

informe de vigilancia tecnológica
tendencias en el sector agrícola



CRÉDITOS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Eduardo Lizarralde
Vicedecano de Investigación y Docencia EOI

Área de Investigación
Escuela de Organización Industrial

AUTOR

Fátima Mateos
Técnico de Inteligencia Tecnológica

Sandra Rodríguez
Gerente de Inteligencia Tecnológica

Clarke, Modet & C^o, España

Clarke, Modet & C^o
ESPAÑA

© Fundación EOI, 2014

www.eoi.es

Madrid, 2014

Esta publicación ha contado con la cofinanciación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional a través del Programa Operativo de I+D+i por y para el beneficio de las Empresas- Fondo Tecnológico 2007-2013.



“Cuidamos el papel que utilizamos para imprimir este libro”

Fibras procedentes de bosques sostenibles certificados por el *Forest Stewardship Council* (FSC).

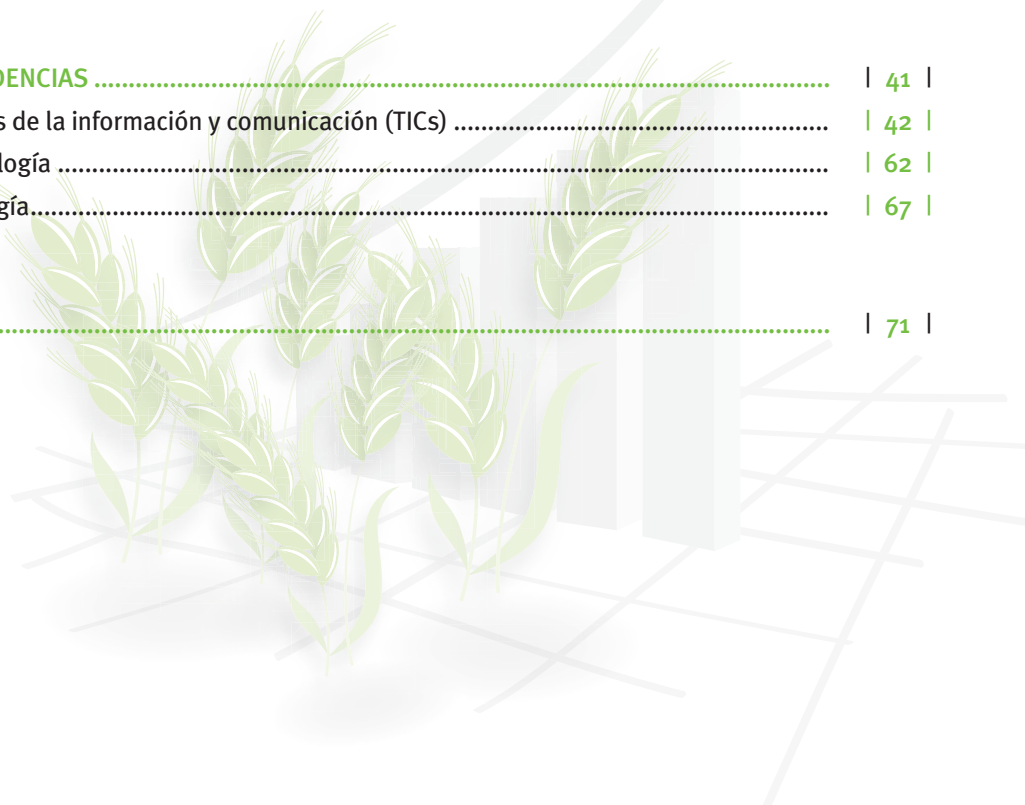


Esta publicación está bajo licencia *Creative Commons* Reconocimiento, Nocomercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



ÍNDICE

Capítulo 1		
RESUMEN EJECUTIVO		5
Capítulo 2		
INTRODUCCIÓN		9
1. Situación actual del Sector agrícola.....		31
1.1. Marco Normativo		31
1.2. Crecimiento demográfico		32
1.3. Proyecciones a futuro.....		37
Capítulo 3		
OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO		15
Capítulo 4		
METODOLOGÍA DE TRABAJO		17
1. Análisis bibliométrico de publicaciones científicas		25
2. Análisis bibliométrico de patentes		31
2.1. Evolución tecnológica		31
2.2. Posicionamiento geoestratégico		32
2.3. Liderazgo tecnológico.....		37
Capítulo 5		
ANÁLISIS DE TENDENCIAS		41
1. Tecnologías de la información y comunicación (TICs)		42
2. Nanotecnología		62
3. Biotecnología.....		67
Capítulo 6		
DISCLAIMER		71





RESUMEN EJECUTIVO





La agricultura en el siglo 21 se enfrenta a diversos retos para producir más alimentos para una población en crecimiento, con una fuerza laboral rural más pequeña, el cambio climático y la urbanización. Estos problemas serán aún más elevados cuando se tenga, en un futuro próximo, que alimentar a más de 9 mil millones de habitantes para el año 2050. Por lo tanto, habrá una demanda adicional de productos agrícolas. Especialmente en los países desarrollados con elevadas poblaciones, las nuevas materias pronto serán vistas como la base del comercio y la manufactura. Para hacer frente a este escenario, la agricultura depende de que los países adopten metodologías más eficientes, ahorros en la fuerza laboral y métodos de producción sostenibles.

Se estima que a lo largo de la próxima década aumentarán los precios tanto de los cultivos como de los productos pecuarios, debido a la reducción del crecimiento de la producción, al incremento de la demanda en particular de biocombustibles y a un entorno macroeconómico favorable.

Las nuevas tecnologías permiten abordar las necesidades de mitigación y adaptación de la agricultura no solo desde una perspectiva ambiental, sino también como parte de un proceso que contribuye a la competitividad del sector y su posicionamiento frente a las nuevas demandas por parte de los consumidores.

Las aplicaciones de las **Tecnologías de Información y Comunicación (TICs), biotecnología, nanotecnología y las convergencias entre ellas, abren inéditas oportunidades** a la realización del paradigma tecnológico enunciado y están reinventando la forma de hacer agricultura.

El uso de las TICs puede contribuir a mejorar la gestión de las explotaciones, a hacer más eficientes los procesos de producción y comercialización y a incrementar los flujos de información y conocimiento en las cadenas agropecuarias. Asimismo, pueden contribuir a reducir el riesgo de pérdidas gracias a las alertas tempranas, la posibilidad de reacción en tiempo real y la difusión de buenas prácticas, más amigables con el medio ambiente.

Actualmente el rol de las TIC en este área es **centralizar la gestión y el control de manera que se pueda generar, integrar, sistematizar y diseminar información que permita tomar decisiones productivas** (e.g. cuándo y dónde sembrar, cuando cosechar, cuando aplicar agua o nutrientes suplementarios, cuando intervenir frente a la posibilidad de una plaga, etc.) mejor adaptadas a la variabilidad climática y a la disponibilidad de los recursos, todo ello desarrollado bajo la denominación de **agricultura de precisión**, que se presenta como una de las tendencias clave en esta área.

De la relación de la **biotecnología** con los recursos genéticos surge el potencial para adaptar su uso en la agricultura. La identificación, el aislamiento y el conocimiento de tales genes se hacen de manera eficiente **mediante técnicas biotecnológicas, que brindan la oportunidad de la modificación genética** para generar cultivos modificados genéticamente que contengan características como una **mejor eficiencia fotosintética y la tolerancia a sequía, salinidad, plagas y enfermedades**.

Por otra parte, la **biotecnología pecuaria involucra la mejora genética de animales y los sistemas de detección y diagnóstico de enfermedades infecciosas, parasitarias y genéticas. Los recursos genéticos animales** para la alimentación y la agricultura ofrecen opciones cruciales para **ayudar a la ganadería a adaptarse al cambio climático y los cambios que pueden ocurrir en estos sistemas, tales como los cambios en la prevalencia de determinadas enfermedades y su gravedad**.



Para el caso de la nanotecnología las tendencias en el área de la agricultura están enfocadas al **tratamiento de algunas enfermedades de las plantas y animales**, para la detección precoz de los patógenos que las producen, mediante el **uso de nanosensores y nanocápsulas**, mejora de los **fertilizantes a través de nanocápsulas** (con una liberación controlada) y la **desalinización, purificación y descontaminación del agua a través de la nanofiltración**.

El núcleo del actual del desafío tecnológico de la agricultura está constituido por producir más, mejores y más variados productos agrícolas a través de procesos productivos que generen **menos gases de efecto invernadero y otros contaminantes**, usen **más eficientemente el agua y la energía**, ocupen básicamente **la misma cantidad de tierra**, respondan a **nuevos estrés bióticos y abióticos provocados por el cambio climático** y estén sometidos a una **mayor vigilancia** de la sociedad en relación a las tecnologías utilizadas.

2

INTRODUCCIÓN





La idea de que la agricultura, como práctica global, ha estado explotando los recursos más rápido de lo que pueden ser renovados ha sido tema de discusión y debate durante décadas, tal vez siglos. Se han visto síntomas del desbalance en forma de contaminación, erosión o pérdida del suelo, reducción/cambio en las poblaciones silvestres y en la alteración general de una fauna/flora “natural”, como resultado de la intervención humana. Indudablemente, las prácticas agrícolas no son “naturales”, sin importar si se trata de producción en un jardín de un metro cuadrado en Tokio o en una plantación de un millón de hectáreas de árboles de caucho en Malasia. Por supuesto, un fenómeno no natural y sin paralelo ha sido el crecimiento exponencial de la población humana, con las demandas asociadas tanto por comida como por refugio, las cuales a menudo han excedido la capacidad de carga “natural” de la tierra¹.

Los alimentos están sujetos a los principios económicos de la escasez. A diferencia del valor artificial de artículos escasos como el oro, un suministro adecuado de comida es de máxima prioridad para la supervivencia de la población y la diversificación de las habilidades, convirtiendo la agricultura en prioridad de primer nivel.

La tecnología ha permitido a la civilización humana abandonar el paradigma de la existencia de “Cazador/Recolector” y concentrar el trabajo y la tierra para el único propósito de producción de alimentos en una escala siempre creciente. El concepto de “agricultura científica” viene de publicaciones de Liebig en 1840 y Johnston en 1842, en las cuales se especulaba sobre el papel de la química en la agricultura (Pesek, 1993). Los conceptos de herencia y genética Mendeliana siguieron pronto en 1865 y subsecuentemente estimularon la base biológica de la agricultura moderna. Pronto, instituciones de Europa y América del Norte basadas en la ciencia ansiosamente expandieron la aplicación de la ciencia biológica y química a la agricultura, generando nuevos enfoques tecnológicos. Estas primeras aplicaciones de la tecnología no solo aumentaron los alimentos en términos reales, sino que redujeron dramáticamente el número de individuos directamente involucrados en la producción/procesamiento de alimentos— permitiendo la diversificación social para enfrentar temas sociales que no están directamente relacionados con la “supervivencia” sino que, en general, han mejorado la calidad de vida.

Negar el papel que la tecnología biológica y química han jugado, continúan jugando, y jugarán en el futuro desarrollo de la agricultura es negar la misma historia natural. Sin embargo, el uso indiscriminado o inapropiado de la tecnología química y biológica claramente puede tener consecuencias negativas para el ecosistema, por tanto, el asunto central de la sostenibilidad es la preservación de los recursos no renovables. Específicamente, la sostenibilidad en la agricultura está relacionada con la capacidad de un agroecosistema de mantener la producción a través del tiempo de una manera predecible.

En gran medida, la tasa de desarrollo tecnológico y el grado de innovación en las tecnologías futuras estará influenciado en gran parte por la estabilidad y ciertamente por la productividad de la agricultura (Hutchins y Gehring, 1993). La tecnología, en un sentido clásico, incluye el desarrollo y uso de nutrientes, productos para control de plagas, cultivares de los cultivos y equipo agrícola; pero también incluye la visión de cultivos modificados genéticamente que suministren mayor eficiencia nutricional (más calorías por rendimiento o más rendimiento), la manipulación de agentes naturales para control de plagas y el uso de técnicas de administración agrícola que sean enfocadas en la productividad de toda la finca, a través

¹ Scott H. Hutchins, Papel de la Tecnología en Agricultura Sostenible, <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/Hutchins3Sp.htm>, 29/07/2014



del tiempo, no solo la producción anual por hectárea. Considere la premisa básica de la biotecnología: la menos costosa y más renovable fuente de energía en la tierra es el sol y el mecanismo más abundante y predecible de convertir la energía del sol a energía utilizable es la fotosíntesis -- la biotecnología ha desarrollado métodos para dirigir energía natural abundante hacia productos alimenticios más eficientes o únicos.

La imaginación es, literalmente, el límite de las oportunidades. Por supuesto que los objetivos a corto plazo se enfocarán en rendimientos, calidad y reducción de los insumos. Sin embargo, a largo plazo, las “transmisiones” creadas genéticamente se enfocarán en crear alimentos supernutritivos para animales, plantas que producen muy por encima de la influencia substractiva de las plagas (haciendo de “tolerancia” una táctica clave del manejo de plagas), adaptación fisiológica para aventajar en la competencia a especies cercanas (por ejemplo, malezas), tolerancia al estrés por sequía y un mejoramiento general en la rata de fotosíntesis (llegando a cualquier número de aplicaciones industriales).

Sin embargo, el uso y desarrollo de la tecnología agrícola no se limita a magia genética. De hecho, el uso de las tecnologías de información, combinada con aparatos de ubicación geográfica y avances en sensores remotos, prometen cambiar radicalmente la forma como serán gestionados todos los cultivos. Comúnmente llamada “Agricultura de Precisión”, lo que hay debajo de todo eso es la integración de información para crear conocimiento de gestión, como medio de enfocar los objetivos específicos para cada sitio.

En la agricultura, la incertidumbre sobre el clima siempre será un punto clave, pero esto también se gestionará a la medida de la simulación del medio ambiente, combinada con algoritmos de manejo de riesgos y el uso óptimo de la genética en suelos específicos dentro de perfiles climatológicos conocidos. Además de los avances en productividad, la tecnología será usada para recuperar suelos que han sido abusados o usados en exceso por causa de malas prácticas agrícolas.

