

## 19. LA AGRICULTURA Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

---

*Juan Morillo Barragán  
Manuel Martín Bellido  
Ernesto de Miguel Gordillo*

### 1. INTRODUCCIÓN

En la segunda mitad del siglo XX se produjeron grandes transformaciones en la sociedad, derivadas de los numerosos avances tecnológicos alcanzados en épocas anteriores. La revolución industrial trae como consecuencia en la agricultura la utilización de maquinaria cada vez más pesada y sofisticada que facilita el laboreo y permite el cultivo de nuevas áreas no colonizadas. Los sistemas tradicionales de cultivo dan paso a sistemas más intensivos, donde se utiliza maquinaria más especializada para las distintas operaciones de labranza, siembra o recogida de las cosechas. Se aplica la mejora genética de las plantas para facilitar la mecanización, y el conocimiento de las necesidades nutritivas de los cultivos, hace que se utilicen fórmulas de fertilización y dosis de riego que permitan un cultivo racional utilizando los productos más adecuados (semillas selectas, dosis de riego, fertilizantes, etc.). Por otra parte, se avanza en la producción animal, y las distintas razas se especializan en diferentes producciones (leche, carne, lana, etc.). Para conseguir una ganadería competitiva, se fabrican piensos equilibrados y de bajo costo, se utilizan vacunas, hormonas, etc.

En estos momentos estamos viviendo una tercera revolución, la *Revolución de la Información*, comparable a las otras dos que ya transformaron la Humanidad, nos referimos a la *Revolución Neolítica* y a la *Revolución Industrial*. La Revolución de la Información basada en los datos, conocimientos y programas, está condicionando la economía en todas sus etapas. En ella, la gestión, la calidad y la velocidad de la información se convierten en factor clave de la competitividad de las empresas. Junto a ésta, los avances de las ciencias de la vida (biotecnologías) generarán impulsos sin precedentes en la productividad, tanto en la industria como en la agricultura del siglo XXI.

No obstante, y desde una perspectiva global, para las próximas décadas se sigue esperando un fuerte crecimiento demográfico, sobre todo en el Tercer Mundo – hasta 9.000 millones de personas en 2050 –, por lo que seguirá siendo necesario incrementar las producciones de alimentos. De hecho, una vez utilizado todo el suelo laborable disponible, incluso se han llegado a roturar grandes superficies forestales que nunca debieron tener uso agrícola, la única vía que nos queda es la de incrementar los rendimientos por hectárea de los cultivos. Factores como el suelo laborable, el agua dulce y la energía, se encuentran en el límite de disponibilidad.

El incremento del uso de los productos químicos de síntesis y la intensificación de las prácticas de cultivo, con la mecanización a partir de los años 50, ha producido un notable aumento de la producción y productividad agrícola; aunque ello, frecuentemente, ha ido acompañado de efectos ambientales negativos. En especial, y en nuestras condiciones, la degradación del suelo y la calidad del agua.

Por otra parte, en un entorno socioeconómico más cercano, nos encontramos en pleno proceso de ampliación de la Unión Europea a los países del Este, reforma de la política agraria comunitaria y nuevas exigencias del consumidor respecto a la calidad y la seguridad alimentaria. Por todo ello, es por lo que es imprescindible mejorar la competitividad de las explotaciones extremeñas. Un papel decisivo para poder alcanzar estos objetivos lo deben desempeñar la implantación y extensión de las Nuevas Tecnologías en el sector agrario, tanto en las fases de producción como en las de transformación y comercialización de sus productos. Éstas se centrarán, fundamentalmente, en el desarrollo de la Sociedad de la Información en nuestro mundo rural, la aplicación de la biotecnología y el avance que el desarrollo tecnológico brinda a nuestras explotaciones, herramientas que se engloban en lo que conocemos como Agricultura de Precisión

## **2. LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN**

### **2.1. Globalización y sociedad de la información**

La globalización es un término moderno usado para describir los avances tecnológicos, la apertura de los mercados de capitales y las transacciones de bienes y servicios que se realizan a nivel mundial. Sin duda, cada vez existe una mayor interrelación económica entre los países. La globalización está presente en casi todas las actividades económicas, principalmente en las telecomunicaciones, la informática, el comercio internacional y las finanzas. Se apoya en las *tecnologías de la información y la comunicación* (TICs), permite acercar más a las personas y da a conocer hechos remotos en tiempo real.

Si la sociedad industrial supuso un cambio desde una sociedad eminentemente agraria hacia un sistema industrial, la sociedad de la información, basada en las TICs en los servicios públicos, las PYMES y los hogares, ha transformado el modelo industrial en una sociedad de conocimiento basada en la información, contribuyendo a impulsar el crecimiento y el empleo. Esta sociedad se caracteriza por la capacidad de sus miembros (ciudadanos, empresas y Administración Pública) para obtener información de forma instantánea sin ningún tipo de fronteras.

Las TICs supusieron un cambio sin precedentes en las formas de comunicarse al comienzo de los años 90, con la popularización de los ordenadores personales (PCs). El acceso paulatino que se ha dado a Internet con el aumento de velocidad de acceso y abaratamiento de las comunicaciones, ha hecho que esta herramienta que inicialmente había sido utilizada por la comunidad científica, pase a ser un instrumento de uso masivo, sobre todo en el mundo occidental. Se calcula, a nivel mundial, que las conexiones directas a Internet pasaron de ser menos de cien mil en 1988 a más de 1.000 millones el 31 de enero de 2006. Estos datos demuestran que Internet es el instrumento de comunicaciones de más rápido crecimiento que ha habido en la historia.

En España, en 2005, más de 15,5 millones de personas utilizaron Internet, lo que representa el 42% de la población, con más de 5,27 millones de hogares con acceso a la Red (INE, 2006). En relación con Europa, de acuerdo con Eurostat, España está por debajo de la media de la UE en 8 puntos porcentuales en las personas y 12 puntos respecto de los hogares. En Extremadura, tanto las personas que utilizan Internet (31,4%) como los hogares que disponen de acceso (20,5%) se encuentran en el último escalón de todas las Comunidades Autónomas.

## **2.2. La brecha digital**

La expresión *Brecha Digital* se refiere a la diferencia socioeconómica entre comunidades que tienen Internet y aquellas que no lo tienen. También hace referencia a las diferencias que hay entre individuos, grupos o áreas geográficas según su capacidad o habilidad para utilizar las TICs de forma eficaz, debido a los distintos niveles de alfabetización y capacidad tecnológica.

La brecha digital, en la mayor parte de los casos, es consecuencia de la brecha tecnológica que existe entre países, sociedades o individuos. Sabemos que sólo la mitad de la población mundial dispone de electricidad o teléfono; esto significa que están en una clara desventaja respecto a la utilización de las TICs, a pesar de los programas que llevan organismos internacionales como la FAO.

