

Informe de Resultados obtenidos por la UMH en el proyecto OPTIFANGS

INTRODUCCIÓN

El proyecto **OPTIFANGS** (INNEST/2023/115) tiene como objetivo mejorar la gestión agronómica de los lodos de depuradora (EDAR) mediante el uso combinado de **espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIR)** y **técnicas de inteligencia artificial**. La iniciativa busca optimizar la dosificación de estos materiales en agricultura, maximizando su valor como fertilizante orgánico y minimizando los posibles riesgos ambientales asociados a una aplicación inadecuada.

El proyecto se desarrolla en colaboración entre la **Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH)**, a través del instituto **CIAGRO-UMH**, la empresa **SAV** y la empresa tecnológica **Telenatura**, integrando conocimientos en gestión de residuos, agronomía, sensorización ambiental y modelización mediante inteligencia artificial.

Durante el año 2025 se completaron las principales tareas del proyecto, alcanzándose los objetivos científicos y tecnológicos previstos y desarrollándose herramientas digitales avanzadas para la gestión sostenible de los lodos de depuradora.

PRINCIPALES RESULTADOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS

Caracterización avanzada de lodos de depuradora

Uno de los primeros objetivos del proyecto fue ampliar el conocimiento sobre la composición agronómica y ambiental de los lodos procedentes de estaciones depuradoras. Para ello se realizaron **tres campañas de muestreo** que permitieron analizar la variabilidad anual de estos materiales.

Los análisis realizados incluyeron:

- Materia orgánica y humedad
- Nitrógeno total y sus diferentes formas
- Fósforo total y disponible
- Macronutrientes (K, Ca, Mg)
- Micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn)
- Conductividad eléctrica
- Metales pesados (Pb, Ni, Cr, Cd, Hg)
-

Estos resultados han permitido construir una **base de datos agronómica y ambiental de lodos de depuradora**, fundamental para el entrenamiento de modelos predictivos basados en espectroscopía NIR.

Desarrollo de una biblioteca de espectros NIR

La UMH ha desarrollado una **biblioteca de espectros NIR de lodos y suelos enmendados**, que constituye uno de los principales activos científicos del proyecto.

Esta biblioteca se generó mediante experimentos controlados en **mesocosmos**, en los que se evaluó el comportamiento de diferentes lodos en distintos tipos de suelo y a diferentes dosis de aplicación.

Las variables experimentales incluyeron:

- Tipo de tratamiento del lodo (digestión anaerobia o aireación forzada)
- Tipo de suelo (textura gruesa o fina)
- Dosis de aplicación (equivalente a 25 y 50 t/ha)
- Tiempo de incubación hasta 240 días

Los espectros obtenidos permiten identificar la **“huella dactilar” NIR de los lodos y de los sistemas suelo-lodo**, facilitando la estimación rápida de su composición y comportamiento agronómico.

Modelización de la dinámica de nutrientes en el sistema suelo-lodo

A partir de los experimentos de incubación, el equipo de la UMH desarrolló una **base de datos sobre tasas de mineralización del carbono y liberación de nutrientes**, lo que permite evaluar la capacidad fertilizante real de los lodos.

Los resultados muestran que la mineralización del carbono y la disponibilidad de nutrientes dependen de varios factores:

- Tipo de tratamiento del lodo
- Tipo de suelo receptor
- Dosis aplicada
- Tiempo transcurrido desde la aplicación

Por ejemplo, en suelos arenosos se observaron **tasas de mineralización más elevadas**, alcanzando valores superiores al 50 % tras 240 días en algunos tratamientos.

Estos resultados han sido fundamentales para desarrollar modelos predictivos capaces de estimar la liberación de nutrientes tras la aplicación de lodos en agricultura.

Desarrollo de la herramienta digital OPTIFANGS

Uno de los principales resultados del proyecto es el desarrollo de la **herramienta informática OPTIFANGS**, diseñada para apoyar la toma de decisiones en la gestión agronómica de lodos de depuradora.

La aplicación utiliza algoritmos de **machine learning** entrenados con la base de datos generada en el proyecto, permitiendo:

- Predecir la composición físico-química de los lodos a partir de su espectro NIR
- Evaluar su cumplimiento con la normativa para su uso agrícola
- Generar recomendaciones de uso y dosificación
-

La aplicación ha sido desarrollada en **R mediante el framework Shiny**, lo que permite su uso en entorno web y su integración con sistemas de gestión de datos espectroscópicos.

Optimización de la dosificación de lodos en agricultura

La versión más avanzada de la herramienta, **OPTIFANGS v2**, incluye un módulo de **recomendación de dosificación** que permite estimar la cantidad óptima de lodo a aplicar según diferentes parámetros agronómicos.

Entre los factores considerados por el modelo se encuentran:

- Tipo de lodo y su composición
- Cultivo objetivo
- Características del suelo (textura y composición)
- Requerimientos nutricionales del cultivo
- Tiempo de mineralización del lodo

De esta forma, la herramienta permite calcular estrategias de fertilización que optimizan el aporte de nutrientes (N, P y K) y reducen el riesgo de excesos o impactos ambientales.

Validación en condiciones reales de campo

Para validar los modelos desarrollados se han establecido **parcelas experimentales de campo (Living Labs)** en diferentes localizaciones de la Comunidad Valenciana.

Los ensayos se han realizado en:

- Faitanar (Valencia), en suelo franco
- Guardamar (Alicante), en suelo arenoso

En estas parcelas se están evaluando distintos tipos de lodos y dosis de aplicación, analizando parámetros como:

- Materia orgánica del suelo
- Mineralización del carbono
- Dinámica del nitrógeno
- Emisiones gaseosas (GEI y NH₃)
- Contenido en metales pesados

Los resultados obtenidos servirán para validar y mejorar los modelos predictivos incorporados en OPTIFANGS.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y PROTECCIÓN DE RESULTADOS

Con el fin de facilitar su futura explotación y transferencia al sector, la herramienta **OPTIFANGS: Raw Organic Material Predictor** ha sido registrada en el **Registro de la Propiedad Intelectual**, protegiendo su desarrollo software y sus algoritmos de modelización.

Asimismo, la publicación científica de los resultados se realizará una vez completado el proceso de protección de la propiedad intelectual y transferencia tecnológica del software desarrollado.

IMPACTO DEL PROYECTO

Los resultados obtenidos por la UMH en el proyecto OPTIFANGS contribuyen a:

- Mejorar la **gestión sostenible de lodos de depuradora**
- Favorecer la **economía circular y la recuperación de nutrientes**
- Reducir el riesgo de **exceso de fertilización y contaminación ambiental**
- Desarrollar **herramientas digitales para la agricultura de precisión**

La herramienta OPTIFANGS supone un avance significativo en la digitalización de la gestión de residuos orgánicos y su valorización agrícola, contribuyendo al desarrollo de sistemas agrarios más sostenibles y eficientes.