Realmente la sostenibilidad es un asunto de supervivencia, pero es mucho más amplio que el concepto de destrucción del hábitat y la erosión del suelo. La sostenibilidad incluye el objetivo de producción de alimentos, bienestar de los productores de los alimentos y preservación de los recursos no renovables. Con ese fin, tecnologías de todas clases han sido y serán el componente que permitirá a los humanos unir esos dos objetivos fundamentales. De hecho, la historia confirma que la tecnología ha sido esencial para la productividad/estabilidad de la agricultura; los avances recientes en tecnología confirman que el descubrimiento y desarrollo de nuevas tecnologías es una empresa sostenible, y el sentido común nos lleva a la conclusión de que la tecnología permitirá la Agricultura Sostenible.

1. Situación actual del Sector agrícola

Por otra parte, para contextualizar la participación de la tecnología en el sector agrícola, a continuación se exponen algunos factores a tener en cuenta en la evolución del mismo. Por ejemplo, durante décadas, la agricultura mundial se ha caracterizado por excedentes de producción en los países industrializados, inducidos por las políticas, y por un estancamiento del crecimiento en los países en desarrollo. Las reformas políticas y el crecimiento económico en todo el mundo han modificado aspectos fundamentales de la oferta del sector.



Una serie de factores seguirán influyendo en la evolución de los mercados agrícolas en la próxima década, entre ellos una macroeconomía más amplia en la que opera la agricultura. La situación macroeconómica mundial continúa reflejando las secuelas de la crisis financiera y económica mundial. Se supone que el crecimiento económico mundial mejore modestamente en los próximos años y aumente aún más en el mediano plazo con una recuperación de la demanda privada.

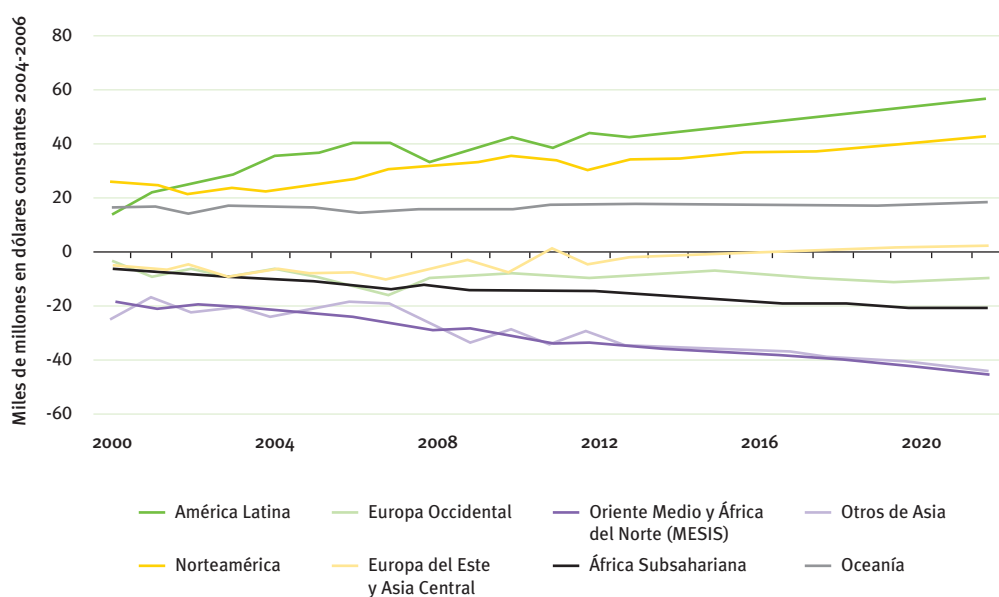
Desde hace algunos años, las dinámicas globales del sector agroindustrial han exigido a los países mejorar la calidad de los productos, hacer más eficientes e innovadores los procesos de producción y comercialización, así como diversificar el portafolio de productos y mercados. Estos retos han dirigido a los gobiernos a **plantear diferentes estrategias encaminadas a aumentar la competitividad del sector agrícola**. Según la FAO y la OCDE el **comercio agrícola aumentará, y los países en desarrollo captarán la mayor parte del crecimiento de las exportaciones** (véase la Figura 1).

Probablemente, la tasa de crecimiento de la producción agrícola se reducirá, al menos a medio plazo, debido a la ralentización del aumento de la superficie cultivada y de la productividad (véase la Figura 2). Se estima que la **producción mundial agrícola y pesquera anual se disminuya de un 2,1 a 1,5 por ciento**.



FIGURA 1

Exportaciones netas agrícolas y pesqueras



Obs: las exportaciones netas se refieren a las exportaciones menos las importaciones

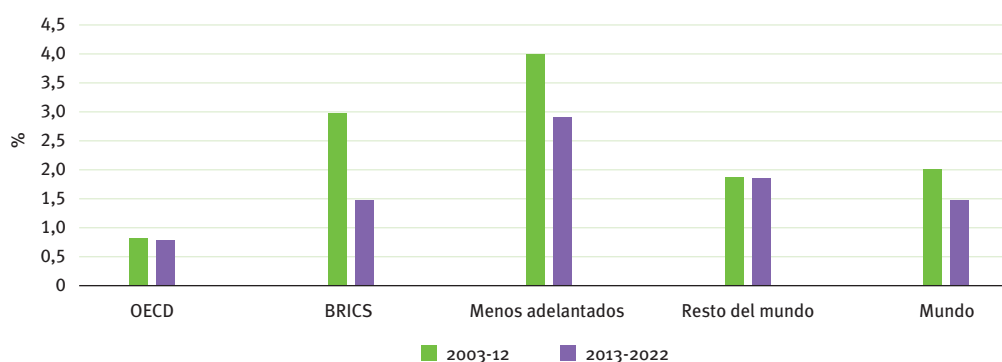
Fuente: OCDE-FAO (2013)²

² OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022



FIGURA 2

Crecimiento anual promedio en producción neta agrícola y pesquera



Obs: sólo cubre los productos básicos en las perspectivas
BRICS incluye al Brasil, la Federación Rusa, India, China y Sudáfrica

Fuente: OCDE-FAO (2013)

La oferta debería de mantener el ritmo de crecimiento de la demanda, mientras que se prevé que los precios seguirán siendo relativamente altos. En este contexto, **las medidas encaminadas a reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos serán importantes para satisfacer la creciente demanda y para aumentar la productividad.**

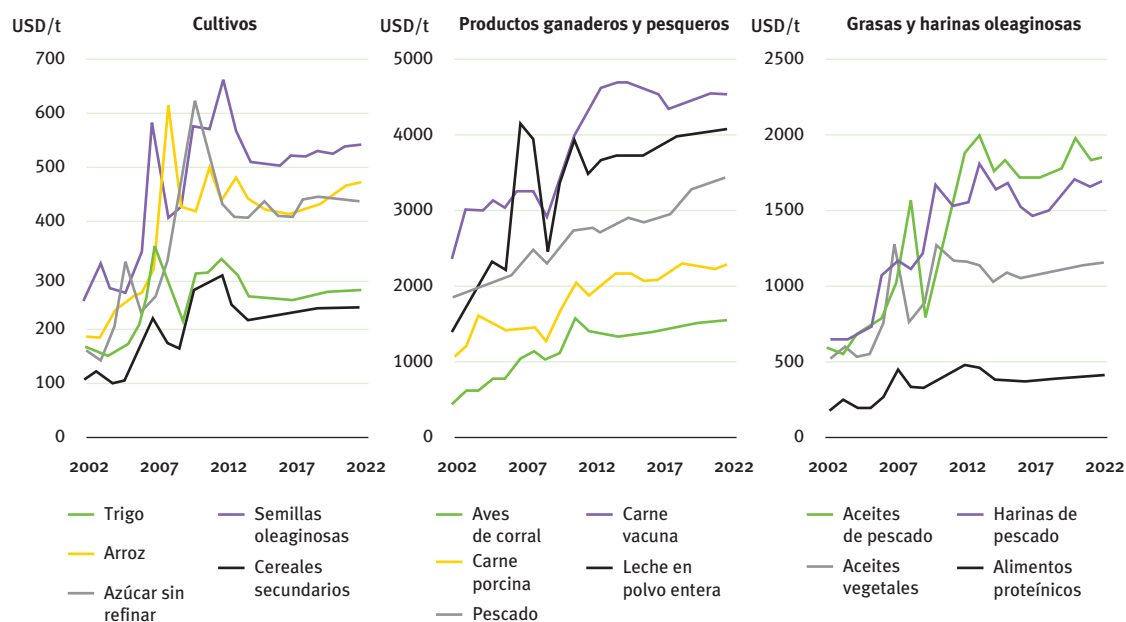
Se estima que a lo largo de la próxima década aumentarán los precios tanto de los cultivos como de los productos pecuarios, debido a la reducción del crecimiento de la producción, al incremento de la demanda en particular de biocombustibles y a un entorno macroeconómico favorable.

En la Figura 3 se muestran los precios de los productos básicos que actualmente son altos en términos históricos, se prevé que los precios de la mayoría de los cultivos disminuirán en respuesta a un repunte de la producción. **Mientras que la reducción de las existencias pecuarias mundiales no permitirá sino una respuesta limitada de la oferta, por tanto se estima que los precios de la carne y el pescado se mantendrán altos y subirán más rápidamente que los productos agrícolas primarios.** Específicamente los precios de la carne y los productos lácteos permanecen a niveles altos, debido ante todo a que la oferta durante el año 2013 se mantuvo por debajo de las expectativas.



FIGURA 3

Tendencia de precios (nominales) para los productos agrícolas y pesqueros al 2022

Obs: para fuentes y unidades referirse a www.agri-outlook.org

Fuente: OCDE-FAO (2013)

Ante la estrecha relación de los precios del petróleo con los precios de los fertilizantes y los costos de otros productos químicos agrícolas y maquinaria, es de esperarse que cualquier incremento en los precios del petróleo se traduzca rápidamente en el aumento de los costos de producción. Además, algunos insumos como el agua tienen una disponibilidad cada vez más restringida para la agricultura, y por ende es más costoso adquirir los suministros necesarios.

Por tanto, los elevados precios de la energía y crecientes costos de otros insumos están considerados en las proyecciones de precios de las materias primas, lo cual reducirán la rentabilidad de la agricultura intensiva en capital e insumos, y se puede esperar que este acontecimiento frene aún más el crecimiento de la producción. Al mismo tiempo, es probable que se fomente el crecimiento de la producción en países con prácticas agrícolas menos intensivas, debido a ingresos netos más altos, como las operaciones de lácteos y carne basadas en ganadería de pastoreo.

Por otra parte, los mercados agrícolas y energéticos se han vinculado cada vez más, no sólo por el lado de la oferta, ya que la energía es un insumo importante, sino también por el lado de la demanda, pues **la demanda de biocombustibles ha desplazado la demanda de varios cultivos como el maíz, el trigo, el azúcar y diversas semillas oleaginosas como materias primas. Los precios del etanol y del biodiesel continúan bajando de los máximos históricos que alcanzaron el año 2011, en un contexto de oferta abundante.**

Los cereales siguen siendo la base de la dieta humana, pero el aumento de los ingresos, la urbanización y los cambios en los hábitos alimenticios contribuyen a un cambio hacia dietas más altas en proteínas,



grasas y azúcar. Los precios internacionales de los granos se han reducido en forma notoria desde sus recientes niveles históricos, en gran parte debido a cosechas récord en 2013/14³.

Se prevé que en la próxima década la producción ganadera y de biocombustibles crezca a una tasa superior a la producción de granos. Esta estructura cambiante de la producción agrícola mundial apunta en favor de los cereales secundarios y las semillas oleaginosas, a los efectos de satisfacer una creciente demanda de piensos y biocombustibles, y a expensas de cultivos alimenticios básicos, incluyendo el trigo y el arroz. El aumento de la producción agrícola tendrá su origen en aquellas regiones donde los factores productivos sean menos restrictivos, incluyendo la disponibilidad de tierras y agua, y los marcos normativos.

Los precios agrícolas se reducirán durante uno o dos años más, para luego estabilizarse en niveles que aunque por encima del período anterior a 2008, quedarán muy por debajo de los máximos vistos recientemente. En el mediano plazo, se espera un aumento de precios nominales en la carne, los productos lácteos y el pescado, pero una disminución en términos reales tanto para la carne como para los granos. El ratio entre existencias y utilización de cereales mejora de manera significativa, y por ende debería preocupar menos la volatilidad de precios.

El impulso a la producción pesquera mundial tendrá su origen principalmente en avances en la Acuicultura de los países en desarrollo. Durante esta década, los altos costos y un contexto de fuerte demanda mantendrán los precios del pescado muy por encima de su promedio histórico, aunque estarán influenciando de forma negativa el crecimiento del consumo. El crecimiento de la producción agrícola mundial tendrá su origen principalmente en los países en desarrollo de Asia y América Latina.

El comercio continúa creciendo, aunque a un ritmo más lento que en década anterior. América reforzará su posición exportadora dominante, tanto en términos de valor como de volumen, mientras que África y Asia aumentarán sus importaciones netas para satisfacer una creciente demanda.

Específicamente, el secretario de Agricultura y Alimentación de España, Carlos Cabanas ha destacado el auge del sector hortofrutícola español que, con una producción de 24,2 millones de toneladas, de las cuales el 53% son hortalizas, situando a España como 2^{do} país productor de la UE de frutas y hortalizas, prácticamente empatado con Italia, y como sexto a nivel mundial. El 46% de la producción hortofrutícola se destina a la exportación, lo que coloca a España como primer exportador comunitario y tercer exportador mundial. Las exportaciones, han alcanzado en el año 2012 los 12,6 millones de toneladas, con un valor de 11.700 millones de euros⁴.

Por otro lado, un estudio publicado en el año 2013 titulado “EL SECTOR DE LA TECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN LA REGIÓN DE MURCIA” realizado por el Departamento de Internacionalización e Inversiones - Instituto de Fomento de la Región de Murcia⁵, refiere que la agricultura de la Región representa un sector

³ OECD-FAO Agricultural Outlook 2014, http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/agr_outlook-2014-sum-es.pdf?expires=1406731408&id=id&accname=guest&checksum=E744B4DD304F75F82FBA427C12BC5C49

⁴ ESPAÑA ES EL SEGUNDO PRODUCTOR DE FRUTAS Y HORTALIZAS DE LA UE, [asajaalmeria](http://asajaalmeria.com) el junio 6, 2014, 18/09/2014

⁵ La Comunidad Autónoma de la Región de Murcia está situada en el sureste de la Península Ibérica, en pleno arco mediterráneo. Ocupa una superficie total de 11.314 km² lo que representa el 2,2% del territorio nacional. Las temperaturas se ajustan al modelo árido mediterráneo, con variaciones que oscilan entre los 35^o C en verano y los 10^o C en invierno de media. Las precipitaciones anuales son muy escasas, apenas se alcanzan los 225 l/m², y en la época estival se sufre una intensa sequía. La gran ventaja de esta zona es su insolación media, superior a las 2.800 horas anuales.



estratégico en la economía regional. Su importancia queda reflejada en el valor de producción de la Rama Agraria, con 1.211 millones de euros de Producción Final Vegetal (frutas y hortalizas), un porcentaje de trabajadores cercano al 9% de la población activa regional. De la superficie total de la región, un 48,1% está destinado a tierras de cultivo.