A otro nivel, este fenómeno también ocurre en los países más desarrollados y en concreto entre regiones ricas y pobres, entre los ciudadanos de las grandes ciudades y los del medio rural. En el medio rural, la utilización de Internet no sólo depende del coste sino que la limitación es la disponibilidad de telecomunicaciones. Además, en nuestro entorno el uso de Internet se encuentra estratificado; es mucho más común en jóvenes, hombres, habitantes del medio urbano y personas con niveles superiores de formación e ingresos que en personas de edad avanzada, mujeres y, por supuesto, habitantes del medio rural.

## **2.3. El medio rural y el desarrollo rural**

Existen numerosas definiciones y aproximaciones al concepto de medio rural. En general, se le asocia al medio agrario y en sentido amplio al medio natural. El medio rural desarrolla funciones comerciales de producción (agrícola, ganadera, forestal, etc.) que tradicionalmente se le atribuyen, funciones realizadas en otras actividades econó-

micas (artesanía, turismo, etc.), así como funciones ambientales (conservación de la naturaleza, paisaje, etc.).

Aunque la diferenciación del medio rural con el urbano se hace de forma diversa entre países y regiones, en general, se considera el número de habitantes de los núcleos de población como determinantes de la frontera entre lo rural y urbano. Las últimas estadísticas apuntan a que la mitad de la población de la UE-25 vive en áreas rurales, que ocupan el 90% del territorio. En España, las zonas rurales abarcan más del 80% de la superficie, contando con una población (de los municipios de menos de 10.000 habitantes) del 35% del total nacional (MAPA, 2004). En Extremadura, más de la mitad de la población (52%), vive en el medio rural.

Con estos datos, se entiende que la política agrícola y rural debe desempeñar un papel fundamental en la cohesión territorial, económica y social de la UE, de España y de Extremadura. Así, la población que habita estas zonas, debe contar con los medios adecuados para permanecer en ellas, para crear riqueza y tener perspectivas de futuro a largo plazo, como se establece en las políticas de Desarrollo Rural comunitarias englobadas en la PAC que actualmente se llevan a cabo y que tienen su origen en la declaración de Cork de 1996, su continuación en la agenda 2000 y sus herramientas en los distintos Fondos Comunitarios.

#### **2.4. Directrices estratégicas comunitarias de desarrollo rural**

De las Directrices Estratégicas Comunitarias de Desarrollo Rural (CE 144/2006), se destaca que la aplicación de los avances tecnológicos está presente en todas ellas, centrándose en las prioridades de transferencia de conocimientos, modernización, innovación y calidad en la cadena alimentaria y en los sectores prioritarios de inversión en capital físico y humano. Entre las actuaciones que se anima a los estados miembros a acometer en el ámbito de los objetivos de este trabajo están: facilitar el acceso a la I+D, a las innovaciones y a las actuaciones desarrolladas en virtud del séptimo Programa Marco; impulsar la adopción y la difusión de las TICs ya que el sector agroalimentario en su conjunto, y en especial las pequeñas empresas, se encuentra rezagado en lo que a tecnologías de la información y la comunicación se refiere. Son muy pocas las empresas que han incorporado aplicaciones de comercio electrónico, exceptuando las grandes multinacionales y sus grandes proveedores.

En cuanto a la mejora de la calidad de vida en las zonas rurales, en este trabajo se destacan algunas actuaciones básicas, como impulsar la aceptación y el uso de las TICs, ya que éstas son imprescindibles para la diversificación y para el desarrollo local, el suministro de servicios locales y el fomento de la inclusión electrónica. Mediante iniciativas locales de las TICs destinadas a poner a disposición de los habitantes, a través de estructuras públicas, equipos informáticos, conexión a la red y formación informática, pueden hacerse economías de escala. Estas iniciativas pueden facilitar enormemente la aceptación de las tecnologías de la información por los agricultores y las empresas rurales y el uso del comercio electrónico.

Es preciso aprovechar plenamente las posibilidades ofrecidas por Internet y por las comunicaciones de banda ancha, para paliar las desventajas de la localización geo-

gráfica. Se considera un mayor uso de las TICs para fomentar el desarrollo del turismo, ya que es un sector decisivo para el crecimiento de muchas zonas rurales, susceptible de aprovechar el patrimonio cultural y natural.

## **2.5. Mejora del medio rural en función de las nuevas tecnologías**

Existe gran coincidencia en las conclusiones tanto de la Jornada Internacional sobre Nuevas Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en el Futuro de la Agricultura y del Mundo Rural, como del *Encuentro Sobre el Sector Agroalimentario y el Mundo Rural en la Sociedad del Conocimiento* (2005). Consideran que la información y el conocimiento son dos factores necesarios para que el sector agrario y el mundo rural puedan adaptarse a los cambios que la liberalización económica y la globalización han introducido en la economía mundial, y a los cuales no pueden permanecer ajenos. Es necesario que el acceso del mundo rural al uso de estas nuevas tecnologías se pueda hacer en condiciones semejantes a las del medio urbano.

Asimismo, se deben adoptar las iniciativas necesarias para que información y conocimiento lleguen a los agricultores y habitantes del medio rural a través de formatos electrónicos de forma simplificada y asequible. Por otra parte, se considera necesario hacer llegar, con más intensidad al mundo urbano, información y conocimiento sobre las peculiaridades de los sistemas de producción y de elaboración de alimentos. El uso del conocimiento y de las nuevas tecnologías deben contribuir a mejorar los procesos productivos y a facilitar el derecho de los ciudadanos a conocer el origen y los procedimientos con los que han sido producidos y tratados hasta su adquisición para el consumo.

La aplicación de las nuevas tecnologías para la mejora de los sistemas productivos o de las comunicaciones entre las administraciones y el sector agrario, pueden originar avances de interés para el resto de la sociedad. En este sentido ha sido notorio el impacto social que ha tenido y tiene, desde numerosos puntos de vista, todos ellos ligados al concepto de ordenación del territorio, el desarrollo del "Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas" (SIGPAC), que se considera un ejemplo a seguir en cualquier proceso de transformación de información en conocimiento, con beneficio para el sector agrario y para el conjunto de la sociedad.

Las empresas que componen el sector de las nuevas tecnologías deben contemplar al mundo rural como un espacio de interés para sus negocios, y deberían impulsar el desarrollo de este mercado en el que empiezan a fructificar proyectos e iniciativas. Se destaca que la adquisición de capacidades en la gestión del conocimiento y en el uso de las nuevas tecnologías es tan fundamental como la existencia de infraestructuras que posibiliten su empleo.

