



Formación

Gemelos digitales en agricultura: fundamentos estructurales y aplicaciones con LiDAR



Índice

Descripción del curso	3
Objetivos de aprendizaje.....	3
Contenidos	3
Equipo docente	6
Perfil de participantes	7
Modalidad	8
Duración	8
Materiales requeridos	8

Descripción del curso

La digitalización del sector agrario constituye hoy un elemento clave para mejorar la competitividad, sostenibilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas. En este contexto, los **gemelos digitales** emergen como una herramienta avanzada de integración de datos que permite representar de forma virtual el sistema agrícola, combinando información estructural, estados dinámicos y procesos de gestión, y facilitando una toma de decisiones más informada y eficiente.

Las tecnologías **LiDAR** desempeñan un papel fundamental en la construcción de estos gemelos digitales al proporcionar una representación tridimensional precisa del terreno, del cultivo y de las infraestructuras asociadas. Esta representación estructural constituye la base sobre la cual pueden integrarse distintos procesos biofísicos y de gestión, como el riego, el crecimiento del cultivo o la acumulación de biomasa, permitiendo analizar la variabilidad espacial intra-parcela y su impacto sobre la productividad y la sostenibilidad.

El curso aborda la aplicación de los gemelos digitales en agricultura utilizando el **agua y el carbono como ámbitos principales de aplicación**, en coherencia con las métricas empleadas en políticas agrarias y climáticas. A partir de variables estructurales derivadas de LiDAR, se introducen conceptos básicos relacionados con la gestión eficiente del agua, la estimación de biomasa, el secuestro de carbono y la huella de carbono, conectándolos con modelos de crecimiento simplificados y enfoques utilizados en inventarios y sistemas de reporte ambiental.

El enfoque del curso es eminentemente **práctico y aplicado**, orientado a la comprensión de la arquitectura de los gemelos digitales y al uso operativo de la información estructural, sin requerir conocimientos previos en programación o modelización avanzada.

Objetivos del curso:

- *Comprender los fundamentos de los gemelos digitales aplicados a la agricultura*

Proporcionar una visión general del concepto de gemelo digital, sus componentes principales (estructura, estados, procesos y actualización) y su papel en la digitalización de los sistemas agrícolas.

- ***Analizar el papel de la tecnología LiDAR como base estructural del gemelo digital***

Examinar cómo las tecnologías LiDAR permiten generar representaciones tridimensionales del terreno y del cultivo, constituyendo la capa estructural sobre la que se integran datos y procesos de gestión agrícola.

- ***Identificar las variables estructurales relevantes derivadas de datos LiDAR***

Capacitar a los participantes para interpretar variables como altura del cultivo, cobertura vegetal, volumen del dosel y microtopografía, y comprender su relación con procesos de crecimiento, uso de recursos y productividad.

- ***Evaluar la integración de procesos de agua y carbono en el gemelo digital***

Analizar cómo la información estructural obtenida mediante LiDAR puede integrarse con datos climáticos y reglas basadas en modelos de crecimiento para apoyar la gestión del agua y la estimación de biomasa, secuestro de carbono y huella de carbono, en alineación con métricas de políticas agrarias.

- ***Desarrollar habilidades prácticas para la construcción y uso de gemelos digitales simplificados***

Asegurar que los participantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos mediante ejemplos prácticos y estudios de caso, construyendo gemelos digitales básicos orientados a la toma de decisiones en agricultura y sostenibilidad.

Contenidos

Fundamentos conceptuales

- Digitalización de la agricultura y evolución hacia gemelos digitales.

- Componentes de un gemelo digital agrícola (estructura, estados, procesos, y actualización).
- Diferencias entre SIG, modelos de simulación y gemelos digitales.
- Papel de la estructura del cultivo en la gestión de recursos y sostenibilidad.

Tecnologías LiDAR

- Principios de funcionamiento del LiDAR.
- Plataformas LiDAR: aéreo, UAV y terrestre
- Nube de puntos y productos derivados
- Representación estructural tridimensional del terreno, del cultivo, y de infraestructuras.

Variables estructurales y análisis espacial

- Modelos digitales del terreno y caracterización de la microtopografía
- Altura, cobertura y volumen del dosel vegetal.
- Variabilidad espacial intra-parcela y zonificación de manejo.
- Relación entre variables estructurales, crecimiento y productividad.

Integración de procesos: el agua y carbono como aplicaciones del gemelo digital

- Relación entre estructura del cultivo y gestión del riego.
- Integración de datos climáticos, de riego y de suelo en el gemelo digital.
- Introducción a la estimación de biomasa, crecimiento, y carbono a partir de variables estructurales.
- Uso del gemelo digital para apoyar decisiones relacionadas con la gestión hídrica, el secuestro de carbono y la sostenibilidad agrícola.

Implementación práctica y herramientas

- Integración de datos LiDAR en entornos SIG.
- Visualización y análisis de gemelos digitales simplificados.
- Herramientas para la toma de decisiones basadas en datos espaciales.