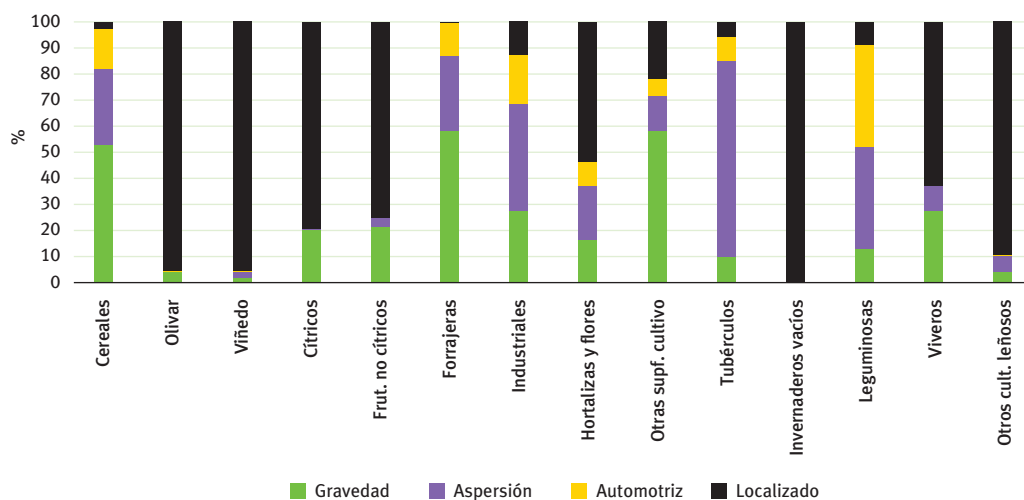
Las difíciles condiciones para el cultivo en un clima árido que provoca la falta de recursos hídricos, asociado a la mala calidad de las aguas y suelos pobres en nutrientes, han dado lugar a una apuesta constante por la innovación tecnológica dirigida a encontrar soluciones efectivas para obtener la más alta rentabilidad y productos de primera calidad. Y así lo demuestra la extensión de las superficies protegidas por invernaderos y la amplísima difusión de las modernas técnicas de *riego localizado*, como indicadores de este proceso de tecnificación constante. Actualmente, Murcia se sitúa como una de las agriculturas más avanzadas del mundo.

En la Figura 4 se muestra la distribución de la superficie regada de la Región de Murcia por tipo de cultivo y tipo de riego (*Gravedad, Aspersión, Automotriz y localizado*), destacando los cultivos de olivos, viñedos, cítricos, frutas no cítricas, hortalizas y flores, invernaderos vacíos, viveros y otros cultivos leñosos con más del 50% del riego mediante el *sistema localizado*. En general la Región de Murcia destaca principalmente por tener una parte mayoritaria de su superficie regada bajo el *sistema localizado* (80,8%).

Por otro lado, la superficie de cultivos bajo invernadero muestra un continuo crecimiento desde el auge del desarrollo de la horticultura intensiva en los años setenta del siglo XX. Durante los últimos años ha incrementado su ritmo de crecimiento debido fundamentalmente a razones de mercado, aunque puede haber influido también la escasez de aguas de riego, que obliga a concentrar este recurso en los usos de máxima generación de valor.

FIGURA 4

Distribución porcentual de la superficie regada por tipo de cultivo y tipo de riego de Murcia, 2012



Fuente: EL SECTOR DE LA TECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN LA REGIÓN DE MURCIA, 2013



Desde el punto de vista de la economía del agua, los invernaderos y otras técnicas de protección de cultivos muy habituales en la región de Murcia, como los acolchados y microtúneles, contribuyen a la reducción de las pérdidas por evaporación, aunque la fuerte intensidad de sus cultivos hace que las demandas hídricas por superficie no necesariamente resulten muy bajas.

En torno al sector de los invernaderos se ha generado también una industria productora de plásticos con gran peso en la Región de Murcia, y que destaca por su versatilidad y capacidad para adaptarse a las necesidades de cada cultivo y cada clima. Para ello, se utilizan las más avanzadas técnicas de fabricación, como la co-extrusión en tres capas con el objetivo de conseguir films más duraderos y resistentes.

La especialización también ha sido importante y se fabrican desde films anticondensación a plásticos antiviruses, acolchados, ensilajes bicolors, etc... Son destacables en este sentido los films de barrera, estructuras tricapas con una capa central de poliamida, que permiten reducir el efecto nocivo para el medio ambiente de algunos desinfectantes utilizados en agricultura como el Bromuro de Metilo. En la industria de fabricación de mallas, la gama también es amplísima, pantallas exteriores, pantallas térmicas, de sombreado y de oscurecimiento. Las empresas fabricantes de plásticos destinados a la construcción de invernaderos y sistemas de protección de cultivos se caracterizan por su versatilidad y capacidad de producir films diferentes para cada tipo de cultivo y adaptarlos a cada tipo clima.

El resultado de esta industria agraria es una amplia gama de productos hortofrutícolas que gozan de una sólida posición y gran prestigio en los mercados nacionales e internacionales, algunos de los cuales brillan con luz propia por sus excepcionales características y su indudable calidad. Las peras de Jumilla, melocotones tempranos de Cieza, uvas de mesa de Blanca, melón de Torre Pacheco, limones de Santomera, vinos de las Denominaciones de Origen de Yecla, Bullas y Jumilla, tomates de Mazarrón o el pimentón de Murcia son una clara muestra de ello.

Un aspecto clave en la economía de la Región de Murcia es la producción agroalimentaria destinada a la exportación, ya que con respecto al mercado regional representa un porcentaje superior al 50%. En la siguiente tabla se refleja el valor de las exportaciones de Murcia con respecto a España para el año 2013 en el sector, un total de 3.823,7 Millones de euros de los cuales casi el 79% corresponde a exportaciones a países Europeos destacados en color azul (véase figura 5). Siendo los países vecinos como el Reino Unido, Alemania, Francia e Italia los principales destinos.

Por otra parte también se aprecia en la tabla como las exportaciones más importantes porcentualmente se refieren a las (07) Legumbres, Hortalizas (29,56%), (08) Frutos y Frutas, s/conservar (29,33%) y (20) Conservas de verdura o fruta; zumo (10,70%).



TABLA 1

Valor de las exportaciones agrarias y pesqueras en miles de € de la Región de Murcia vs España (2013)

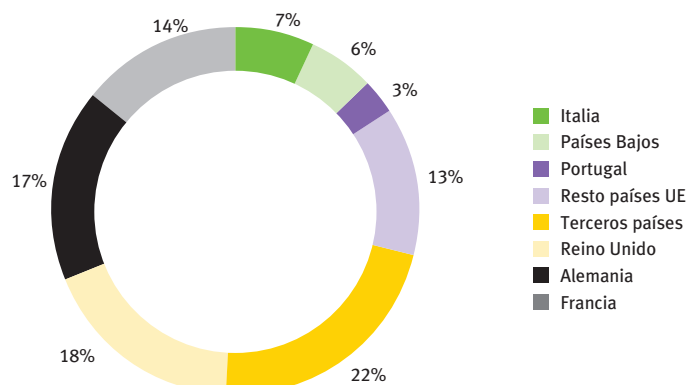
Capítulos TARIC	Murcia	% Sobre C.A.	España	Murcia/España (%)
01 Animales vivos	98.306,54	2,57	478.746,14	20,53
02 Carne y despojos comestibles	93.414,21	2,44	3.915.778,73	2,39
03 Pescados, crustáceos y moluscos	84.428,44	2,21	2.172.704,10	3,89
04 Leche, productos lácteos, huevos	13.398,06	0,35	1.051.198,31	1,27
0405 Tripas, vejigas, estómago, animales	1.246,32	0,03	99.892,93	1,25
07 Legumbres, hortalizas, s/cons	1.130.241,36	29,56	4.794.296,57	23,57
08 Frutas/Frutos s/conservar	1.121.442,82	29,33	6.972.890,28	16,08
09 Café, té, yerba mate y especias	117.365,00	3,07	367.730,66	31,92
10 Cereales	1.689,90	0,04	436.052,58	0,39
11 Producción de la molinería, malta	617,45	0,02	230.985,01	0,27
12 Semillas oleaginosas, plantas industriales	5.663,09	0,15	466.216,79	1,21
13 Jugos y extractos vegetales	7.416,18	0,19	235.993,37	3,14
14 Materias trenzables	45,52	0,00	6.381,91	0,71
15 Grasas, aceite animal o vegetal	139.056,89	3,64	3.093.005,27	4,50
16 Conservas de carne o pescado	59.055,89	1,54	1.135.108,62	5,20
17 Azúcares, artículos confitería	118.607,77	3,10	511.295,63	23,20
18 Cacao y sus preparaciones	282,08	0,01	462.315,19	0,06
19 Producción de cereales, de pastel	13.275,63	0,35	1.203.736,91	1,10
20 Conservas verdura o fruta, zumos	409.237,81	10,70	2.370.332,00	17,26
21 Preparación alimenticias diversas	85.637,83	2,24	1.306.527,74	6,55
22 Bebidas todo tipo (exc. zumos)	291.394,15	7,62	3.807.614,18	7,65
23 Residuos industria alimentaria	31.711,45	0,83	885.582,50	3,58
24 Tabaco y sus sucedáneos	175,15	0,00	294.019,61	0,06
Total	3.823.709,15	100,00	36.298.405,03	10,53

Fuente: Dossier Autonómico de la Región de Murcia, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación Exterior (Julio 2014)



FIGURA 5

Exportaciones agroalimentarias a los principales países de la Región de Murcia



Fuente: Región de Murcia, Consejería de Agricultura y Agua- Estadísticas Comercio Exterior (2013)

En resumen, el rápido crecimiento de los regadíos murcianos durante las últimas décadas ha ido acompañado por un intenso proceso de modernización y tecnificación, posicionando la industria agraria entre las más destacadas de Europa. La extensión de las superficies protegidas por invernaderos y la amplísima difusión de las modernas técnicas de riego localizado son indicadores de este proceso. Actualmente, Murcia se sitúa entre las primeras provincias españolas.

1.1. Marco Normativo

Las reformas recientes de políticas de mercado agrícola y pesquero han permitido que los factores fundamentales que rigen a la oferta y la demanda respondan mejor a las señales de mercado. No obstante, ambas siguen bajo la influencia de políticas intervencionistas, como los subsidios a la producción, las existencias públicas y los mandatos de biocombustibles. Hay otros cambios recientes de política que ya están en marcha, como la Ley Agrícola de los Estados Unidos⁶ y la reforma de la Política Agrícola Común de la Unión Europea⁷, que podrían afectar a estas proyecciones, pero que no se han tenido en cuenta porque aún se desconocen muchos detalles importantes de su ejecución.

⁶ La nueva legislación recorta los cupones de alimentos para los pobres, expande los seguros para cultivos y acaba con los pagos directos a agricultores. Barack Obama, en una declaración escrita agradeció el trabajo del congreso en la aprobación de la medida y resalto sus bondades...“Este proyecto de ley da seguridad a los agricultores y ganaderos de Estados Unidos, y contiene una variedad de reformas de sentido común que mi gobierno ha solicitado en repetidas ocasiones, entre ellas la reforma y la eliminación de los subsidios agrícolas directos y la prestación de asistencia a los agricultores cuando más lo necesiten”. El Senado votó 68-32 para dar el aval a la legislación, que llevaba más de un año de retraso porque las negociaciones en el Congreso se estancaron por varios asuntos, como el tamaño de los recortes en el programa de vales canjeables por alimentos Voz de América, “Congreso de EE.UU. aprueba ley agrícola”, 07.02.2014, <http://www.voanoticias.com/content/congreso-agricultores-ley-legislacion-ganaderos/1844596.html>

⁷ La Política Agrícola Común (PAC) es una de las políticas más importantes y uno de los elementos esenciales del sistema institucional de la Unión Europea (UE). La PAC gestiona las subvenciones que se otorgan a la producción agrícola en la Unión Europea.



Pero sí es importante mencionar que después de dos años de ardua discusión, el 7 de febrero del 2014, el presidente Barack Obama firmó la Ley Agrícola de Estados Unidos 2014 (LA2014). Esta nueva legislación representa la mayor reforma al sistema de apoyos a la agricultura estadounidense desde la primera ley, promulgada en 1940, y aunque los recursos totales no cambian significativamente (USD 489 mil millones para los próximos 5 años), incluye cambios importantes en la asignación del presupuesto: recorta fondos de los programas de cupones de alimentos, y lo que antes se destinaba a pagos directos se orienta ahora a la creación de una red de seguridad agrícola y de cobertura de riesgos.

Uno de los cambios de mayor relevancia para la agricultura de ALC es la eliminación de programas como el de los pagos contra-cíclicos, ya que tendrán mayor impacto en el mercado doméstico e internacional de productos básicos (soya, maní, trigo, maíz, sorgo, cebada, avena, arroz, algodón y otras oleaginosas). Este programa básicamente aseguraba precios mínimos a los productores, lo que tenía efectos positivos directos en la producción agrícola de los EE. UU., y efectos negativos indirectos en la producción de los cultivos básicos señalados en el resto del mundo, pues debían afrontar precios internacionales más bajos y sin subsidios similares⁸.

Por otra parte, tres elementos fundamentales contextualizan una nueva reforma de la PAC en la actualidad: en primer lugar, la entrada en vigor del Tratado de Lisboa determina un nuevo marco institucional en el que el Parlamento adquiere mayores poderes a través de la co-decisión; a su vez, el marco presupuestario acordado por los Estados Miembros finaliza en 2013, y la posición de la PAC en los nuevos presupuestos deberá ser redefinida para el período 2014-2020; finalmente, resulta necesaria una realineación de la política agrícola común con la nueva estrategia Europa 2020 destinada a favorecer el crecimiento económico de la UE en la próxima década.