## **2.6. Directiva de innovación**

La Comunicación de la Comisión "*i2010 – Una sociedad de la información europea para el crecimiento y el empleo*" señala que las tecnologías de la información y la comunicación contribuyen poderosamente a impulsar el crecimiento y el empleo. A ellas

se deben la cuarta parte del crecimiento del PIB de la UE y el 40 % del crecimiento de la productividad. Las diferencias de comportamiento económico entre los países industrializados se explican en gran medida por los niveles de inversión, investigación y utilización de las TICs, así como por la competitividad de las industrias de sociedad de la información y medios de comunicación. Entre otras prioridades persigue el logro de una sociedad europea de la información basada en la inclusión, que fomenta el crecimiento y el empleo de una manera coherente con el desarrollo sostenible y que da la prioridad a la mejora de los servicios públicos y de la calidad de vida.

Habría que destacar de la iniciativa i2010, la creación de un espacio único europeo de la información que ofrezca comunicaciones de banda ancha asequibles y seguras, contenidos ricos y diversificados y servicios digitales. Se considera que la inversión en investigación e innovación resulta esencial para que el sector de las TICs siga generando crecimiento y empleo a corto y largo plazo. Para ello, Europa necesita aumentar la inversión en investigación sobre las TICs, y así poder alcanzar el objetivo de invertir un 3 % del PIB en I+D fijado en Barcelona.

También la iniciativa i2010 persigue que las TICs beneficien a todos los ciudadanos, que los servicios públicos sean mejores, más rentables y más accesibles y que mejore la calidad de vida. Se destaca de esta iniciativa las acciones para ampliar la cobertura geográfica de la banda ancha en las zonas insuficientemente atendidas (como es el medio rural), el plan de acción sobre administración electrónica y orientaciones estratégicas sobre los servicios públicos basados en las TICs.

## **2.7. Aplicación efectiva de nuevas tecnologías en el medio rural**

En general, el gran reto de nuestro tiempo es alimentar a la población mundial y que la sanidad y educación se generalicen. En lo que respecta al presente trabajo, el reto está en el uso eficiente de las tecnologías agrarias para cumplir el objetivo de alimentar la población sin menoscabo del medio ambiente, con objeto de no ampliar las zonas de cultivo en detrimento de las grandes masas forestales. En nuestro entorno, las nuevas tecnologías deben ayudar al sector agrario, y al mundo rural en general, a ser cada vez más competitivo y eficiente, como a cualquier sector o actividad económica. Deben poner a los habitantes del medio rural en igualdad de condiciones con los del medio urbano, evitando despoblamiento como consecuencia del distanciamiento y aislamiento de la sociedad rural.

Por otra parte, la sociedad exige cada vez productos más sanos y de mayor calidad. Se ha puesto de manifiesto a través de sucesivas crisis alimentarias (vacas locas, dioxinas, ...), la necesidad de llevar a cabo el seguimiento (trazabilidad) de los productos agroalimentarios a través de la producción, industrialización y comercialización para asegurar la calidad y seguridad alimentaria de los mismos, jugando las nuevas tecnologías un papel muy importante en todo este proceso.

A pesar de la actual lejanía de la sociedad rural de las TICs, ésta debe afrontar los desafíos, tendiendo a ser una parte más de la sociedad global. Se espera que la utilización de las TICs, pueda conducir a revitalizar el mundo rural e integrar a los consumidores y empresas ubicadas en el medio rural en la actividad económica normal. Se debe-

rían fomentar políticas que incidieran en cambios tecnológicos, coordinadas con las políticas de I+D+i, para hacer que éstas sean más efectivas.

Existe un gran desarrollo de tecnología punta relacionada con la observación de la tierra desde el espacio, que se ha utilizado fundamentalmente con fines militares. Sin embargo, todavía no se han explotado las inmensas posibilidades de aplicación sobre los recursos naturales de la tierra. Estas tecnologías pueden destinarse, entre otras aplicaciones, a la vigilancia y mantenimiento de las grandes masas forestales en el mundo, mediante la prevención de incendios y el desarrollo de reservas naturales del planeta, así como a otros muchos usos agrarios del territorio.

Sin embargo, las nuevas tecnologías requieren de una infraestructura y unos conocimientos que no siempre están al alcance de los habitantes del mundo rural, lo que dificulta su aplicación. No es rentable para las grandes compañías llevar estas infraestructuras al medio rural, por su alto costo y presumible baja rentabilidad. Por ello, la intervención pública es decisiva para su desarrollo.

García y Abellán (2005), señalan además otras oportunidades en el ámbito de las TICs: el incremento de la claridad, transparencia y eficacia en los mercados agrarios y en las relaciones sectoriales e intersectoriales, así como de la competitividad, mediante una más rápida adaptación a las nuevas orientaciones de mercado y el incremento de la confianza de los consumidores finales. Todo ello, a través de la implantación de aplicaciones que posibiliten la trazabilidad de los alimentos, de modo que puedan comprobar la seguridad y calidad de los mismos, y el respeto por el medio ambiente y las condiciones de bienestar animal en su generación. También apuntan sobre el uso de herramientas de comercio electrónico (e-business) que sirvan a la concentración del área de la oferta y permitan que el productor incremente su participación en el valor final del producto.

## **2.8. La sociedad de la información en Extremadura**

La Junta de Extremadura ha priorizado la creación de una sólida red de comunicación digital (Intranet Regional), conectando todas las localidades de la Comunidad Autónoma a través de sus centros educativos, administrativos y sanitarios. Además, en 1999, creó la Dirección General de Sociedad de la Información con los objetivos de impulsar, coordinar y evaluar proyectos propios de esta entidad y aquellos que se realicen en colaboración con otras instituciones.

Entre las actuaciones más destacadas que ha desarrollado este organismo desde su creación, se encuentran los planes de alfabetización tecnológica, el desarrollo y divulgación de software libre (gnuLinEx), la creación del centro generador de iniciativas empresariales relacionadas con las TICs (Vivernet) y del Observatorio Iberoamericano sobre Conocimiento Libre, que es una red de cooperación cuyo objetivo es desarrollar la Sociedad de la Información y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos por medio de la difusión y defensa del software libre. Además, la Junta de Extremadura, a través del Centro de Nuevas Iniciativas, pretende trasladar las ventajas de las TICs a la región, principalmente las que resuelvan necesidades de los sectores educativo, productivo y administrativo. También participa en el Centro Nacional de Referencia en Aplicación de

las Tecnologías de la Información y la Comunicación y el Software Libre (CENATIC), destinado al análisis, investigación, desarrollo y promoción de las TICs.

Es muy cara la utilización de la banda ancha en España, y es preciso su abaratamiento para un uso más generalizado del servicio. Esto es de interés, ya que a través de Internet puede haber una salida a los productos locales de calidad; además, se pueden formar redes aplicando las TICs, que promuevan nuevos modelos de negocios y que aumenten el valor añadido de los productos. Las TICs pueden facilitar la creación de denominaciones de origen transfronterizas, que tendrían gran interés para Extremadura y las zonas colindantes de España y Portugal, que comparten sistemas de producción semejantes a ambos lados de la frontera.

