e	F e b	M a r	A b r	M a y	J u n
0. Coordinación	Reuniones iniciales, establecimiento de roles y responsabilidades	X									
1. Preparación	Recopilación bibliográfica sobre la presencia de EPTs en huertos/parques urbanos	X									
	Capacitación sobre el uso del equipo de fluorescencia de rayos X portátil		X								
2. Organización	Diseño de redes y estrategias de muestreo y de análisis de los puntos seleccionados		X								
3. Realización	Determinaciones de EPTs en huertos urbanos utilizando el equipo de fluorescencia de rayos X			X	X	X					
	Análisis en el laboratorio: extracciones selectivas, análisis de riesgos, etc.				X	X					
	Análisis estadístico de los resultados de las determinaciones analíticas					X	X				
4. Cierre	Desarrollo de metodología de evaluación de la presencia de EPTs y planes para minimizar exposición					X	X				
	Educación y concienciación de la comunidad sobre riesgos y medidas						X	X			

5. Transferencia y seguimiento	Publicación de trabajos relacionados								X		
---	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--

5. Metodología empleada Describa la metodología empleada que le ha permitido la ejecución del proyecto de acuerdo con los objetivos de aprendizaje y servicio propuestos (250 palabras máximo).

La metodología empleada en el proyecto se basa en la combinación de la investigación científica, el aprendizaje práctico y el servicio a la sociedad. En primer lugar, se llevó a cabo una recopilación bibliográfica sobre la presencia de EPTs en huertos urbanos y parques, lo que ha permitido conocer el estado de otras ciudades en cuanto a contenidos de estos elementos en el suelo. La recopilación bibliográfica ha facilitado el diseño de actividades formativas específicas para los estudiantes del Máster de Geología Ambiental y el Programa de Doctorado, quienes han participado en sesiones prácticas sobre el uso de la técnica de Fluorescencia de rayos X portátil.

Durante la fase de ejecución, se realizaron análisis en diferentes huertos urbanos y parques de la ciudad de Madrid, utilizando el equipo portátil para determinar los niveles de EPTs en tiempo real. Esta metodología de evaluación *in situ* ha favorecido la participación del estudiantado y su capacidad de aplicar conocimientos teóricos en un ejemplo real. También se realizaron extracciones selectivas que permitieron al alumnado desarrollar sus capacidades de trabajo en laboratorio.

Tras la obtención de resultados, se ha aplicado una metodología estadística que ha permitido relacionar distintas variables y el contenido en EPTs. Además, se prevé una campaña de sensibilización

a la comunidad a través de materiales didácticos. El desarrollo de esta etapa se realizará cuando se disponga de medios económicos.

Finalmente, se va a promover la transferencia de conocimientos mediante la publicación de los resultados en un TFM y en un artículo científico.

6. Evaluación multifocal y resultados

La evaluación multifocal se ha centrado en la participación del estudiantado en la medición del contenido en EPTs en suelos urbanos, así como en la evaluación de la realización de prácticas en las asignaturas del Máster de Geología Ambiental, así como un Trabajo de Fin de Máster (TFM). Si bien no se han utilizado rúbricas formales, se han establecido criterios de evaluación a partir de la observación directa de la participación y el compromiso del estudiantado durante el proceso de recolección de datos y análisis.

Los estudiantes han tenido un papel fundamental en la evaluación ya que han participado en todas las etapas del proyecto, desde el diseño de muestreo, toma de datos e interpretación de los mismos. Esta participación ha fomentado el aprendizaje práctico y su aplicabilidad en los distintos escenarios diseñados durante la realización del proyecto. La colaboración con los docentes facilitó un entorno de aprendizaje colaborativo.

El éxito de estas sesiones prácticas se debe en gran parte a que el estudiantado puede recoger muestras cerca de sus hogares, lo que aumenta su motivación y fomenta una mayor participación. Por ello, durante el curso 2024-2025 se están llevando a cabo nuevamente con la nueva promoción del Máster de Geología Ambiental.

Los resultados del proyecto han supuesto un incremento en la conciencia sobre la presencia de EPTs en suelos urbanos, aunque también se han identificado retos, como la limitación de recursos, el acceso físico a ciertos huertos o el desconocimiento del origen de algunos materiales sobre los que se han desarrollado los parques y huertos urbanos o de donde proceden en el caso de los materiales de préstamo.

7. Transferencias

Se ha integrado la metodología y los resultados del proyecto en varias asignaturas relacionadas con la sostenibilidad, tanto de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica como en el Máster de Geología Ambiental, todos ellos impartidos en la Facultad de Ciencias Geológicas. Esto ha permitido que el estudiantado no sólo conozca la problemática de los EPTs en un ambiente urbano, sino que también se familiarice con las herramientas y técnicas utilizadas en el análisis y caracterización de suelos contaminados.

Además, tras una reunión con el Vicerrector de Tecnología y Sostenibilidad de la Universidad Complutense de Madrid, se ha aplicado la metodología en los huertos urbanos del Campus de Ciudad Universitaria. Este intercambio ha facilitado el alineamiento del proyecto con las políticas de sostenibilidad de la UCM.

Por último, se prevé la publicación de los resultados obtenidos en revistas académicas y la participación en conferencias relacionadas con la sostenibilidad, lo que permitirá compartir las lecciones aprendidas y fomentar la transferencia de conocimiento a otras instituciones y comunidades interesadas en abordar la problemática de los EPTs en entornos urbanos.

8. Conclusiones y propuestas de mejora. Reflexiones en torno a los logros, fortalezas, debilidades y oportunidades del proyecto y cómo seguir desarrollando en caso de que siga siendo socialmente necesario con propuestas concretas de mejora (300 palabras, máximo).

El proyecto ha logrado cumplir con sus objetivos de aprendizaje y servicio a pesar de la falta de financiación. Esto subraya la capacidad de movilizar recursos humanos y el compromiso de estudiantes y docentes en la investigación sobre la presencia de EPTs en suelos urbanos. La experiencia ha permitido no sólo identificar riesgos asociados a la contaminación del suelo urbano, sino también desarrollar una metodología que puede ser aplicada en otras ciudades y en otros parques de la ciudad de Madrid.

Entre los logros destacan la capacitación práctica del estudiantado en técnicas analíticas y la sensibilización de la comunidad sobre la importancia de la gestión sostenible de los huertos urbanos. Sin embargo, se han presentado desafíos, como la necesidad de mayores recursos para ampliar el alcance del proyecto y transferir los resultados.

Para continuar desarrollando esta iniciativa, es fundamental buscar financiación y establecer convenios con las instituciones locales para poder llevar a cabo un programa de difusión y concienciación. Asimismo, sería adecuado establecer acuerdos con instituciones educativas (fundamentalmente CEIP e IES) que usen el recurso de los huertos urbanos en sus planes docentes, para poder realizar con ellos actividades de evaluación del estado de sus suelos y de difusión de los riesgos derivados de la presencia de EPTs en ellos.

9. Anexos. Incluya el material necesario al que el proceso del informe haya referido y es interesante que se incluya material audiovisual que ilustre el proceso.