Además del contexto institucional, nuevos retos que se plantean en el previsible medio plazo han impulsado a la Comisión Europea a iniciar el proceso de reforma. La reciente crisis económica ha golpeado de lleno al sector agrícola, afectado por una excesiva variabilidad de los precios y una constante disminución de su renta en términos reales. Como consecuencia, los agricultores europeos deben asegurar la seguridad alimentaria bajo una creciente presión competitiva y debiendo cumplir con elevados estándares. Los retos medioambientales y climáticos son también evidentes. Si bien los gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura han sido reducidos en más de un 20% en los últimos 20 años y la eco-condicionalidad liga desde 2003 los pagos únicos al cumplimiento de determinados estándares medioambientales, las perspectivas del inminente cambio climático plantean nuevos y diversos retos en las diferentes zonas de Europa.

Finalmente, en una Unión Europea de 27 países, las zonas rurales y las explotaciones agrícolas son extremadamente variadas: la PAC debe promover la cohesión y tener en cuenta las diversas necesidades territoriales. Teniendo en cuenta estos elementos, la Comisión Europea ha comenzado un proceso de reforma que incluye diversas fases. En abril de 2010 el Comisario Europeo de Agricultura y Desarrollo Rural lanzó un debate público sobre el futuro de la PAC.⁵ Se invitaba a ciudadanos y organizaciones a contribuir con su opinión sobre los principios y fundamentos de la PAC, sobre las posibilidades de reforma y los instrumentos para mejorar la política agrícola en el futuro. La iniciativa generó un debate con más de

⁸ Victor M. Villalobos A, La Ley Agrícola 2014 de los Estados Unidos (Farm Bill) y sus repercusiones en la agricultura de América Latina y el Caribe, Abril de 2014, http://www.iica.int/Esp/dg/Documents/Nota_tecnica_o2_2014.pdf



5.500 contribuciones, convirtiéndose en el mayor organizado por la UE hasta el momento. Los resultados fueron presentados en un informe realizado por expertos independientes en la Conferencia sobre ‘La PAC post 2013’ organizada en Bruselas en julio.

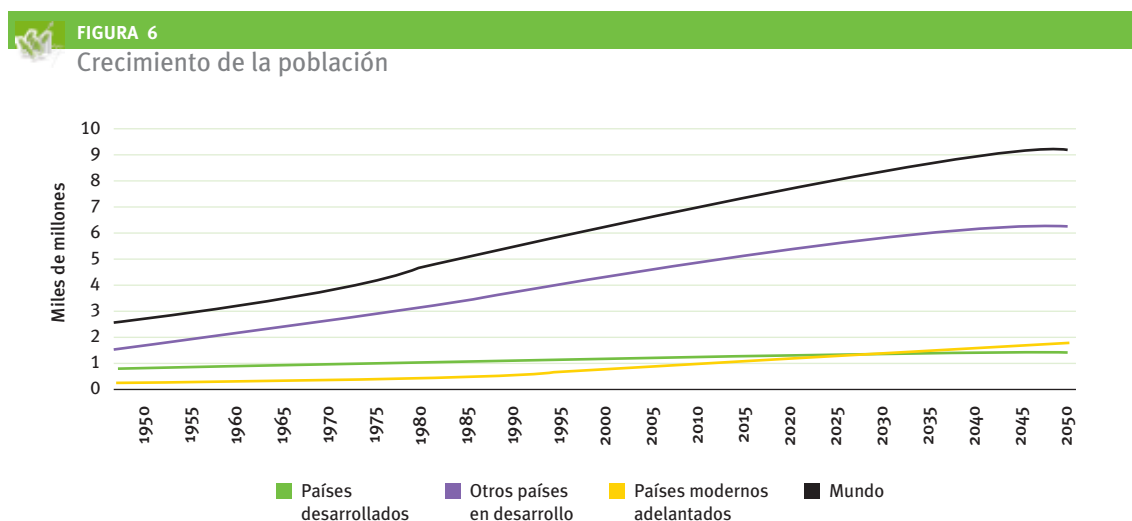
La PAC ha recibido críticas porque parte de la producción subvencionada se desecha o se exporta a países pobres. Esto provoca que los productos de origen europeo, que han recibido una subvención que baja el precio del producto por debajo de su coste, sean vendidos a un precio artificialmente bajo, hundiendo las economías de los países pobres.

1.2. Crecimiento demográfico

Otro factor de fortalecimiento de la demanda de productos agrícolas es el crecimiento demográfico. Se espera que un crecimiento económico global más fuerte contribuya a la desaceleración continua del crecimiento de la población mediante tasas de natalidad más bajas. Se anticipa que el crecimiento de la población mundial se desacelere a sólo 1% durante la próxima década. La expectativa es que los países en desarrollo sigan experimentando los aumentos más rápidos de la población, con África encabezando el grupo y creciendo a un 2.3% anual.

Según una estimación realizada por la FAO en su informe “La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050” (2009), presentado en el Foro de expertos de alto nivel “Como alimentar al mundo en 2050”, la población mundial aumentará en más de un tercio entre 2009 y 2050. Esta tasa de crecimiento es muy inferior a la que se registró en las cuatro últimas décadas, durante las cuales se incrementó más del 90%.

Se prevé que casi todo este crecimiento tendrá lugar en los países en desarrollo. Dentro de este grupo de países, la población del África subsahariana sería la que crecería más rápido (+114 %) y la del Asia oriental y sudoriental la que aumentaría más despacio (+13 %) (Véase Figura 6).



Fuente: División de Población de las Naciones Unidas, de van der Mensbrugge et al. 2009



El incremento de la población mundial necesitará de un suministro adicional de alimentos, que unido al cambio climático seguro tendrá un impacto en los sistemas de producción primaria, como la agricultura, la silvicultura, la pesca y la acuicultura.

1.3. Proyecciones a futuro

Por tanto, se estima que a lo largo de la **próxima década aumentarán los precios tanto de los cultivos como de los productos pecuarios, debido a la reducción del crecimiento de la producción, al incremento de la demanda en particular de biocombustibles y a un entorno macroeconómico favorable.**

Se necesita una **transición hacia un uso óptimo de los recursos biológicos renovables y, por tanto, se debe avanzar hacia sistemas de producción y de transformación primaria sostenibles que puedan producir más alimentos y otros productos de origen biológico con menos insumos y menos impacto ambiental, como las emisiones de gases de efecto invernadero.**

Para mantener su competitividad, Europa necesitará garantizar un abastecimiento suficiente de materias primas, energía y productos industriales, en condiciones de disminución de los recursos fósiles, ya que se espera que **la producción de petróleo y gas líquido disminuya en un 60% en 2050⁹.**

En la actualidad, la atención se centra en alternativas como los biocombustibles (etanol y diésel), que se obtienen directamente a partir de cultivos agrícolas. Se espera que los niveles de **consumo y producción de biocombustibles aumenten en más del 50%, liderados por el etanol y el biodiesel obtenidos del azúcar.** El precio del etanol sube en línea con el del petróleo crudo, mientras que el del biodiesel sigue más de cerca la evolución del precio del aceite vegetal.

Muchos combustibles fósiles también se utilizan como materia prima industrial para producir productos químicos y plásticos. Con el tiempo, en su mayoría podrían sustituirse por biomasa, por ejemplo de almidón y paja fermentada, que mediante enzimas o microorganismos se puede convertir en una extensa gama de materiales. De hecho, Europa es líder mundial en diversos campos biocientíficos y biotecnológicos relacionados con este ámbito, si bien los competidores internacionales están acortando las distancias.

La OCDE señala que para el año 2030 la bioeconomía incluirá entre sus ejes centrales al conocimiento avanzado de los genes y los procesos celulares complejos, la capacidad de generar biomasa renovable y la integración transversal de las aplicaciones biotecnológicas en diversos sectores.¹⁰ Esta predicción es congruente con el rápido avance científico y tecnológico detonado por el desarrollo de las ciencias genómicas cuyo impacto en el ámbito económico es cada vez más evidente.

El desarrollo continuo y la aplicación de la biotecnología contribuirán eficazmente a reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles. La biomasa sustituirá al petróleo, al gas y al carbón, mientras que los catalizadores químicos irán dando paso a los enzimas y microorganismos, de manera que nuestros recursos se irán haciendo completamente sostenibles.

⁹ http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/bioeconomy_en.htm

¹⁰ "The Bioeconomy to 2030. Designing a Policy Agenda", OECD, París, 2009



De momento, **la bioeconomía de la Unión Europea alcanza ya un volumen de negocios de cerca de 2.000 millones de euros** y da trabajo a más de 22 millones de personas, lo que representa el 9% del empleo total de la Unión Europea. A fin de mantenerse a la vanguardia, la Comisión Europea ha adoptado una serie de medidas, entre ellas la elaboración de la estrategia *«La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa»*, iniciada a principios de 2012. El objetivo general de la misma es orientar la economía europea hacia un uso mayor y más sostenible de los recursos renovables, basándose en la investigación, la innovación y la inversión.

Con su carácter transversal, la bioeconomía ofrece una oportunidad única para hacer frente a desafíos complejos e interconectados, mientras que el logro del crecimiento económico puede ayudar a Europa a hacer la transición a una sociedad más eficiente con los recursos que se basa en mayor medida en los recursos biológicos renovables para satisfacer las necesidades de los consumidores, la demanda de la industria y hacer frente al cambio climático.

Gestionada de manera sostenible, la bioeconomía puede soportar una amplia gama de bienes públicos, incluyendo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Se puede reducir el impacto medioambiental de la producción primaria y la cadena de suministro en su conjunto. Puede aumentar su competitividad, mejorar la autosuficiencia de Europa y proporcionar puestos de trabajo y oportunidades de negocio. La bioeconomía puede contribuir a construir una Europa más competitiva, innovadora y próspera.

3

OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO





En base a la información recopilada sobre las Tendencias en el sector agrícola, la Unidad de Inteligencia Tecnológica de Clarke, Modet & C^o ha realizado un estudio con el propósito de recopilar y presentar algunas de las tendencias y predicciones recientes publicadas en el área que ayuden a:

- Delinear el escenario actual de las tendencias en el sector agrícola en el ámbito mundial.
- Presentar un ejemplo de la utilidad de la Vigilancia Tecnológica como herramienta para disminuir la incertidumbre, y por ende el riesgo inherente en la toma de decisiones, a fin de realizar una orientación efectiva de las estrategias de investigación, desarrollo e innovación de los proyectos en esta área.

El documento se estructura en 4 apartados:

- **APARTADO I:** Metodología de trabajo.
- **APARTADO II:** Análisis bibliométrico de las publicaciones sobre tendencias en el sector agrícola.
- **APARTADO III:** Análisis de documentos de patentes sobre cultivos transgénicos o genéticamente modificados.
- **APARTADO IV:** Análisis de tendencias del sector en TIC y Nanotecnología.

En la primera parte del estudio “*Metodología de trabajo*”, se describe la metodología llevada a cabo, detallando las estrategias de búsquedas utilizadas, en las diversas fuentes de información consultadas: bases de datos de literatura científica, estudios de mercados y fuentes especializadas en análisis de tendencias en el sector agrícola, así como bases de datos de patentes.

Posteriormente en los apartados siguientes (Apartado II y III) se presenta un breve análisis bibliométrico (análisis cuantitativo) y cualitativo de las publicaciones científicas y documentos de patentes que nos permitan extraer algunas conclusiones preliminares sobre las tendencias en el sector agrícola. Y a manera de ejemplo en el apartado de análisis bibliométrico de los documentos de patentes (Apartado III) se presenta un análisis sobre cultivos transgénicos o genéticamente modificados, dado que evaluar las innovaciones del sector agrícola sería sumamente amplio.

Por último, en el apartado de las “*Análisis de tendencias*” (Apartado IV) se presentan las tendencias del sector agrario extraídas de diferentes fuentes especializadas en el área que aportan una visión del futuro del sector y la participación de la tecnología en el mismo, de forma explorar nuevas vías y adaptarse a la dinámica del sector resaltando aplicaciones actuales y propuestas en las área de Tecnologías de Información y Comunicación, Nanotecnología y Biotecnología.

4

METODOLOGÍA DE TRABAJO





Con el fin de poder recopilar información sobre las perspectivas y tendencias en el sector agrícola, y delinear un escenario al respecto, se ha procedido a realizar una búsqueda en diferentes fuentes de información, iniciando la búsqueda en las bases de datos de literatura científica (Web of Science¹¹, Science direct (Elsevier) y Springer Link), prosiguiendo por estudios de tendencias y perspectivas en el área realizados por organizaciones mundialmente reconocidas como la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO)¹², y la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE)¹³.

Específicamente revistas especializadas en tendencias como The Futurist y el blog de Jack Uldrich¹³, así como presentaciones de empresas del sector como John Deere (fabricante estadounidense de maquinaria agrícola) y Monsanto (proveedora de productos químicos para la agricultura, en su mayoría herbicidas, insecticidas y transgénicos), así como bases de datos de patentes privadas y públicas (Thomson Innovation, PatBase, Espacenet y PatentScope).

Para ello, se han realizado diversas aproximaciones de búsqueda durante las dos últimas semanas de Julio de 2014. En primera instancia se consultó la Web of Science^{TM14} para identificar la magnitud del área, y extraer una muestra representativa que permitiera detectar las organizaciones, congresos y revistas técnicas científicas especializadas en el sector con publicaciones relacionadas a predicciones o tendencias relacionadas al sector agrícola en el periodo de 2000-2014¹⁵. A continuación se muestra la estrategia de búsqueda diseñada donde se utilizaron términos generales para recuperar documentos sobre tendencias y predicciones asociados al sector agrícola, la cual arroja un universo de **898 documentos de publicaciones**¹⁶.

Estrategia de Búsqueda:

(TI=((future or forecast or outlook or foresight or perspective or trend* or tendency or tendencia) AND (agricultur* or agronom* or agrario))) AND (TF<=>=(2000) AND TF<=>=(2014));*

A su vez, otra de las estrategias utilizadas para recuperar información sobre las tendencias en el sector agrario ha sido consultar páginas web, blogs, presentaciones y videos de empresas especializadas en el sector que han publicado estudios o análisis de tendencias sobre el sector. Por ejemplo, revistas especializadas en tendencias como **The Futurist** que es una revista bimensual publicada desde 1967 por la “World Future Society”, que se dedica a explorar el futuro en diferentes ámbitos gracias a la colaboración de expertos en cada área.