En cuanto a las infraestructuras para el desarrollo de la Sociedad de la Información, la Administración Autonómica ha llevado la banda ancha a todos los pueblos de la región y se está montando una Intranet que comunicará todos los Centros de Investigación, Institutos Tecnológicos y Centros de la Universidad de Extremadura con la Red IRIS del Ministerio de Educación y Ciencia, llevando toda esta infraestructura hacia Portugal.

En relación a los puntos débiles para el desarrollo de las TICs en Extremadura, se encuentra la baja densidad de población y la dispersión de ésta por todo el territorio, que hace que los costos de las infraestructuras no las hagan rentables para las empresas privadas. Por ello es fundamental la intervención pública, introduciendo el componente social en la rentabilidad de las inversiones.

Cumplidos algunos objetivos relativos a la implantación de las TICs en Extremadura, el reto en estos momentos puede ser el acercamiento de los datos de la Región respecto de la utilización global de las nuevas tecnologías a la media del país. Para ello, es necesario además de un gran esfuerzo presupuestario para poner a disposición de los diversos usuarios las TICs, la coordinación entre las distintas acciones que se llevan a cabo en la Comunidad Autónoma relativas a la implantación de estas tecnologías tanto en el ámbito de la propia Junta de Extremadura como en la actuación empresarial y también de las empresas con los Centros de Investigación y la Universidad.

### **3. LA BIOTECNOLOGÍA**

La Biotecnología comprende numerosas técnicas con las que se puede alterar la información genética, al poder modificar el ADN. Con su utilización se han conseguido avances sin precedentes en el conocimiento de la estructura del mensaje genético y se han obtenido aplicaciones de gran valor en el campo de la medicina, industria y agricultura. Sin embargo, mientras el consumidor ha aceptado plenamente los avances alcanzados en los campos de la medicina y la industria, esto no ha sucedido de manera análoga en las aplicaciones de la agricultura.

La mayor concienciación de los consumidores europeos y el temor creciente de los agricultores a depender de las multinacionales, no dejan de ser síntomas positivos de una sociedad que muestra mayor preocupación por los nuevos valores que se imponen, los riesgos que está dispuesta a asumir y el orden de prioridades a establecer. Sin embar-

go, resulta curioso constatar cómo en estos años ha ido calando una progresiva desconfianza y antipatía hacia los Organismos Genéticamente Modificados (OGM), sin que se haya trasladado una idea clara de su significado y alcance. A menudo, se les ha acusado de “oponerse a la evolución natural” y se han visto asociados a procesos como la globalización y la liberalización de la economía. De hecho, la hostilidad a los transgénicos, manifestada incluso con actos de sabotaje, se ha convertido en un símbolo de una oposición más amplia a las fuerzas del mercado y al nuevo orden económico que están imponiendo.

El término transgénico alude a la expresión de un gen de un organismo en otro distinto para incorporarle una característica especial. Pero esta modificación genética no constituye, en sí misma, un hecho nuevo. Desde que en el neolítico el hombre iniciara el proceso de domesticación de las plantas, no ha dejado de modificar su patrimonio genético. De hecho, la agricultura existe porque las modificaciones producidas en los procesos de selección se han ido transmitiendo a la descendencia. La diferencia fundamental estriba en que, mientras en la mejora clásica se utiliza la vía sexual y, por tanto, solamente se pueden emplear genes de la misma especie o de especies emparentadas, mediante la ingeniería genética se pueden introducir genes de cualquier especie. Así, en la mejora clásica se forzaba la variabilidad para, posteriormente, seleccionar una parte muy pequeña del material conseguido. Con las nuevas técnicas, se pueden añadir o alterar unos pocos genes elegidos a priori, eliminando, prácticamente, la selección posterior.

### 3.1. Aplicaciones de la ingeniería genética

De acuerdo con Olmedo (2003), las nuevas técnicas de ingeniería genética aplicadas a microorganismos ofrecen muchas posibilidades novedosas, entre las que destacan la producción de vacunas y productos recombinantes como la insulina, hormonas de crecimiento, enzimas especiales, etc. Las vacunas recombinantes son inocuas y de alta especificidad, permiten distinguir los animales vacunados del resto y se pueden conseguir a un precio más económico. La modificación de organismos activadores permite mejorar las propiedades organolépticas y la duración de los productos lácteos y cárnicos, además de conseguirse tasas de fermentación más previsibles para facilitar la mecanización. Otra de las líneas de trabajo actuales se dirige hacia la modificación del complejo microbiano del rumen que mejore la capacidad de acceso y la utilización de los nutrientes por parte del animal.

Una de las últimas aplicaciones con resultados esperanzadores, es la denominada como fitorremediación, es decir, la utilización de ciertas plantas para regenerar suelos contaminados. Así, plantas transgénicas del género *Arabidopsis* contienen una enzima que transforma el ión mercurio y parecen ser eficaces en la recuperación de suelos contaminados por este elemento. También se han conseguido plantas capaces de degradar ciertos compuestos orgánicos como la nitroglicerina y el cloroformo.

Sin embargo, la aplicación más extendida en la actualidad, es la obtención de nuevas variedades de cultivo en la agricultura, incorporando resistencias a determinados insectos o herbicidas, aunque también se están utilizando en la industria farmacológica,

en la obtención de nuevos productos industriales no alimentarios e, incluso, para otros fines medioambientales.

Los primeros cultivos genéticamente modificados (GM) comerciales a gran escala aparecieron en 1996 en Estados Unidos. A partir de este año, en el que se sembraron 2,8 millones de hectáreas de cultivos OGM, su crecimiento fue espectacular, al alcanzarse en cuatro años los 44,2 millones de hectáreas. De la superficie total con cultivos GM destaca *la soja (58%), el maíz (23%), el algodón (12%) y la colza (6%)*. En el año 2004 su valor comercial alcanzaba la cifra de 44.000 millones de dólares y se localizaba fundamentalmente en cinco países: *EE. UU., China, Argentina, Canadá y Brasil*.

El 74% de superficie corresponde a semillas en las que la modificación introducida provoca una resistencia de la planta a herbicidas. Las plantas transgénicas resistentes a los insectos ocupan la segunda posición y representan el 19% del total. En estos casos, la planta queda protegida frente a determinados grupos de insectos mediante la expresión de una toxina de origen bacteriano, *Bacillus thuriengensis (Bt)*. Por último, el 7% de las plantas GM combinan las dos modificaciones anteriores. A continuación se sitúan los cultivos con resistencia a virus (patata y tabaco) que suponen el 0,1% del total. De forma marginal, existen aproximadamente 50.000 ha en EE. UU. y Canadá con cultivos a los que se ha introducido ciertas mejoras en la calidad del producto.

