

El Grupo de Trabajo “Gestión de Malas Hierbas en Agricultura de Precisión” tiene como finalidad la discusión de los procedimientos, resultados y problemática del desarrollo de un control localizado de las malas hierbas en los principales cultivos mediterráneos.

1. Agricultura de Precisión

En estas últimas dos décadas, y gracias a la disponibilidad de nuevas tecnologías geoespaciales y de la información (sistemas de posicionamiento global por satélite (GPS), sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de teledetección de alta resolución, sensores y controladores de maquinaria agrícola,) ha podido hacerse realidad el manejo de precisión de las explotaciones agrarias. De esta forma ha surgido el concepto de Agricultura de Precisión (AP), definido como la estrategia de manejo que emplea tecnologías de la información para transformar datos obtenidos de múltiples orígenes en decisiones localizadas y asociadas a la producción de cultivos. Los beneficios potenciales de la AP incluyen: a) el margen económico de la producción de cultivos puede ser incrementado mediante una mejora en los rendimientos o una reducción en los insumos; b) el riesgo de contaminación ambiental relacionado con un incorrecto uso de agroquímicos; c) la aplicación más precisa y dirigida a las zonas donde realmente es necesaria; y d) el registro de todos los datos referentes a dichos tratamientos puede mejorar la trazabilidad de los productos agrarios.

La actual coyuntura agraria, caracterizada por las mayores demandas de cereales a nivel mundial (con el desvío de parte de esta demanda hacia biocombustibles), puede ser una excelente oportunidad para volver a incentivar la productividad a través de la innovación. Los mayores márgenes económicos obtenidos por los agricultores gracias al alza de precios unidos a la creciente presión social para reducir el uso de energía y agroquímicos, pueden redundar en un aumento del interés de los empresarios agrícolas por la implementación de las tecnologías de AP.

2. Desarrollo de sistemas de manejo localizado de malas hierbas

Los sistemas de manejo localizado de malas hierbas tienen cuatro partes bien diferenciadas:

- **La percepción:** Detectar e identificar las principales malas hierbas que infestan la parcela
- **La toma de decisión:** Elaborar un plan de actuación en función de lo percibido, otra información disponible (p. ej. experiencia sobre la parcela) y de los objetivos establecidos.
- **La actuación:** Poner en marcha el plan (p.ej. generar las señales adecuadas para actuar sobre las electroválvulas del equipo de aplicación de tratamientos).
- **La evaluación:** Estimar las consecuencias derivadas de la aplicación del plan previsto y valorarlas en términos económicos y medioambientales.

Cada una de estas partes plantea diversos problemas específicos y diversas opciones tecnológicas para resolverlos:

- Tipo de detección: ¿Es preferible realizar la detección desde plataformas aéreas/espaciales o desde vehículos terrestres?
- Nivel de discriminación: ¿Interesa únicamente discriminar el cultivo del conjunto de las malas hierbas? ¿Convendría distinguir grandes grupos de

malas hierbas (p.ej. ¿gramíneas vs. dicotiledóneas? ¿Interesaría llegar a discriminar entre las diversas especies de malas hierbas?

- Grado de resolución espacial: ¿Cuál es la unidad óptima de manejo (detección y tratamiento)? ¿varias zonas dentro de una parcela? ¿cada uno de los rodales individuales?
- Separación entre detección y tratamiento: ¿Interesa realizar tratamientos basados en mapas generados con anterioridad o sería preferible realizar tratamientos en tiempo real?
- Tipo de tratamientos: ¿Es preferible utilizar un umbral de tratamiento y aplicar la dosis completa de herbicida cuando se supera dicho umbral o ajustar la dosis de herbicida al nivel de infestación presente? ¿Es preferible tratar independientemente cada una de las especies (o grupos de especies con similares respuestas a los herbicidas) o realizar un único tratamiento con una mezcla de productos?