¹¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

¹² The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

¹³ <http://jumpthecurve.net>

¹⁴ Es un servicio en línea de información científica, suministrado por Thomson Reuters, integrado en ISI Web of Knowledge, WoK. Facilita el acceso a un conjunto de bases de datos en las que aparecen citas de artículos de revistas científicas, libros y otros tipos de material impreso que abarcan todos los campos del conocimiento académico.

¹⁵ Fecha de la consulta 16 de Julio 2014.

¹⁶ “TI” significa que los términos clave aparezcan en el título y “or and adj near” son operadores booleanos y de proximidad utilizados en las búsquedas por palabras clave que indican al motor de búsqueda de la base de datos el orden o posición de las palabras utilizadas.



Por otra parte, se consultó el blog de **Jack Uldrich**¹⁷ (<http://jumpthecurve.net>) que es un reconocido experto en previsiones de futuro, investigador independiente y reconocido conferencista empresarial.

De manera paralela se consultaron presentaciones de servicios y nuevos productos de empresas del sector como **John Deere** (fabricante estadounidense de maquinaria agrícola) y **Monsanto** (proveedora de productos químicos para la agricultura, en su mayoría herbicidas, insecticidas y transgénicos) con el fin de poder visualizar las últimas tendencias del mercado y productos novedosos que se encuentren en fase de desarrollo o que se estén utilizando en la actualidad y que presenten una ventaja tecnológica frente al resto.

Por otra parte, si bien las publicaciones, reporte y noticias ofrecen un panorama de las tendencias en investigación en el sector agrícola, las patentes posibilitan un análisis a detalle sobre los desarrollos tecnológicos. Estos documentos permiten seguir con un nivel de mayor especificidad la evolución de las actividades de I+D+i en la creación de nuevos productos y procesos. Se trata, sin embargo, de una fuente de información que debe ser gestionada con un nivel de conocimiento especializado.

Con el fin de mejorar la competitividad del sector a través de mayores rendimientos, altos niveles de calidad y posicionamiento en los mercados, es necesario consolidar la incorporación de nuevas técnicas, métodos e insumos, que aumenten la eficiencia y la productividad de los sistemas productivos y la comercialización de los productos; es por ello que, dentro del direccionamiento estratégico del sector, la variable tecnológica toma relevancia como bien hemos mencionado previamente.

Las solicitudes de patentes en las empresas de base tecnológica son una herramienta que no sólo sirve para proteger los resultados de la I+D en el mercado nacional, sino también un elemento clave en la estrategia de internacionalización de cualquier empresa que opere a través de tecnologías. El ámbito geográfico en el que una compañía decide proteger una idea es mayor cuanto mayor sea la calidad de la invención realizada, limitando la protección a un ámbito geográfico menor a las ideas de menor potencial.

Como un ejemplo, para describir la utilidad de esta fuente de información, se han consultado más de 100 bases de datos internacionales de patentes que abarcan las oficinas de Estados Unidos (USPTO), Europa (OEP), Mundial (OMPI), y las nacionales de Francia, Alemania, Reino Unido, China, Corea, Japón y España. En esta ocasión **el tema elegido para realizar la búsqueda fueron los cultivos transgénicos o genéticamente modificados**, que le han permitido a los agricultores **sembrar más, utilizando menos insumos, y la mayoría de los beneficios han sido en los países en vías de desarrollo**¹⁸.

En el diseño de la estrategia de búsqueda se utilizaron palabras claves y conceptos relacionados a las diversas formas de referir cultivos transgénicos o genéticamente modificados como se muestra a conti-

¹⁷ Entre las obras escritas por el Sr. Uldrich se han publicado en The Wall Street Journal, Business Week, The Futurist, Futuro Trimestral de Investigación, The Wall Street Reporter, Leader to Leader y cientos de otros periódicos y publicaciones estadounidenses. También ha sido conferenciante para eventos de cientos de empresas y organizaciones, entre ellas IBM, Cisco, Wipro, Wells Fargo, General Electric, General de Mills, United Healthcare, Pepsico, Pfizer, Invitrogen, St. Jude Medical, Schering AG, Imation, Fairview Hospitals, Touchstone Energy, entre otras. También es un experto en ayudar a las empresas a adaptarse, y ha realizado tareas como asesor de compañías importantes en este ámbito ofreciendo nuevas perspectivas.

¹⁸ Conclusiones extraídas del estudio “*Economic impact of GM crops: The global income and production effects 1996 -2012*” (2014), publicado por la consultora inglesa PG Economics Ltd.



nuación, y como el volumen era tan elevado se restringió la búsqueda a la identificación de las palabras clave en el campo bibliográfico de las *Reivindicaciones* o *Claims (CL)* para cerciorarnos de la pertenencia de la búsqueda en el área de interés, y aun así el volumen de información arrojado por la estrategia fue un universo de **10.508 familias de patentes**¹⁹.

Estrategia de Búsqueda

CL=((cultiv* or culture or kultur* or anbau or seed or grain or grano or saat or semence or crop or semilla* or plant* or flower or flor or fleur or blume) near3 (((modif? Or verandert) near2 (geneti?* or genet)) or (transgen*))) AND DP= (20000101);

Por otro lado, en el mapa de términos (Véase Figura 7) se explora la estructura de coherencia de la estrategia de búsqueda empleada, destacan palabras clave relacionados a la base estructural de los genes como son los “*Nucleic Acids* (“*Ácidos nucleicos*”), que almacenan la información genética de los organismos vivos y son los responsables de la transmisión hereditaria, así como otros términos relacionados con genética como “*Gene Expression*” (“*Expresión genética*”), “*Nucleotide Sequence*” (“*Secuencia de Nucleotidos*”) y “*DNA Sequence*” (“*Secuencia de ADN*”). Por otra parte, se observan las aplicaciones específicas como el crecimiento de cultivos (“*breeding cultivars*”) y modificación de variedades plantares como la soja y el maíz (“*Soybean Variety*”, “*Hybrid Corn*”, “*Transgenic Plants*”).

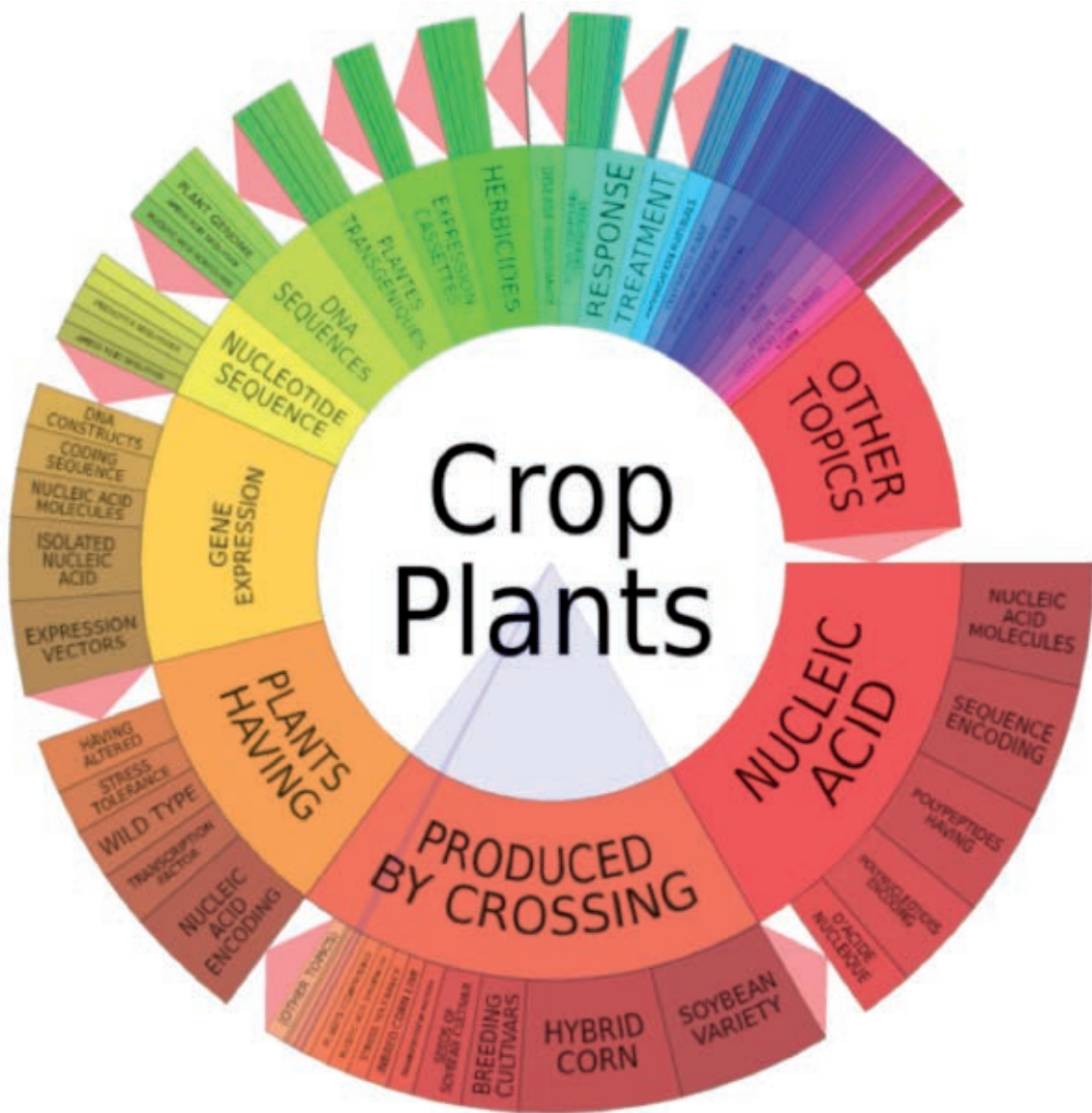
A su vez, también se muestra el mapa por los principales códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) que permiten explorar no solo la pertinencia de las áreas de conocimiento sino las posibles aplicaciones. Por ejemplo, en la Figura 8 se muestran los códigos de las clases relacionados al área objeto de estudio como A01H sobre novedades vegetales o procedimientos para su obtención, y/o reproducción de plantas por técnicas de cultivo de tejidos, así como el C12N microorganismos o enzimas, composiciones que los contienen, propagación, cultivo o conservación de microorganismos, técnicas de mutación o de ingeniería genética y medios de cultivo cuyos ejemplos de aplicación se verán en los siguientes apartados.

¹⁹ Se denomina familia de patentes a los documentos de patente publicados en diferentes países relacionados con la misma invención. Para los países miembros del Convenio de la Unión de París, estos documentos pueden ser identificados a través de los datos de la primera solicitud en base a la cual se invoca el derecho de prioridad en las solicitudes posteriores.



FIGURA 7

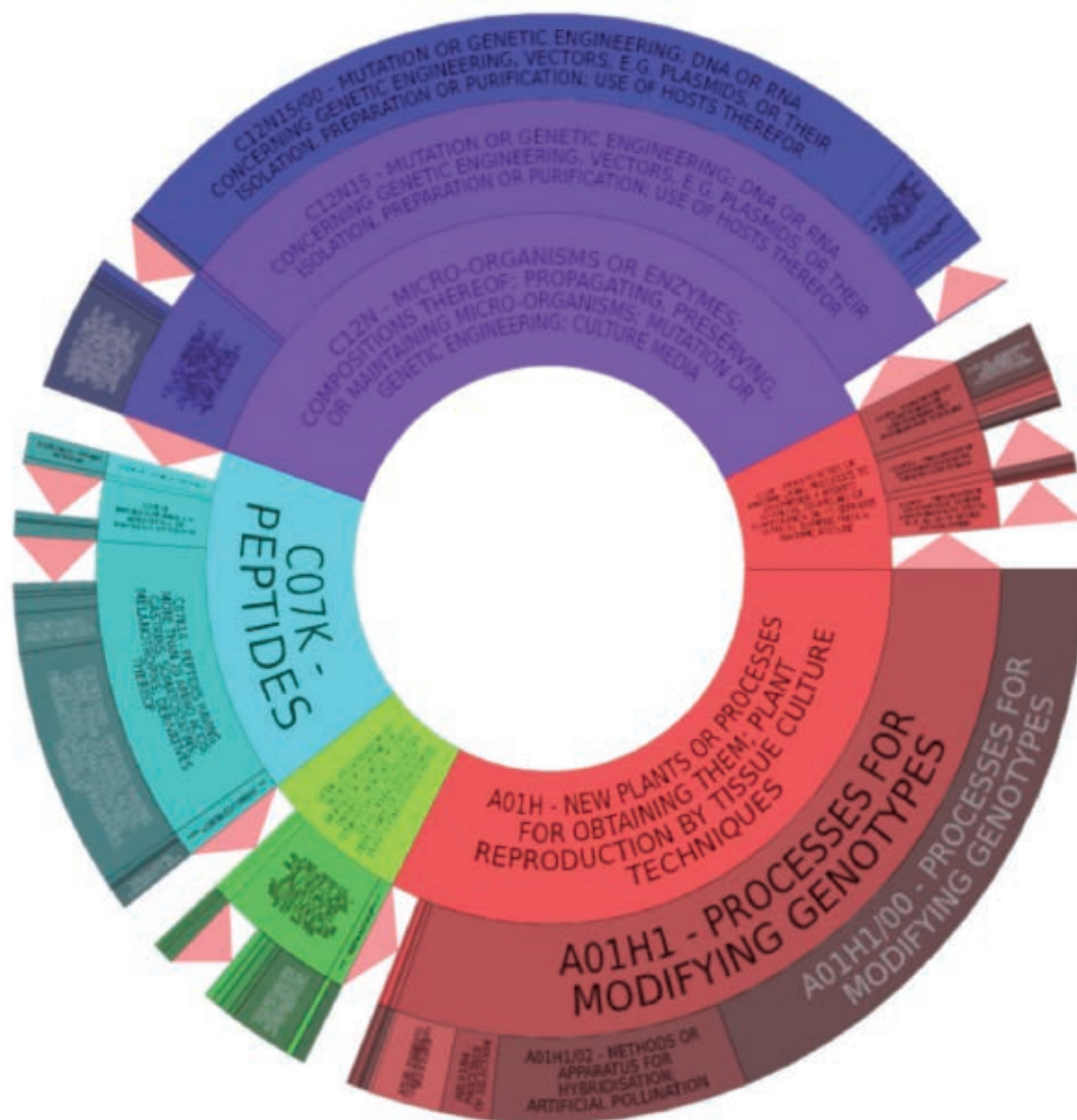
Mapa de términos de las familias de patentes, 2000-2014