En la Unión Europea se ha autorizado hasta la fecha la comercialización de 18 productos transgénicos, en virtud de la Directiva Europea 90/220/CEE, y 4 en virtud de la Directiva 2001/18/CE, que afectan a los cultivos de maíz, colza, soja, achicoria y tabaco.

Se estima que la introducción de los nuevos productos de la biotecnología agraria podría incrementar, en el medio plazo, la productividad o el valor añadido agrario en torno al 5%, ya que, aunque las ventajas relativas de cada uno de estos nuevos productos serán muy superiores, no se prevé una extensión generalizada en todos los cultivos. Esto supondrá incrementos en la renta agraria y en la producción agraria como consecuencia de la reducción de ciertas importaciones, como en el caso del maíz.

A medio plazo, los precios del sector agrario tenderán a reducirse. Por ello, las mejoras de productividad que se consigan en la agricultura, permitirán un descenso de los precios, con importantes repercusiones en los costes de producción ganaderos, de la industria alimentaria y sectores afines.

### 3.2. Regulación

La normativa legal básica a nivel de la Unión Europea (*Directiva 2001/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 2001, sobre liberación intencional en el medio ambiente de organismos genéticamente modificados*), transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante la *Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente*, garantiza su uso a los mayores niveles de seguridad tanto en lo que se refiere a la salud como al medio ambiente.

Están inspiradas en los principios de "precaución y cautela", que implican la adopción de las medidas necesarias para evitar los riesgos potenciales que se puedan

derivar del uso de OGM; el del "caso por caso", que exige una evaluación de riesgos específica para cada OGM; el del "paso a paso", que exige que sólo se autorizará la liberación de OGMs si de la evaluación de las etapas anteriores se desprende que puede pasarse a las siguientes sin existencia de riesgos; el de "información y participación pública" que garantiza la consulta pública antes de dictar las autorizaciones y el de "acceso de los ciudadanos a la información" sobre las liberaciones o comercializaciones autorizadas.

En todo caso, una vez aprobada la comercialización de una variedad OGM, se somete a un "Plan de seguimiento" y la autorización puede ser revocada en cualquier momento que surja una alarma fundada. Desde luego no existe riesgo nulo. La utilización de OGMs podría comportar algunos riesgos, pero éstos son evitables mediante la restricción o la prohibición de aquellas aplicaciones que, de acuerdo con los datos científicos existentes, pudieran resultar peligrosas. En todo caso, el posible riesgo deberá ser evaluado en relación con los beneficios que pueda reportar.

La evaluación de riesgos, tanto para la salud humana como para el medio ambiente, es la pieza clave para otorgar cualquier autorización administrativa. Para su adecuado funcionamiento se han creado dos órganos colegiados: el Consejo Interministerial de Organismos Modificados Genéticamente y la Comisión Nacional de Bioseguridad.

No podemos perder la perspectiva de que toda actividad humana conlleva un cierto riesgo, que tendrá que ser evaluado siempre en función de los beneficios que dicha actividad reporta: por ejemplo, la vacuna de la viruela, que salvó millones de vidas, provocó graves problemas en algunos individuos.

### 3.3. La coexistencia

Uno de los aspectos claves que condicionarán la expansión de cultivos OGM será las medidas que se adopten en relación con la coexistencia entre distintos sistemas de producción. El problema surge a partir del hecho de que el polen de un cultivo OGM pudiera impurificar el producto de los campos vecinos de cultivos convencionales o procedentes de la agricultura biológica. Evidentemente, este hecho va a depender, entre otros factores, del sistema de reproducción de la planta. Así, por ejemplo, las plantas autóгамas (trigo, cebada, soja, etc.) o las de reproducción vegetativa (patata, fresa, frutales, etc.) no van a provocar este problema. En cambio, las plantas alógamas (maíz, colza, etc) sí pueden impurificar campos vecinos de la misma especie.

En todo caso, la coexistencia atañe, exclusivamente, a las posibles repercusiones económicas derivadas de la mezcla de semillas de diversos productos entre sí, en el contexto de las regulaciones sobre el etiquetado y la trazabilidad, así como a las medidas de gestión más apropiadas que pueden adaptarse para reducir al mínimo legal la mezcla. En este sentido, las medidas que se adopten deben ser eficaces, asequibles y proporcionadas respecto a los niveles de etiquetado contemplados en la normativa y estar siempre basadas en el conocimiento científico. Los aspectos sanitarios y ambientales no tienen nada que ver con la coexistencia ya que, una vez autorizado el cultivo OGM a nivel comunitario, y dado que la Unión Europea sólo se pueden cultivar OGM autorizados, los aspectos sanitarios y medioambientales ya estarían previamente resueltos.

En la Unión Europea se ha fijado el límite del 0,9% como presencia de semilla transgénica. A partir de este nivel, se exige que en la etiqueta se recoja que el producto contiene organismos genéticamente modificados. El caso más estudiado ha sido el del maíz. De acuerdo con los resultados obtenidos, con una distancia de 20-25 m o, para el caso de pequeñas parcelas, con 4-6 filas como barrera, no se supera el límite del 0,9%.

Además de establecer una serie de medidas de aislamiento, se prevé que los agricultores que quieran producir cultivos genéticamente modificados, deberán comunicar sus intenciones a los agricultores próximos. Así mismo, en la norma que acabe regulando las condiciones de la coexistencia, habrá que contemplar los distintos niveles de responsabilidades en el caso de conflictos por mezclas indeseadas entre explotaciones vecinas. En cualquier caso, si se acaban imponiendo criterios muy exigentes para los cultivos OGM, que dificulten la expansión de estos cultivos, los grandes perjudicados serán, una vez más, los agricultores, ya que seguirán realizándose las importaciones de maíces con eventos aprobados por la Unión Europea, como es el caso de maíces Bt sembrados en España, de acuerdo con las normas de comercio internacional.

### 3.4. Perspectivas

La tecnología de carácter biológico, especialmente la derivada de las distintas aplicaciones de la ingeniería genética en la mejora de las variedades de cultivo, es la que presenta un mayor potencial innovador en la agricultura moderna. Sin embargo, en nuestro país, nos encontramos en una posición de desventaja competitiva debido al déficit comercial existente en materia de semillas y la escasa participación de las casas comerciales españolas en este tipo de proyectos. Este hecho va a suponer mayores costes y desventajas adicionales, ya que las empresas multinacionales productoras de semilla van a tener una mayor participación en el valor añadido agrario. Por ello, el descenso experimentado en la dotación para investigación en biotecnología en la Unión Europea va a contribuir a que se acentúe el atraso que acumula la Unión Europea respecto a los EE. UU. en esta área de conocimiento.