Distintas situaciones agronómicas pueden requerir diferentes soluciones tecnológicas. Por ejemplo, en cultivos de regadío establecidos en líneas anchas (p. ej. maíz) nos parece inicialmente más adecuado el planteamiento de realizar tratamientos localizados en tiempo real, detectando las malas hierbas entre las líneas del cultivo desde vehículos terrestres y utilizando altas resoluciones de manejo (<100 m²). En cambio, en los cultivos de secano en líneas estrechas (p. ej. cereales de invierno) nos parece más conveniente llevar a cabo la detección desde plataformas aéreas o espaciales, utilizando zonas de manejo relativamente amplias (>1000 m²) y realizado los tratamientos en base a mapas de infestación.

Estos planteamientos son abordados por el Grupo de Trabajo lo que lleva aparejado la necesidad de disponer de un equipo relativamente numeroso y de carácter multidisciplinario, con capacidad para debatir las diversas temáticas en profundidad.

3. Reuniones e Integrantes

Este grupo se reúne periódicamente (normalmente 1 vez al año, Figura 1) y actualmente está formado por investigadores de diversas instituciones públicas (Instituto de Ciencias Agrarias (CC. Medioambientales-CSIC-Madrid), Instituto de Automática Industrial (CSIC-Madrid), Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC-Córdoba), Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC-Madrid), Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Politécnica de Barcelona y Universidad de Córdoba). Los trabajos sometidos a discusión están englobados en objetivos a desarrollar en proyectos de investigación financiados por el M^o de Ciencia e Innovación.

La última reunión tuvo lugar el 21 de Enero 2009 y de forma resumida los temas de discutidos estuvieron en torno a los siguientes puntos:

1) Detección terrestre:

1 a) Muestreos de campo a pie (Figura 2) o subidos a cosechadoras.

1 b) Desarrollo de métodos de visión artificial para identificación de malas hierbas en cultivos con robot móviles equipados con GPS y cámaras de video y fotográficas (Figuras 3 b y 4b).

1 c) Toma de decisiones para tratamientos localizados en tiempo real (Figura 4 a).

2) *Detección remota: Teledetección con imágenes aéreas e imágenes de satélite* (Figuras 5 y 6)

- 2 a) Desarrollar técnicas para cartografiar zonas infestadas de malas hierbas.
- 2 b) Diseño de mapas de tratamientos herbicidas a escala de finca y comarcal.
- 2 c) Toma de decisiones basadas en mapas previos.

3) *Toma de decisiones de control* (Figura 7)

- 3 a) Establecimiento de relaciones entre los niveles de infestación observados en parcelas comerciales y los rendimientos del cultivo en dichas zonas.
- 3 b) Determinación de umbrales de tratamiento.
- 3 c) Ajuste de la dosis del herbicida a la densidad poblacional de la mala hierba

Figura 1. Integrantes del Grupo de Trabajo: **Gestión de Malas Hierbas en Agricultura de Precisión** (Córdoba, 21-Enero-2009). Foto Liliana Barreto (Instituto de Economía, Geografía y Demografía/ CSIC-Madrid)



Figura 2. a) Rodales de crucíferas en plena floración en trigo; b) Georreferenciación de un rodal de Avena en trigo: datos verdad terreno para elaborar un mapa de emergencias con interpolaciones o para clasificar una imagen aérea o de satélite. Fotos Francisca López Granados y cols. (Instituto de Agricultura Sostenible/ CSIC-Córdoba).

a)

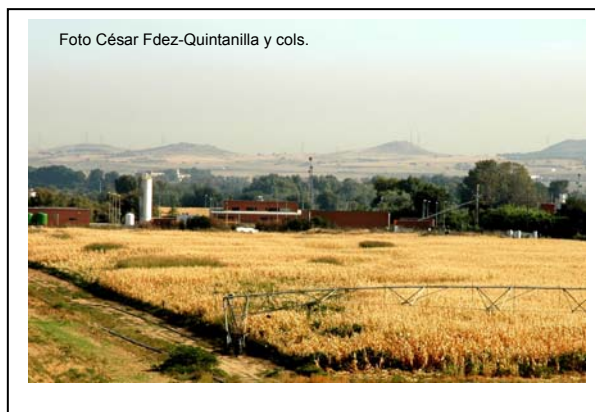


b)