Fuente: Elaboración del sistema a partir de bases de datos de patentes utilizada



FIGURA 8
Mapa por CIP, 2000-2014



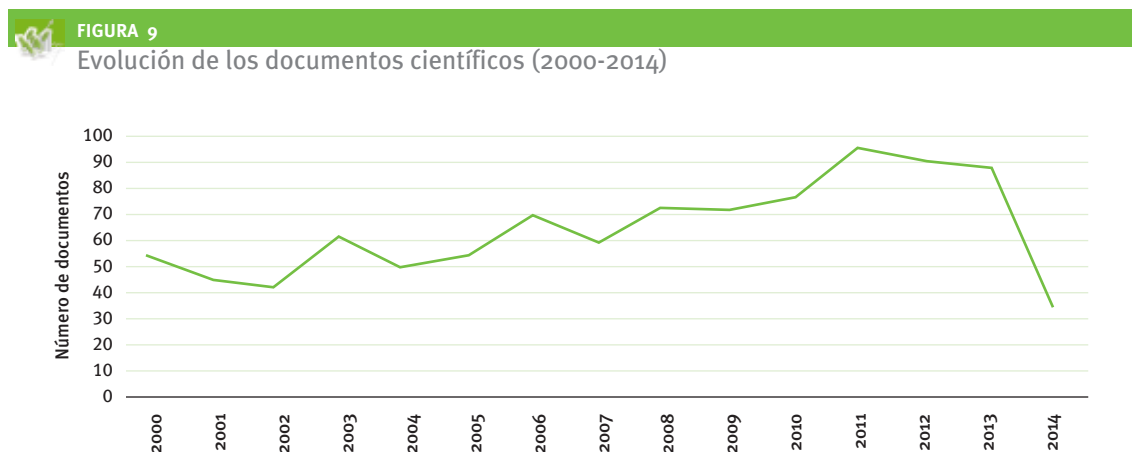
Fuente: Elaboración del sistema a partir de bases de datos de patentes utilizada

A continuación se presenta un breve análisis bibliométrico de publicaciones y familias de patentes de los universos señalados que permiten mostrar la dinámica del área y presentar algunos resultados de utilidad para inferir tendencias e identificar entidades y empresas generadoras de conocimiento en el área así como mercados y aplicaciones de interés.



1. Análisis bibliométrico de las publicaciones

A continuación se presentan algunos indicadores que permiten evaluar la tendencia en el área, precisando las entidades de mayor publicación, conferencias y congresos de interés y países de mayor publicación mediante el análisis bibliométrico del universo de los **898 documentos de literatura científica** de los cuales un 44% se han publicado en los últimos 5 años, lo que denota el gran interés que presenta el área. (Véase Figura 9).



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de publicaciones científicas

Se aprecia en la figura previa una tendencia variable pero creciente, con un promedio de publicación de 80 documentos por año en los últimos cinco años, sin tomar en cuenta el año 2014, puesto que no ha concluido.

Entre los aspectos de interés publicados reciente en los artículos referidos a las tendencias y predicciones del sector agrícola destacan los temas relacionados a la creciente escasez de recursos (mano de obra, agua y energía) y de costos de producción, junto con la variabilidad del clima, son los principales retos para la sostenibilidad del sistema agrario en general o de un cultivo específico, el papel potencial de la predicción del tiempo en relación con la agricultura (casos de éxito), la gestión integrada del sistema suelo-cultivo (ISSM) paradigma que puede ayudar a lograr el objetivo de intensificación sostenible, mejorar la seguridad alimentaria y la calidad del medio ambiente en todo el mundo. Propuestas de arquitectura urbana con el objetivo de combinar los alimentos, la producción y el diseño de producción de alimentos a una escala mayor y en los edificios en las zonas urbanas (que se define como “ZFarming”), es decir, en el marco de marco de la sostenibilidad de entender el papel de ZFarming en la producción futura de alimentos en las ciudades y para revisar los principales beneficios y limitaciones.

Otros artículos relacionados a resaltar como el cambio tecnológico en la agricultura juega un papel decisivo para satisfacer la demanda futura de productos agrícolas. Al incorporar herramientas de software y hardware como la simulación (ej. *Computational Fluid Dynamic*), sensores y actuadores, sistemas de posicionamiento global, visión artificial y sensores-láser incorporados en los robots móviles con el obje-



tivo de configurar sistemas autónomos capaces de realizar o complementar las actividades del agricultor. Es decir, un paso adelante en la aplicación de un equipo automático en la agricultura es el uso de flotas de robots, en el que una serie de robots especializados colaboran para llevar a cabo una o varias tareas agrícolas, por ejemplo.

A continuación se presentan algunos indicadores bibliográficos que nos permiten extraer información general del conjunto de publicaciones, por ejemplo, en la siguiente tabla se presente el número de artículos generados por país, donde Estados Unidos, Reino Unido, China, Alemania y Australia han generado el 58% de los artículos. En la quinta columna titulada Nº publicaciones/Editorial se refiere a los países donde se ubican las organizaciones editoriales, de las cuales destacan Estados Unidos, Reino Unido y Holanda que aglutinan el 71% de las editoriales.

Los países reseñados en la Tabla 2 han generado aproximadamente el 80% de las publicaciones por país de origen de los autores, y un 91% por la nacionalidad de las editoriales. Cabe destacar que de los 898 documentos recopilados, un 51% corresponden a artículos de revistas técnicas, un 27% provienen de artículos de conferencias y congresos del área, mientras que el restante 22% corresponde a capítulos de libros, revisiones y otro material editorial.



TABLA 2

Principales países publicadores y sede de las editoriales

#	Países	Nº publicaciones ²⁰	%	Nº publicaciones / Editorial	%
1	ESTADOS UNIDOS	271	30%	293	32%
2	REINO UNIDO	73	8%	215	24%
3	HOLANDA	44	5%	134	15%
4	ALEMANIA	255	6%	54	6%
5	AUSTRALIA	50	6%	23	3%
6	FRANCIA	26	3%	19	2%
7	SUIZA	17	2%	15	2%
8	CANADA	38	4%	14	2%
9	CHINA	71	8%	10	1%
10	ITALIA	26	3%	9	1%
11	RUMANIA	9	1%	9	1%
12	BELGICA	11	1%	8	1%
13	FINLANDIA	13	1%	8	1%
14	REPUBLICA CHECA	14	2%	8	1%
15	ESPAÑA	28	3%	6	1%
	TOTAL		83%	813	91%

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de publicaciones científicas

²⁰ No se han contabilizado las posibles coautorías.



Por ejemplo, por mencionar artículos recientes, la Universidad de Lleida ha publicado²⁴ un artículo titulado “*A perspective on operational research prospects for agriculture*”, realizado en coautoría con la UNIVERSIDAD DE CRANFIELD (Reino Unido) y el COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION (CSIRO, Australia). Este artículo discute el futuro de la investigación operativa (Operational Research, OR) para las industrias agrícolas donde los autores utilizan su experiencia en el campo, junto con la literatura publicada, para extraer ideas sobre nuevas oportunidades para la investigación operativa, y cómo la comunidad de investigación podría adaptarse a realizar estas mejoras.

Tendencias en la demanda para la seguridad alimentaria y los biocombustibles, la búsqueda de la tecnología de la sostenibilidad, de la información (IT), y el poder comercial crean nuevas oportunidades para apoyar la inversión estratégica y la gestión de las operaciones dentro de la producción primaria y las cadenas de suministro relacionadas. Para hacer realidad este potencial, la comunidad de investigación operacional agrícola necesita mejorar la gestión de las relaciones con los *stakeholders*, síntesis interdisciplinaria, y la aplicación con éxito de la investigación operativa.

A su vez, en la línea del análisis prospectivo del sector agrario se publica otro artículo por parte de la Universidad de Valladolid, en el año 2009, titulado “*Foresight analysis of agricultural sector at regional level*” que refiere la metodología utilizada para construir los diferentes escenarios es el análisis prospectivo para Castilla y León (España). En primer lugar, se realizó un análisis estructural con el fin de identificar las fuerzas motrices fundamentales que caracterizan la evolución del sector en esta región (la producción agrícola, la demanda de productos agrícolas y marco institucional). A continuación, llevó a cabo un análisis morfológico que generaba una serie de “escenarios parciales” de la que finalmente se construyó cuatro “escenarios globales”.

Estos últimos escenarios caracterizan las posibles tendencias de las variables del cambio previamente identificadas. Por último, los principales parámetros comunes de cada escenario global se cuantificaron mediante el método Delphi. La caracterización de escenarios tiene un interés doble. En primer lugar, pueden explicar las relaciones causa-efecto de los procesos de cambio que afectan a la agricultura en esta región de España. En segundo lugar, son un poderoso instrumento para estimular una reflexión profunda de cómo el diseño y la implementación de las políticas agrícolas actuales afectarán al sector agrícola, ya frágil de Castilla y León. Así pues, este estudio tuvo como objetivo apoyar los procesos de toma de decisiones a nivel regional.

Seguidamente, en la tabla 3 se presentan las principales editoriales, donde en las primeras posiciones se encuentran **ELSEVIER**, editorial líder en publicaciones técnicas en medicina y ciencias de la salud con más de 6.000 libros y 2.000 revistas científicas, y **SPRINGER**, editorial global que publica libros, libros electrónicos y publicaciones científicas relacionados con ciencia, tecnología y medicina, acumulando un 26% de las publicaciones entre estas dos editoriales.

²⁴ En la revista JOURNAL OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY (2014) 65, 1078–1089.



TABLA 3

Principales editoriales

Nº	EDITORIALES	Nº DOCUMENTOS
1	ELSEVIER SCI LTD	143
2	SPRINGER	94
3	WILEY-BLACKWELL	71
4	AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION	69
5	TAYLOR & FRANCIS GROUP	29
	TOTAL	406 (45%)

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de publicaciones científicas

En menor magnitud aparecen las editoriales americanas **WILEY-BLACKWELL**, la cual posee acuerdos con IEEE, y la **AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION (AAEA)**, una asociación sin ánimo de lucro al servicio de los intereses profesionales de los miembros que trabajan en la agricultura, y otros campos relacionados con la economía aplicada.

Con un porcentaje más bajo, un 3% de los documentos, aparece la editorial **TAYLOR & FRANCIS GROUP**,²² una compañía internacional que se fundó en el Reino Unido que publica libros y revistas académicas. Publica más de 1.800 revistas y más de 4.000 libros nuevos cada año, con un fondo editorial de libros de más de 60.000 títulos especializados.

Por otra parte, centrandó la atención en las revistas con mayor número de documentos publicados en el área (Véase Tabla 4) destaca en primera posición la revista de la editorial SPRINGER llamada **CLIMATIC CHANGE JOURNAL enfocada a la problemática de la variabilidad climática (descripciones, causas, consecuencias y las interacciones entre estos)**. El objetivo de la revista es proporcionar un medio de intercambio entre las personas que trabajan en diferentes disciplinas sobre los problemas relacionados con las variaciones climáticas. Esto significa que los autores tienen la oportunidad de comunicar sus estudios a personas de otras disciplinas.

²² Es una división de INFORMA PLC (compañía editorial)



TABLA 4
Principales Fuentes

Nº	Fuentes	Nº Documentos
1	CLIMATIC CHANGE JOURNAL	16
2	AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT JOURNAL	15
3	AMERICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS	12
4	AGRICULTURE AND HUMAN VALUES	11
5	OUTLOOK ON AGRICULTURE JOURNAL	10
6	ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	8
7	EUROPEAN REVIEW OF AGRICULTURAL ECONOMICS	8
8	LAND USE POLICY JOURNAL	8
9	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE JOURNAL	7
10	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY JOURNAL	7
11	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	7
12	AGRICULTURAL SYSTEMS JOURNAL	6
13	INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL SUSTAINABILITY	6
14	JOURNAL OF AGRICULTURAL AND RESOURCE ECONOMICS	6
TOTAL		127 (14%)

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de publicaciones científicas

Uno de los últimos artículos publicados en esta revista pertenece al ministerio de agricultura de Estados Unidos (United States Department of Agriculture (USDA)) ²³ y trata sobre el uso de la bio-electricidad y el suelo en los **modelos futuros de los recursos agrícolas (Future Agricultural Resources Model, FARM)**. El modelo FARM fue desarrollado por el Departamento de Servicio de Investigación Económica del Agricultura de EE.UU. (U.S. Department of Agriculture's Economic Research Service, ERS) para evaluar los efectos de los cambios globales en los sistemas agrícolas. El modelo utiliza un sistema de información geográfica que une los recursos de tierra y agua climáticamente definidos con posibilidades de producción en 12 regiones, y un modelo económico que simula cómo los cambios en una región pueden afectar a los recursos de tierra y agua, así como la producción y el consumo de 13 productos agregados en ocho regiones. Los análisis realizados con FARM muestran que:

- El cambio climático global y el crecimiento de la población es probable que cree una tensión adicional en los sistemas agrícolas y ambientales actuales durante el siglo XXI.
- Los efectos económicos netos del cambio climático global pueden ser positivos, pero la realización de estos beneficios pueden aumentar el estrés ambiental.
- La desregulación del comercio de productos agrícolas puede ayudar a aliviar algo la presión económica generada por el crecimiento demográfico y el cambio climático global.

Cabe destacar la publicación **OUTLOOK ON AGRICULTURE**, revista arbitrada internacional dedicada a la ciencia agrícola, política y estrategias. La revista se publica trimestralmente y ofrece análisis, críticas y

²³ CLIMATIC CHANGE | 123 (3-4): 719-730 Sp. Iss. SI APR 2014



comentarios de lectores internacionales e interdisciplinario. Se presta especial atención a la política agrícola, el comercio internacional en el sector agrícola, los desarrollos estratégicos en la producción de alimentos, el papel de la agricultura en el desarrollo social y económico, la agricultura en los países en desarrollo, así como las cuestiones ambientales. El último artículo de dicha revista ha sido publicado recientemente (Marzo de 2014) por la **UNIVERSITY OF EAST ANGLIA** (Reino Unido) sobre la gestión de la variabilidad del clima en la agricultura y el uso de la predicción del tiempo para apoyar la adaptación de la agricultura.