En Extremadura el único cultivo transgénico que ha tenido cierto desarrollo ha sido el del *maíz Bt resistente al taladro*, que ha alcanzado una extensión de cultivo estimada entre las 3.000-5.000 ha. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en nuestra Comunidad éste no es un problema sanitario serio. En cambio, la inminente aprobación de variedades de maíz con resistencias a herbicidas o con dobles resistencias a insectos y herbicidas, sí van a suponer una indudable mejora en la competitividad del cultivo.

De hecho, después de la Reforma de la PAC de 2003, quedan muy pocos cultivos que generen un "margen bruto" positivo, de manera que los agricultores se verán forzados al abandono temporal o definitivo de dichos cultivos. A título de ejemplo, el actual maíz Bt (resistente a insectos) incrementa el margen bruto en unos 160 euros por hectárea; y el nuevo maíz RR (resistente a herbicidas totales) en otros 150 euros. Estas diferencias pueden ser determinantes en cuanto a la viabilidad del cultivo en el futuro.

## **4. LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN**

Existen decenas de nombres distintos alusivos a lo que en España entendemos por Agricultura de Precisión (AP). Algunos de estos vocablos tienen en común el concepto de gestión de la variabilidad de la parcela, otros hacen referencia en su denominación a las tecnologías que le sirven de apoyo. En definitiva, el término Agricultura de Precisión en España sintetiza toda esta familia de denominaciones, considerando como tal a un sistema de gestión agrícola basado en la tecnología y la información para identificar, analizar y gestionar la variabilidad espacial y temporal dentro de la parcela para optimizar su rentabilidad, sostenibilidad y la protección del medio ambiente (Robert et al., 1994).

### **4.1. Situación mundial**

La AP comenzó su andadura, como tal, en EE. UU. a principios de los años 90 y, actualmente, se extiende a un 20% de la superficie cultivada de este país. Otros países como Canadá, Australia, Argentina o el Reino Unido han sido también pioneros en esta técnica, que nos llegó mucho más tarde al resto de Europa: Alemania, Dinamarca y Francia, principalmente, si bien limitada aún a determinados cultivos (Fernández-Quintanilla, 2000).

En EE. UU., la AP se ha extendido a cultivos como el maíz, soja, trigo y algodón, alcanzando en el año 2000 niveles de monitorización de las cosechas del 30% en maíz y 25% en la soja, que duplican a los del trigo y el algodón (10%). Si nos referimos al tamaño de las explotaciones, los datos demuestran que las pequeñas explotaciones agrícolas (de menos de 10.000 € de rentas anuales), que tienen que repartir sus costes entre una superficie menor, también se han ido incorporando a este tipo de tecnologías.

Las primeras aplicaciones de la AP en España comenzaron simultáneamente en varios centros de investigación hacia el año 1997, aunque, con anterioridad, algunos agricultores pioneros ya habían realizado algunas experiencias. Dentro de la AP española son los monitores de rendimiento los que se han utilizado inicialmente para obtener mapas de rendimiento que permitan diagnosticar, a posteriori, las incidencias de cultivo. Actualmente, existe una creciente demanda de sistemas de guiado y de otros sensores que, junto al rendimiento, nos informan de la calidad de la cosecha.

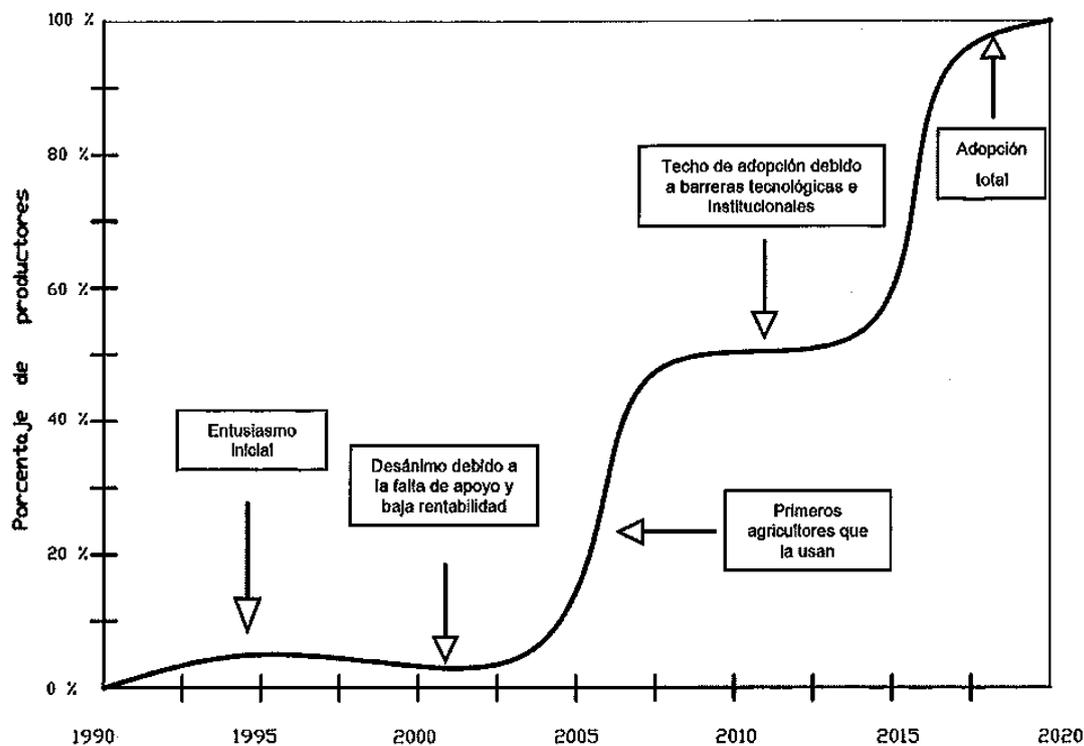
### **4.2. Perspectivas de futuro**

Mientras que otros países, con un mayor grado de mecanización del campo que les permite gestionar un mayor número de hectáreas arables por explotación, ya se han incorporado hace tiempo a la Agricultura de Precisión, en España, todavía, nos encontramos en una fase de expectación.

La utilidad de estas tecnologías viene determinada, básicamente, por el tamaño de las explotaciones y por las diferencias de producción dentro de la misma. Parcelas de gran tamaño y alta variabilidad dentro de la misma, son a las que se les puede sacar mayor partido.

El ingeniero e investigador Lowenberg-DeBoer de la universidad de Purdue (EE. UU.), en el año 2001 analizó en uno de sus seminarios el futuro de la AP en los países desarrollados. Como puede observarse en el gráfico 1, este patrón teórico puede aplicarse perfectamente al agro español, aunque siempre podemos albergar dudas sobre si estas tecnologías han alcanzado la madurez suficiente. En sus inicios, tras una etapa de entusiasmo inicial (1995) se pasa a un cierto desánimo en la medida que los costes de estas tecnologías son muy elevados. Cuando estos equipos se abaratan y hacen rentable la inversión, es previsible una amplia incorporación de agricultores (2005-2015) hasta culminar con la adopción total para el año 2020.