- Interpretación de resultados en el contexto de métricas agrarias y ambientales.

Casos prácticos

• Introducción a la toma de datos LiDAR en entornos agrícolas

Sesión práctica demostrativa sobre la adquisición de datos LiDAR, orientada a comprender el proceso de generación de nubes de puntos, los criterios básicos de planificación y los factores que condicionan la calidad de la información estructural utilizada en gemelos digitales.

• Ejemplos de aplicación de gemelos digitales en agricultura

Análisis de casos reales en los que la información estructural derivada de LiDAR se integra en gemelos digitales para apoyar la gestión agrícola, con especial atención a aplicaciones relacionadas con la variabilidad espacial, la gestión del agua y la estimación de biomasa y carbono.

• Construcción guiada de un gemelo digital agrícola básico

Desarrollo paso a paso de un gemelo digital simplificado, integrando datos LiDAR procesados y reglas básicas de funcionamiento, orientado a la toma de decisiones en un contexto agrícola y de sostenibilidad.

• Discusión de limitaciones, escalabilidad y futuras aplicaciones

Evaluación crítica de las limitaciones técnicas y operativas de los gemelos digitales basados en LiDAR, su escalabilidad a distintas explotaciones y cultivos, y su potencial evolución hacia sistemas más avanzados y alineados con políticas agrarias y climáticas.

Planificación

Tema	Profesor	Hora	Día
Introducción a los gemelos digitales en agricultura y digitalización del sector agrario	Óscar Pérez Priego	16:00–19:00	23/02
Tecnologías LiDAR y representación estructural del sistema agrícola	Óscar Pérez Priego	19:00–21:00	23/02
Variables estructurales derivadas de LiDAR y análisis espacial	Óscar Pérez Priego	16:00–19:00	24/02

Integración de procesos en el gemelo digital: agua y carbono como aplicaciones	Óscar Pérez Priego	19:00–21:00	24/02
Toma de datos LiDAR en entornos agrícolas (sesión práctica demostrativa)	César Hervás Castillo	9:00–12:00	25/02
Procesado básico de datos LiDAR y generación de variables estructurales	César Hervás Castillo	12:00–14:00	25/02
Construcción guiada de un gemelo digital agrícola simplificado	Óscar Pérez Priego / César Hervás Castillo	15:00–18:00	25/02
Aplicaciones del gemelo digital en gestión del agua, carbono y sostenibilidad	Óscar Pérez Priego	9:00–10:00	26/02
Limitaciones, escalabilidad, alineación con políticas agrarias y cierre del curso	Óscar Pérez Priego	10:00–12:00	26/02

Equipo docente

- Óscar Pérez Priego; Dr. Ingeniero de Montes; Profesor contratado (Universidad de Córdoba). Departamento de Ingeniería Forestal. <https://orcid.org/0000-0002-3138-3177>; oscar.perez.priego@uco.es
- César Hervás Castillo; Ingeniero Agrónomo; Responsable de Unidad técnicas geoespaciales del Servicio Central de apoyo a la investigación (Universidad de Córdoba).

Perfil de participantes

- **Técnicos y asesores del sector agrario** que deseen incorporar herramientas digitales avanzadas para la caracterización estructural de cultivos y la mejora de la toma de decisiones en sistemas agrícolas.
- **Profesionales de empresas tecnológicas y de servicios agrícolas** interesadas en el desarrollo e implementación de soluciones basadas en LiDAR, análisis espacial y gemelos digitales aplicados a la agricultura.
- **Universidad y ámbito académico:** estudiantes de grado y posgrado, personal investigador y profesorado que quieran adquirir una base conceptual y práctica sobre gemelos digitales agrícolas y el uso de tecnologías LiDAR.

- **Funcionariado público y responsables de planificación agraria y gestión del agua** que trabajen en políticas agrícolas, modernización del regadío y sostenibilidad, y que requieran comprender el potencial de los gemelos digitales y la teledetección 3D en la gestión eficiente de los sistemas agrícolas.

Modalidad

- Presencial y online

Duración

- 21 horas

Materiales requeridos

- **Ordenador portátil personal** (Windows, macOS o Linux) con capacidad básica para manejo de datos espaciales.
Se recomienda un mínimo de **8 GB de memoria RAM y espacio libre en disco**.
- **Conexión a internet estable**, necesaria para la descarga de datos, acceso a plataformas de visualización y uso de recursos en línea durante las sesiones prácticas.
- **Software de uso libre o gratuito**, que se facilitará e instalará durante el curso:
Visor y entorno SIG de código abierto (p. ej., QGIS, R).
Herramientas básicas de visualización de nubes de puntos LiDAR.
- **Conocimientos informáticos básicos**, equivalentes al uso habitual de aplicaciones de oficina y navegación web.
Conocimientos previos en programación, SIG o teledetección es deseable.
- **Material didáctico proporcionado por el curso**, que incluirá:

Conjuntos de datos LiDAR reales para prácticas.
Guías paso a paso para las sesiones prácticas.
Presentaciones y documentación de apoyo.