Por último, destacar la **COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE JOURNAL** (perteneciente a ELSEVIER) que proporciona una cobertura internacional de los avances en el desarrollo y la aplicación de hardware, software e instrumentación electrónica y sistemas de control para la solución de problemas en la agricultura y las industrias relacionadas. Estos incluyen la agronomía, la horticultura, la silvicultura, la acuicultura, la ciencia de los animales / ganadería, veterinaria, y procesamiento de alimentos.

Seguidamente, en la Tabla 5 se presentan los 7 artículos recopilados de dicha revista, donde destacan los 2 documentos publicados recientemente refieren predicciones.



TABLA 5

Artículos de la revista COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE

	Fuente	Título	Organización	Año Publicación
1	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 104: 71-83 JUN 2014	<i>Forecasting value of agricultural imports using a novel two-stage hybrid model</i>	Natl Chiao Tung Univ Natl Taiwan Normal Univ Aletheia Univ	2014
2	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 85: 33-39 JUL 2012	<i>Forecasting agricultural output with an improved grey forecasting model based on the genetic algorithm</i>	National Chung Hsing University	2012
3	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 65 (1): 133-143 JAN 2009	<i>Wavelet transform to discriminate between crop and weed in perspective agronomic images</i>	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	2009
4	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 60 (1): 49-59 JAN 2008	<i>Crop/weed discrimination in perspective agronomic images</i>	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	2008
5	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 50 (1): 1-14 JAN 2006	<i>Wireless sensors in agriculture and food industry - Recent development and future perspective</i>	McGill University Kansas State University China Agricultural University	2006
6	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 53 (1): 13-27 AUG 2006	<i>AgClimate: A climate forecast information system for agricultural risk management in the southeastern USA</i>	University of Florida University of Miami University of Georgia Auburn University	2006
7	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE 25 (1-2): 3-9 JAN 2000	<i>Guidance of agricultural vehicles - a historical perspective</i>	University of Saskatchewan	2000

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de publicaciones científicas



Los dos primeros artículos precisamente refieren sobre métodos y herramientas de predicción para el sector:

1. El valor de las importaciones agrícolas utilizando un novedoso modelo híbrido de 2 pasos. Convencionalmente, el modelo autorregresivo integrado de media móvil o ARIMA (acrónimo del inglés *autoregressive integrated moving average*) se ha utilizado para predecir el valor de las importaciones agrícolas, pero por lo general requiere de una muestra de gran tamaño y varios supuestos estadísticos. Algunos estudios han aplicado métodos no lineales (como los modelos gráficos), sin embargo no se tiene muy en cuenta las líneas residuales. Por lo tanto, este estudio desarrolla un novedoso modelo de pronóstico de dos etapas que combina el modelo gráfico con la programación genética (basada en algoritmos genéticos) para predecir con precisión el valor de las importaciones agrícolas. La precisión del modelo propuesto se demuestra en el artículo en base a dos conjuntos de datos de las importaciones agrícolas procedentes de Taiwán y EE.UU.
2. El valor de las producciones agrícolas utilizando un algoritmo genético para encontrar los parámetros óptimos generando un modelo estadístico/matemático mejorado.

El resto de artículos de la revista trata temas más específicos como la discriminación entre cultivo aprovechable y maleza mediante el procesamiento de imágenes, sistemas informáticos para previsiones meteorológicas, así como ejemplos de sensores inalámbricos y redes de sensores aplicados en la agricultura y la producción de alimentos para el control del medio ambiente, la agricultura de precisión, máquinas basada en comunicación “machine to machine” (M2M) y control de procesos.

A continuación, en la tabla 6 se presentan las principales organizaciones con mayor número de artículos en el área. Cabe destacar como un **52% de las 30 principales organizaciones** presentadas en la tabla **son de origen Estadounidense**, seguidas de las **organizaciones alemanas que representan un 10%**, mientras que **Canadá y Reino Unido** tienen una representación algo menor, un 7% cada uno. **Otros de los países de origen destacados son China, Australia, España, Francia, Holanda y Suecia.**

Destaca en primera posición el **USDA** que es una unidad ejecutiva del Gobierno Federal de EE.UU. cuyo propósito es desarrollar y ejecutar políticas de ganadería, agricultura y alimentación, para el periodo consultado ha publicado **44 artículos**, donde un **25% de ellos han sido publicados en los últimos 3 años**. Publicaciones referidas no solo a estudiar los aspectos económicos y políticos del futuro de la agricultura norteamericana en general, sino con la incorporación específica de nuevas tecnologías como las tecnologías de información, la nanotecnología, el uso de los pesticidas, sistema de riego, el cambio climático, etc.

**TABLA 6**
Principales organizaciones

#	Organizaciones	Nº documentos	%Total	%11-13	País de origen
1	UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)	44	5%	25%	EE.UU.
2	UNIVERSITY OF CALIFORNIA	27	3%	26%	EE.UU.
3	UNIVERSITY OF WAGENINGEN	24	3%	21%	HOLANDA
4	UNIVERSITY OF FLORIDA	15	2%	20%	EE.UU.
5	UNIVERSITY OF CORNELL	14	2%	14%	EE.UU.
6	UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES SWEDISH	12	1%	17%	SUECIA
7	UNIVERSITY OF ILLINOIS	11	1%	27%	EE.UU.
8	UNIVERSITY OF PURDUE	11	1%	18%	EE.UU.
9	CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	11	1%	27%	CHINA
10	UNIVERSITY OF IOWA STATE	9	1%	11%	EE.UU.
11	UNIVERSITY OF OREGON	9	1%	11%	EE.UU.
12	UNIVERSITY OF LEIBNIZ	8	1%	63%	ALEMANIA
13	UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA	8	1%	13%	EE.UU.
14	UNIVERSITY OF CRANFIELD	7	1%	29%	REINO UNIDO
15	UNIVERSITY OF MIAMI	7	1%	14%	EE.UU.
16	UNIVERSITY OF NEBRASKA	7	1%	43%	CANADÁ
17	UNIVERSITY OF ARIZONA	7	1%	29%	EE.UU.
18	UNIVERSITY OF HUMBOLDT	7	1%	43%	ALEMANIA
19	UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY (DOE)	7	1%	14%	EE.UU.
20	UNIVERSITY OF MICHIGAN STATE	6	1%	50%	EE.UU.
21	UNIVERSITY OF MINNESOTA	6	1%	17%	EE.UU.
22	CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES	6	1%	33%	REPÚBLICA CHECA
23	UNIVERSITY SYSTEM OF GEORGIA	6	1%	0%	EE.UU.
24	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)	6	1%	33%	ESPAÑA
25	UNIVERSITY OF ADELAIDE	6	1%	67%	AUTRALIA
26	UNIVERSITY OF EAST ANGLIA	5	1%	0%	REINO UNIDO
27	UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN	5	1%	40%	CANADÁ
28	FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO)	5	1%	0%	*
29	INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA)	5	1%	20%	FRANCIA
30	UNIVERSITY OF GOTTINGEN	5	1%	40%	ALEMANIA
TOTAL		306	34%		

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de publicaciones científicas



Por ejemplo, un artículo reciente de **USDA** publicado en coautoría con la **UNIVERSITY OF CALIFORNIA** titulado “*ACS Select on Nanotechnology in Food and Agriculture: A Perspective on Implications and Applications*”, realiza una revisión de artículos recientes de 6 revistas de la editorial ACS relacionados con nanotecnología aplicada a la agricultura y el sector alimentario.

Los expertos en el área prevén que la convergencia entre la nanotecnología, la biotecnología, ciencias agrícolas y ambientales conducirán a **avances revolucionarios en los próximos 5-10 años**. Algunas aplicaciones que se mencionan y visualizan en el horizonte incluyen:

- Reingeniería de los cultivos, animales y microbios en el nivel genético y celular.
- Sistemas integrados para la detección, seguimiento e intervención activa para la producción vegetal y animal.
- Precisión y liberación controlada de fertilizantes y plaguicidas.
- Desarrollo de las plantas que presentan resistencia a la sequía y tolerancia a la sal y el exceso de humedad.

Otro artículo relevante, en el cual participó USDA en coautoría con más 44 instituciones (21 Países) a nivel mundial, bajo el marco del proyecto *Foresight Global Food and Farming Future* del Gobierno del Reino Unido, publicado bajo el título “*The top 100 questions of importance to the future of global agricultura*”, señala como, a pesar de un crecimiento significativo en la producción de alimentos en el último medio siglo, uno de los retos más importantes que enfrenta la sociedad hoy en día es cómo alimentar a una población que se espera de unos nueve mil millones a mediados del siglo 20. En un contexto precios casi constantes, incremento de la producción de alimentos entre 70 a 100% más, crecientes impactos del cambio climático, preocupaciones sobre la seguridad energética, cambios dietéticos regionales y cumplimiento de los objetivos de reducir a la mitad la pobreza mundial y el hambre para 2015, obligan al sector agrícola a no simplemente conformarse con maximizar la productividad.

La falta de flujo de información entre científicos, profesionales y responsables políticos exacerbar las dificultades, este artículo, se orienta a presentar un caso práctico de mejora del diálogo y el entendimiento entre la investigación y la política agrícola mediante la identificación de las 100 preguntas más importantes para la agricultura mundial. Estos han sido compilados usando un enfoque horizonte de exploración con los principales expertos y representantes de las principales organizaciones agrícolas de todo el mundo. El objetivo fue utilizar los pruebas científicas sólidas para informar sobre la toma de decisiones y orientar a los responsables políticos de la futura dirección de las prioridades de investigación agrícola y apoyo a la política.

Se presentan los resultados organizando las 100 preguntas en cuatro secciones que reflejan las etapas de la agrícola como son el sistema de producción: (i) los insumos de recursos naturales; (ii) la práctica agronómica; (iii) el desarrollo agrícola y (iv) los mercados y el consumo. Hay un cierto solape entre diferentes temas, por ejemplo, las preocupaciones sobre la mejora genética de los cultivos a menudo se refieren a conservación de la biodiversidad, o preguntas sobre el ganado referidos al cambio climático. Específicamente sobre la mejora genética en las últimas dos décadas, ha sido tanto estimulado como limitado por cuestiones relacionadas a la protección de la propiedad intelectual y la regulación de la tecnología.



Esto se refiere en particular a la concesión de patentes y licencias restringidas a los genes y tecnologías avanzadas que facilitan la identificación de genes, la transferencia de genes o mutagénesis dirigida, así como el marco regulatorio que se han desarrollado para evaluar y responder a los riesgos percibidos.

Otra de las tendencias que se observan actualmente es la aplicación de las **tecnologías de la información y la comunicación (TICs)**. En marzo del 2014 las organizaciones españolas del **CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)** y la **UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**²⁴ publicaron una investigación sobre **sensores y actuadores, tales como sistemas de posicionamiento global, visión artificial y sensores basados en láser** que progresivamente se han incorporado en los robots móviles con el objetivo de configurar los sistemas autónomos capaces de trasladar las actividades del operador en las tareas agrícolas. Sin embargo, la incorporación de muchos sistemas electrónicos en un robot perjudica su fiabilidad y aumenta su coste.

Minimización de hardware, así como la minimización de software y la facilidad de integración, es esencial para obtener los sistemas robóticos viables. Un paso adelante en la aplicación de un equipo automático en la agricultura es el uso de flotas de robots, en el que **una serie de robots especializados colaboran para llevar a cabo una o varias tareas agrícolas**. En este artículo se desarrolló una arquitectura de sistema para dos robots individuales y los robots que trabajan en flotas para mejorar la fiabilidad, reducir la complejidad y los costes, y permitir la integración de software de diferentes desarrolladores.

Otro ejemplo de la aplicación de las TICs quedó reflejado en una investigación publicada en abril del 2014 de la **UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA**²⁵ sobre **la importancia para los agricultores de los pronósticos sobre las condiciones agro-climáticas para reducir los riesgos de la producción agrícola**. Entre los principales desarrollos de interés según los agricultores se encuentran **el pronóstico climático para mejorar los horarios de la gestión del riego y plantación**, por ejemplo detectar/anticipar la falta de humedad planta que podría ser útil para ayudar a los agricultores programar el riego.

Seguidamente en el apartado cinco se muestra un breve análisis más a detalle de **las tendencias recopiladas sobre el sector agrícola enfocadas al uso de la nanotecnología, biotecnología y tecnologías de la información y la comunicación**.

A continuación el análisis de los documentos de patentes relacionados a **cultivos transgénicos o genéticamente modificados**, como un ejemplo de la información a extraer de los mismos.

2. Análisis bibliométrico de patentes

La biotecnología es uno de los pilares de la revolución agrícola y alimentaria, y sus aplicaciones en la agricultura y en la industria de los alimentos son cada vez más amplias. La biotecnología ha intensificado

²⁴ Emmi, L; Gonzalez-De-Soto, M; Pajares, G; Gonzalez-De-Santos, P; “New Trends in Robotics for Agriculture: Integration and Assessment of a Real Fleet of Robots” Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 404059, 21 pages

²⁵ Templeton, SR; Perkins, MS; Aldridge, HD; Bridges, WC; Lassiter, BR; “Usefulness and uses of climate forecasts for agricultural extension in South Carolina, USA” REGIONAL ENVIRONMENTAL CHANGE | 14 (2): 645-655 Sp. Iss. SI APR 2014



su contribución en estas áreas a partir de los notables avances en genética molecular, ingeniería genética y bioinformática ocurridos en las tres últimas décadas.

Específicamente, la posibilidad de utilizar seres vivos manipulados genéticamente en la producción industrial ha despertado unas enormes expectativas comerciales. En las últimas décadas la industria biotecnológica ha crecido desmesuradamente, protagonizando un vertiginoso proceso de concentración y de fusión y convirtiéndose en un poderoso sector económico que mueve cifras de negocio superiores al PIB de países como México y Sudáfrica.

Pese a que los inicios de **la ingeniería genética se dieron en pequeños laboratorios de universidades y otros centros públicos, el sector de las ciencias de la vida está actualmente dominado por media docena de grandes multinacionales farmacéuticas y agroquímicas.** Las grandes compañías aprovechan la capacidad profesional e infraestructura de las universidades y de otras instituciones públicas, logrando mediante proyectos y convenios que todos los ciudadanos subvencionen indirectamente sus actividades, al tiempo que ejercen un enorme control e influencia sobre la investigación pública.