Figura 3. a) Rodales de Sorgo en un cultivo de maíz en más avanzado estado de maduración (Foto César Fernández-Quintanilla y col.); b) Detección de malas hierbas entre las líneas de maíz utilizando sensores optoelectrónicos conectados a un sistema GPS y a un ordenador equipado con un programa especial de cartografía de objetos. Equipo desarrollado por Instituto de Ciencias Agrarias (César Fernández-Quintanilla y cols.) e Instituto de Automática Industrial (Ángela Ribeiro y cols.), CSIC-Madrid.

a)



b)



Figura 4. a) Plataforma experimental, robot tractor DEDALO; b) Robot Cartógrafo: Vehículo de pequeña envergadura con un PC embargado. Dispone de cámara y GPS. Capaz de navegar en campo de modo autónomo siguiendo las líneas de cultivo (primer prototipo). Fotos Ángela Ribeiro y col. (Grupo de Percepción Artificial, GPA, Instituto de Automática Industrial/ CSIC-Madrid).

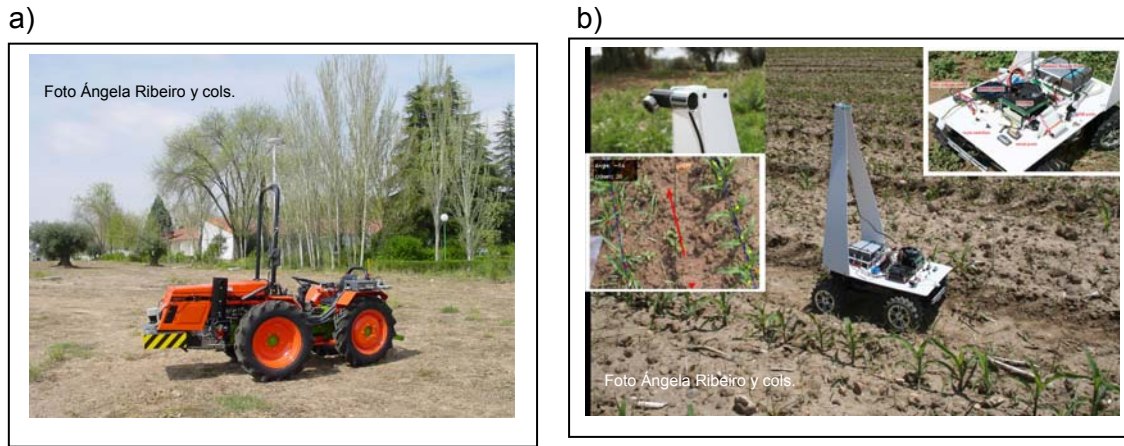


Figura 5. a) Campo de trigo en avanzado estado de maduración infestado con rodales de Avena aún fotosintéticamente activa; b) Imagen aérea, en círculo rojo la zona correspondiente a dicho campo; c) (●) Mapa de infestaciones obtenido (●) trigo, y (○) suelo desnudo. Fotos Francisca López Granados y col. (Instituto de Agricultura Sostenible/ CSIC-Córdoba).