**GRÁFICO 1: Potencial de uso de la agricultura de precisión**



Fuente: Lowenberg-DeBoer (2001)

Aunque en el caso de países como Estados Unidos, Australia e incluso Argentina y Reino Unido, una parte importante de las grandes extensiones de cereales se recolectan año tras año con monitores de rendimiento y ayudan a establecer los abonados y calendarios de tratamientos en campañas sucesivas, en España esto es todavía inabordable por la diferencia de rendimientos y de superficie en estos cultivos con los países referidos. Sin embargo, sí resulta una alternativa más que interesante en cultivos con alta rentabilidad como puede ser la uva para vinificación, el olivar intensivo o los frutales.

En Extremadura, a corto plazo, los ensayos en estos cultivos, no sólo para obtener mapas de rendimiento, sino para asociar a estos mapas otros parámetros relativos a la calidad del producto final, como pueda ser el contenido en azúcares en el caso de la uva, pueden ser la antesala para su uso generalizado en nuestras denominaciones de origen.

A niveles de manejo general, los sistemas de guiado ofrecen inmejorables posibilidades para nuestros cultivos y su aplicación abarca la gran mayoría de las labores que hoy en día se llevan a cabo en una explotación agrícola: tratamientos herbicidas, aplicación de fertilizantes, pulverización, siembra de precisión, laboreo primario y secundario, plantación, cultivos en hileras, cosecha, abonado, etc.

Los fabricantes más importantes de maquinaria agrícola se han aprestado a incorporar en la gama alta de sus equipos (tractores, cosechadoras, aperos, etc.), sistemas integrales para la práctica de la agricultura de precisión, si bien el uso práctico de los mismos, en la mayoría de los casos, queda reducido a demostraciones en grandes ferias agrícolas y pasan desapercibidos al agricultor por su desconocimiento de la materia. En muchos casos, se dispone de la tecnología necesaria, pero no se cuenta con la preparación adecuada para ponerlos en valor. Es necesaria una cierta especialización y, en este sentido, las empresas de servicios agrarios constituyen una alternativa más que interesante para resolver este problema.

Este tipo de empresas se han convertido en una alternativa real en otros países, y reforzarán su posición en nuestra agricultura del futuro, ya que el precio de los equipos y su sofisticación exigen un cierto grado de especialización en su manejo. Por otro lado la cantidad de hectáreas necesarias para rentabilizar estos equipos limita en gran medida el acceso al agricultor individual con poca superficie cultivable, siendo, sin embargo, rentable para una empresa de servicios que disponga de una buena cartera de clientes. En este sentido las cooperativas agrarias pueden jugar una importante baza por su volumen de negocio y actuar como lo haría una empresa de servicios, constituyéndose en intermediarios entre los fabricantes y agricultores y prestando el apoyo tecnológico necesario para el montaje, configuración y uso de los equipos durante las distintas campañas.

### 4.3. Técnicas implicadas

La Agricultura de Precisión engloba un conjunto de herramientas tecnológicas, que ya sea de forma individual, o bien combinada, permiten alcanzar el objetivo de aportar los factores de producción estrictamente imprescindibles, reduciendo los costes (sólo se gasta lo necesario) y alcanzando las máximas producciones para cada palmo del terreno.

Existen varias formas de abordar la AP: la AP basada en mapas, que supone una respuesta diferida en el tiempo pero con una mayor base de análisis, y la AP en tiempo real, basada en sensores, que implica una toma de decisiones inmediata según la información que los sensores suministran sobre diversos parámetros de cultivo, para adoptar como respuesta una determinada dosis de insumo.

El eje de todo el proceso consiste en conocer la posición en todo momento ya sea para recopilar información o para la adopción de medidas correctoras. La implantación del Sistema de Posicionamiento Global, más conocido como GPS, ha permitido la gestión del tráfico terrestre, marítimo y aéreo. La agricultura, en la que existe un importante número de desplazamientos de maquinaria, no puede sustraerse a esta tecnología.

El Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) es una vuelta de tuerca más en la mejora de las precisiones del sistema. Con estos niveles de precisión son

ya factibles los sistemas de guiado y autoguiado, con una conducción automática o semiautomática de los vehículos agrícolas que reduce el solape entre pasadas, incrementa la productividad, reduce los costes de producción, aumenta la comodidad en las labores agrícolas y minimiza el impacto ecológico de las labores.

El proyecto europeo Galileo supondrá, a partir del año 2008, un incremento en la precisión y fiabilidad con una orientación civil total que será compatible con el actual sistema GPS.

Asociada a la posición en el espacio para poder diagnosticar la variabilidad de la parcela debemos integrar toda una batería de sensores que recogen la información del entorno y la transforman en una señal digital. La información que se puede captar es muy diversa: rendimiento de la cosecha, parámetros de calidad del cultivo, estado fisiológico, fertilidad del suelo, sanidad vegetal, etc.

La ubicación de estos sensores puede realizarse en el propio tractor o en la maquinaria específica, como es el caso de los sensores de rendimiento y calidad que se sitúan en la cosechadora en el extremo superior del elevador de grano que conduce a la tolva. Para el caso de análisis de la fertilidad del suelo los sensores se pueden colocar en el propio apero aprovechando el contacto del arado con el suelo. Otras veces, no es necesario este contacto directo con el objeto de estudio y los sensores se encuentran a miles de kilómetros, localizados en plataformas como aviones o satélites desde donde se capta la información radiométrica en distintas bandas del espectro electromagnético.

Con la ayuda de la teledetección podemos hacernos una idea global del estado sanitario de nuestra parcela, estrés hídrico, daños en general o los cambios vegetativos acaecidos entre distintas imágenes en el tiempo. Si analizamos la imagen a suelo desnudo podemos encontrar las zonas con distintos tipos de suelo, texturas o contenidos en materia orgánica.

Cuando además de la recogida de información, se exige a partir de la misma, que se adopte una solución inmediata en tiempo real, necesitamos sistemas expertos que, de acuerdo con una serie de parámetros previos que hemos de calibrar, arbitren una serie de medidas.