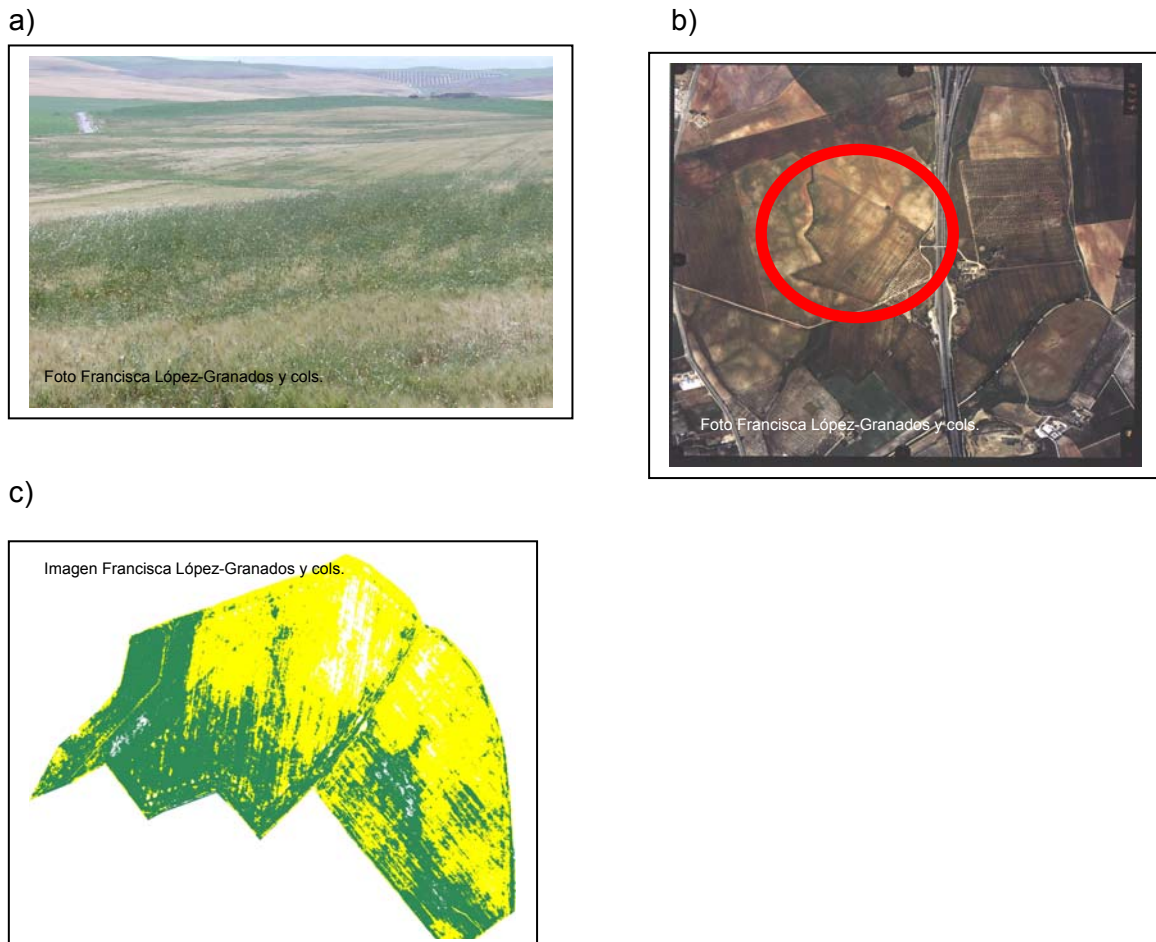


Figura 6. a) Detalle de infestaciones de *Ridolfia segetum* (nerdo) en girasol; b) Imagen aérea de la parcela correspondiente a dichas infestaciones; c) Mapa de infestaciones (●) y cultivo (●) obtenido después del análisis de dicha imagen. Fotos Francisca López Granados y cols. (Instituto de Agricultura Sostenible/ CSIC-Córdoba).

a)



b)



c)



Figura 7. a) Mapa de infestaciones (pl / m^2) de malas hierbas de hoja ancha en trigo; b) Mapa de tratamientos localizados según umbrales de infestación. Imágenes Francisca López Granados y cols. (Instituto de Agricultura Sostenible/ CSIC-Córdoba).