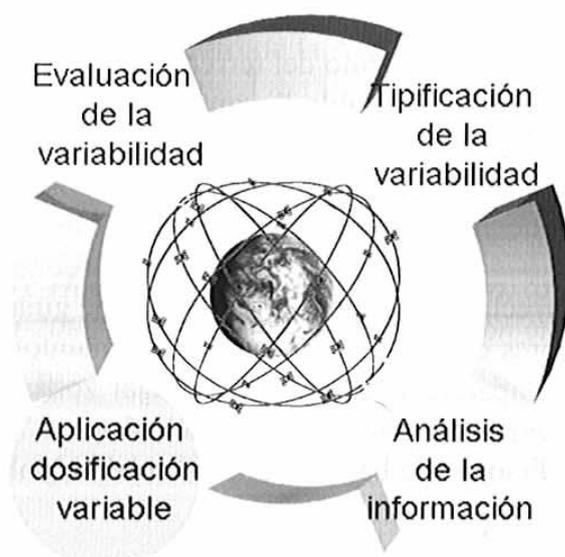
Los sistemas de visión artificial son capaces de realizar análisis de parámetros del cultivo y, seguidamente, prescribir *in situ* la dosificación más adecuada. El N-sensor determina la cantidad de biomasa y el verdor de la misma desde unas cámaras situadas en el techo de la cabina del tractor y debidamente orientadas hacia el cultivo, para luego prescribir la cantidad de fertilizante nitrogenado necesario aplicar. Otros sistemas de visión artificial identifican los focos de malas hierbas para afinar la dosificación de herbicidas. Por último, existen sistemas de visión artificial capaces de discriminar por el color, tamaño o forma las frutas idóneas a la hora de su recolección.

#### **4.4. Ciclo de la agricultura de precisión**

En las condiciones normales de manejo de la parcela, antes que nada, la AP comienza por evaluar la variabilidad del terreno, y si ésta existe, se identificarán en fases sucesivas los factores responsables de las diferencias de producción, analizando las relaciones entre ellos para obtener un mapa final de los distintos insumos, que se aplicarán

de forma variable, en la medida de las necesidades de los cultivos, para corregir las causas de la variabilidad detectada inicialmente (gráfico 2).

**GRÁFICO 2: Ciclo de la Agricultura de Precisión**



Si una vez analizada la variabilidad de la parcela, ésta se comporta como un conjunto homogéneo, carece de sentido cualquier actuación localizada.

La variabilidad no sólo se entiende en la dimensión espacial, como los cambios sufridos a lo largo del terreno de cultivo, sino además en el aspecto temporal, durante una serie de años. Para descubrir la variabilidad se elaboran durante varios años mapas de rendimiento, que permiten identificar los factores responsables de esta variación. Si durante la recolección de nuestra parcela pudiéramos conocer en cada instante la posición de la cosechadora y la cantidad de grano cosechado para esa posición, podríamos llegar a entender la variabilidad existente. Son pues necesarios un conjunto de sensores conectados a un receptor GPS para asociar su respuesta con la posición a lo largo y ancho de la parcela agrícola.

Con la observación de los mapas de rendimiento se pueden tipificar los posibles factores que ocasionan las variaciones, y a partir de este punto, tomar las muestras correspondientes para poder cuantificarlos. El tipo de suelo, el encharcamiento, las malas hierbas, etc., son algunos de los factores que una vez detectados son rápidamente cuantificados en mapas.

Todo el flujo de información obtenido a partir de los mapas de rendimiento, junto con los mapas cuantitativos de los factores implicados en la variabilidad del terreno, tiene que ser sometido al proceso de análisis de la información. El nivel de complejidad por el volumen de datos es evidente. Utilizando técnicas geoestadísticas se pueden interpolar los datos muestrales y obtener mapas zonales de los factores estudiados.

Recurriendo a los Sistemas de Información Geográficos, se pueden realizar operaciones de combinación de varias capas de información para mostrar las interacciones

entre la cosecha, características topográficas, propiedades del suelo, etc. Analizando series temporales de distintas cosechas se pueden descubrir sus tendencias.

A la vista de la información recabada, hay que planificar una serie de actuaciones. El resultado se concreta en el mapa de tratamiento, que muestra de forma precisa la localización y cantidad de un insumo (semilla, fertilizante, herbicida, agua, etc.), que hay que aplicar en la parcela como acción correctora. El objetivo es conseguir que se exprese el máximo potencial de cada zona mediante un tratamiento diferenciado que se ajuste a las necesidades reales de cada palmo del terreno

Los aperos de dosificación variable llevan acoplados un sistema hidráulico que aporta el insumo correspondiente, ya sea semilla, fertilizante o fitosanitario, en función de las especificaciones del sensor en tiempo real, o de la posición DGPS que ocupe en ese momento en el mapa de aplicación que se encuentra cargado en un ordenador, para controlar la dosificación.

Además de una correcta dosificación, los sistemas de guiado DGPS permiten dirigir la maquinaria en labores como la fertilización, tratamientos fitosanitarios e incluso la siembra. Se evita el solapamiento de pasadas o dejar zonas sin trazar con el consiguiente ahorro de producto. Sustituye a los actuales sistemas de marcación, como las espumas, incluso en condiciones de baja visibilidad (niebla, polvo o de noche).

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones “*i2010 – Una sociedad de la información europea para el crecimiento y el empleo*”. {SEC(2005) 717}. Bruselas, 1.6.2005. COM(2005) 229 final.
- Decisión del Consejo de 20 de febrero de 2006 sobre las directrices estratégicas comunitarias de desarrollo rural (período de programación 2007-2013). Diario Oficial de la Unión Europea (2006/144/CE). L 55/20.
- Encuentro sobre el sector agroalimentario y el mundo rural en la Sociedad del conocimiento: retos y oportunidades. MAPA y UIMP. Santander, agosto de 2005.
- Fernández-Quintanilla, C., (2000): *¿Qué es la Agricultura de Precisión?*, Centro de Documentación de Desarrollo Rural (CEDERUL).
- García Bartolomé, J. M. y Abellán Gómez, J. (2005): *Sociedad de la información y desarrollo rural. Nuevos retos y nuevas oportunidades*. Revista Agricultura Familiar en España. Anuario 2005. Fundación de Estudios Rurales. UPA, pp. 130-141.

- García Olmedo, F. (2003): *Diez reflexiones sobre biotecnología agraria*. El Libro Blanco de la Agricultura y Desarrollo Rural. MAPA.
- Instituto Nacional de Estadística (2006): *Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares. 2º semestre 2005*. Nota de Prensa. ([www.ine.es](http://www.ine.es)).
- Jornada Internacional sobre Nuevas Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en el Futuro de la Agricultura y del Mundo Rural. Madrid, junio de 2005.
- Lowenberg-DeBoer, J. (2001): *Nivel de adopción actual y potencial de la Agricultura de Precisión en el mundo y en Argentina*. Proyecto Agricultura de precisión, INTA Manfredi (Argentina).
- MAPA (2004): *Hechos y cifras de la agricultura, la pesca y la alimentación en España en 2004* pp 24-25. MAPA (7ª revisión en: [www.mapa.es](http://www.mapa.es)).
- Robert, P. C., Rust, R. H., and Larson, W. E., Preface (1994): *Site-specific management for agricultural systems*. Robert et al.(ed.). American Society of Agronomy, Madison, WI.