En el caso de la agricultura, si bien un importante porcentaje de la investigación agrícola mundial se sigue produciendo todavía en el sector público, de la mano de la ingeniería genética la orientación de esta investigación está pasando a ser controlada por el sector privado, que cofinancia la investigación y se apropia de sus resultados a través de patentes. Para controlar eficazmente este apetecible mercado biotecnológico, la industria ha conseguido ampliar el campo de las patentes no sólo a los procesos tecnológicos y avances de la ciencia sino a los propios seres vivos, adueñándose así de la materia prima de la biotecnología -la biodiversidad- y asegurándose el monopolio de su utilización futura. Como se apreciara en el siguiente análisis de las patentes.

En efecto, muchas de las plantas de interés para la medicina y la agricultura están protegidas por derechos de propiedad intelectual. En los últimos años se han concedido numerosas patentes sobre los cultivos básicos para la Humanidad a media docena de grandes empresas multinacionales, que ostentan hoy un amplísimo monopolio sobre las semillas, exigiendo a los agricultores el pago de royalties si guardan semilla de su propia cosecha para siembra.

Actualmente existen ya alrededor de 125 millones de hectáreas con cultivos transgénicos en todo el mundo. Los principales cultivos comerciales son la soja, el maíz, el algodón y la colza. Los principales países donde se producen cultivos transgénicos son EE.UU., Argentina, Brasil, India y Canadá, tal como se aprecia en la Figura 8, se presentan los datos de las superficies cultivadas con cultivos transgénicos por países y las variedades cultivadas. La soja y el maíz son los cultivos genéticamente modificados de mayor consumo a nivel mundial y se espera una creciente demanda de alimentos para animales, debido al aumento del consumo de carne, de manera que se impulse el mercado de estos cultivos.

El maíz se utiliza en diversas aplicaciones industriales, aparte de su consumo como grano, en la producción de biocombustibles y bioplásticos, resaltando también el algodón que se utiliza ampliamente en Asia debido a la alta demanda de la industria textil.



Según un nuevo informe de mercado publicado por Transparency Market Research²⁶ “*Agricultural Biotechnology Market Report 2013-2019: Transgenic Crops, Synthetic Biology-Enabled Products and Tools*”, el mercado mundial de la biotecnología agrícola fue dominado por América del Norte debido a la alta producción de cultivos modificados genéticamente y la aceptación de estos cultivos por los consumidores.

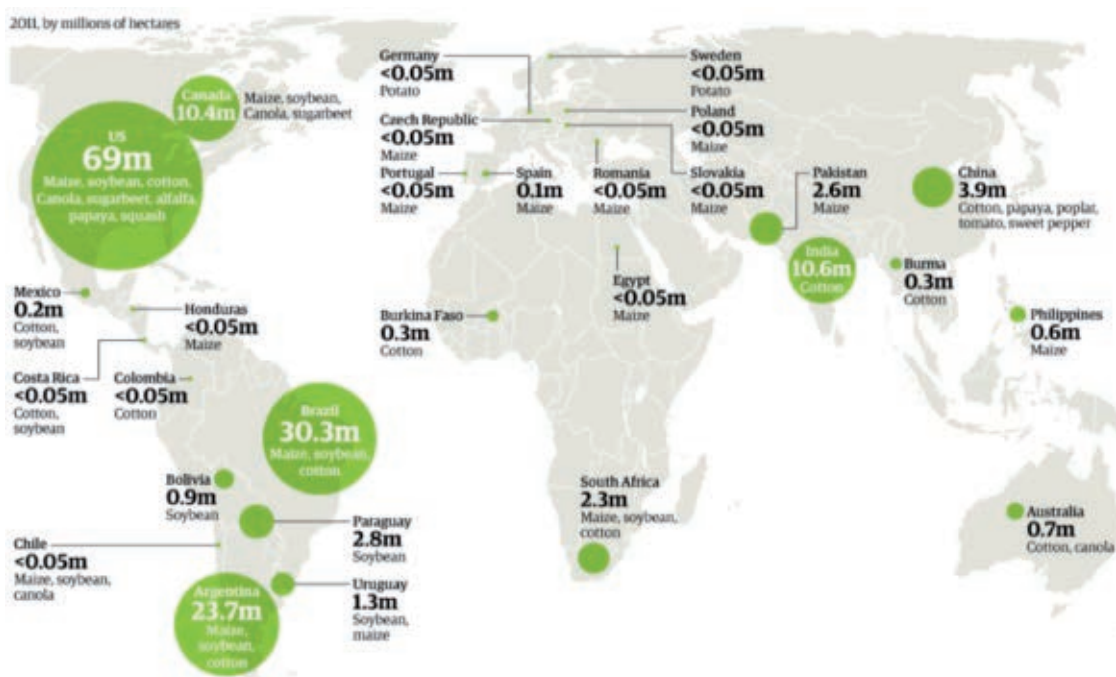
El mercado global de la biotecnología agrícola alcanzó un valor de unos 11 mil millones de euros en 2012 y se espera que alcance los 21 mil millones de euros en 2019, creciendo a una tasa compuesta anual del 9,5% desde 2013 hasta 2019.

Las compañías de biotecnología están gastando entorno al 15-20% de los ingresos en las actividades de I + D + i y están estableciendo centros de I + D en Asia Pacífico con el fin de aumentar la competitividad mundial. Se espera que esta región crezca significativamente en los próximos años debido a la creciente demanda de alimentos y otros productos de origen biológico. En contraste, en Europa casi no hay producción de cultivos transgénicos debido a las regulaciones estrictas y una fuerte oposición por parte de los consumidores, por lo tanto, el mercado se estima que crecerá a un ritmo moderado. Evidencia coherente con los resultados del análisis de los documentos de patentes que se presentan en la siguiente sección.



FIGURA 10

Situación global de los cultivos transgénicos



Fuente: Jack A. Bobo “Global Mega Trends”²⁷

²⁶ Es una empresa de inteligencia de mercado que provee informes de investigación de negocios globales y servicios de consultoría

²⁷ Extraído de la presentación realizada por el autor para el “2012 AgBiotech Summit” organizado por el North Carolina Biotechnology Center



La aplicación de la biotecnología en los productos agrícolas a través de la modificación genética o ingeniería se ha traducido en el desarrollo de los cultivos transgénicos a partir de semillas transgénicas. Esto ha llevado a un mayor rendimiento, una vida útil más larga, una mayor resistencia a las plagas y un alto valor nutricional, reduciendo así la brecha entre oferta y demanda de granos alimenticios. Por lo tanto, **los cultivos transgénicos representan una participación mayoritaria en el mercado general de la biotecnología agrícola y son ampliamente utilizados, en países desarrollados y en vías de desarrollo.**

Jack Uldrich prevé que **los avances en genética continuarán produciendo ganancias extraordinarias en el rendimiento de varios cultivos.** Por ejemplo, Bill & Melinda Gates Foundation²⁸ se esfuerza por desarrollar **cultivos de cereales modificados genéticamente** y con casos de éxito de grandes extensiones de tierras en el continente africano, que podrían convertirse en cultivos muy productivos. Otros cultivos populares, tales como **el arroz y la yuca** también se encuentran en el punto de mira de las nuevas líneas de investigación, llevándose a cabo la **modificación genética para crecer más rápido, mantenerse frescos por más tiempo, mayor resistencia a insectos y enfermedades, y poseer cualidades nutricionales mejoradas.**

El ámbito de aplicación de las biotecnologías es amplio, tanto en el ámbito de la adaptación como en el de la mitigación. En materia de adaptación se incluye el desarrollo de **variedades mejoradas adaptadas a situaciones de estrés hídrico y de calor y el desarrollo de las denominadas “super variedades”, en las cuales se logra incrementar tanto la productividad biológica como la resistencia a un clima más variable.**

En cuanto a la mitigación la biotecnología puede contribuir con el **desarrollo de variedades capaces de utilizar mejor el dióxido de carbono, así como en la reducción de las pérdidas de energía que se generan en procesos metano-génicos vinculados con la agricultura** (por ejemplo, descomposición anaeróbica de materia orgánica del suelo) **y la ganadería** (por ejemplo, fermentación entérica en la digestión de rumiantes y descomposición anaeróbica del estiércol).

El uso de la biotecnología, sin embargo, no está exento de controversia, especialmente en lo relativo al desarrollo de aplicaciones transgénicas y de modificación genética.

A continuación se presentan algunos indicadores que permitirán detallar a grandes rasgos la tendencia desde la perspectiva de los documentos de patentes en el área de **cultivos transgénicos o genéticamente modificados**, mediante indicadores como países, regiones y entidades generadoras de innovaciones, así como los principales mercados de interés presentando un breve análisis de la actividad en el área.

2.1. Evolución tecnológica

La evolución del número de solicitudes de patentes en el tiempo determina la evolución del interés en una tecnología a lo largo del tiempo. También permite identificar la fase del ciclo de vida del área tecnológica concreta, que favorecerá diferentes tipos de innovación en cada una de sus fases:

²⁸ La Fundación Bill y Melinda Gates es la fundación privada de caridad más grande del mundo, fundada por Bill Gates y Melinda Gates



- a) Las **fases iniciales de un mercado**, que coinciden con el ciclo de vida de **adopción de una tecnología y desarrollo**, suelen ir unidas a la innovación más radical, de aplicación o de producto. La base de tecnologías existentes es pequeña, pero la aparición de una tecnología de “ruptura” sienta las bases de numerosos desarrollos posteriores;
- b) Las fases medias de un mercado, que coinciden con la **etapa de madurez**, se caracterizan por la aparición constante de innovaciones incrementales o de procesos, que perfeccionan los desarrollos previos;
- c) Finalmente, durante las **fases de declive y fin de ciclo**, la aparición de nuevos desarrollos se estanca, y las empresas sólo pueden escapar de la “comoditización” de su mercado reinventándose, innovando en su modelo de negocio o alterando la estructura del sector, probablemente a través de una nueva innovación de “ruptura” que vuelva a iniciar el ciclo.

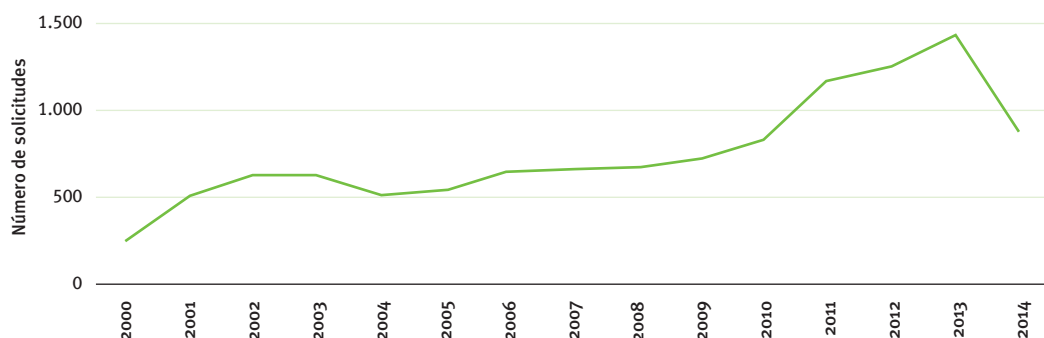
Este indicador muestra cómo ha evolucionado la tecnología a lo largo del tiempo, en la siguiente figura 9 se observan dos variables: el año de aplicación de un desarrollo y el número de solicitudes por año, lo que permite evaluar la evolución de los desarrollos en el periodo de tiempo considerado, de tal forma que **40% de las familias de patentes**²⁹ (de un **total de 10.508 familias de patentes**) se han publicado en los últimos 5 años, lo cual denota el gran interés reciente en el área, teniendo en cuenta que el periodo de consulta ha sido 14 años.

Se infiere por la evolución del número de solicitudes anuales de las familias de patentes que **es un área en desarrollo** dada la tendencia creciente continua, aunque los datos de los años 2012, 2013 y 2014 deben tenerse en cuenta con reservas, ya que pueden ser mayores los valores. Primero, porque aún no ha concluido el año 2014, y adicionalmente porque hay un periodo de tiempo oculto que normalmente transcurre desde la solicitud de una patente hasta su publicación que oscila entre los 18 meses y 2 años.



FIGURA 11

Evolución de las familias de patentes (2000-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes

²⁹ Se denomina familia de patentes a los documentos de patente publicados en diferentes países relacionados con la misma invención. Para los países miembros del Convenio de la Unión de París, estos documentos pueden ser identificados a través de los datos de la primera solicitud en base a la cual se invoca el derecho de prioridad en las solicitudes posteriores.



2.2. Posicionamiento geoestratégico

El análisis de la extensión geográfica de las patentes pertenecientes a un área técnica concreta permite analizar tanto el impacto de la tecnología como su mercado potencial. Esto se lleva a cabo mediante un doble análisis geográfico, que va desde una aproximación a las regiones generadoras de las innovaciones, hasta las regiones de publicación de esas patentes generadas, que explique el flujo de la tecnología.

En las siguientes tablas y figuras se resume la actividad de generación y publicación de los países/oficinas más activas. En la figura 12 se observa como EE.UU. ha sido responsable de la generación del 47% del total de las solicitudes, seguido del continente Asiático, con China (como el principal exponente), República de Corea y Japón, con un 26%.

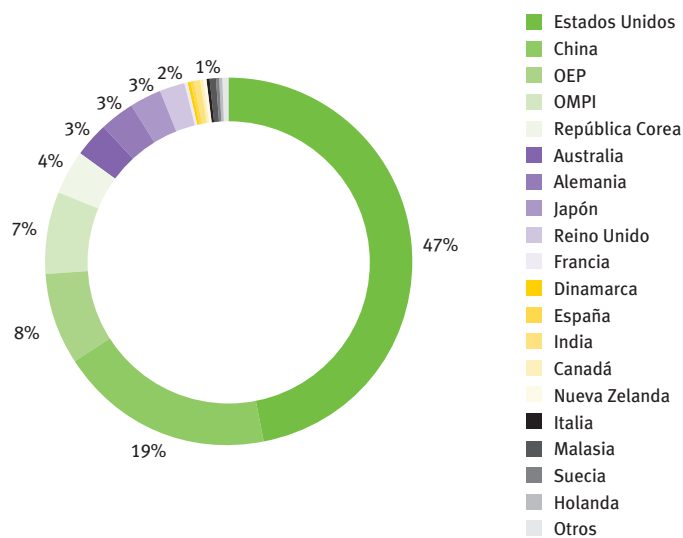
En cuanto a la presencia europea, destaca el uso de la **Oficina Europea de Patentes y Marcas (OEP)**, siendo la **tercera vía utilizada para la solicitud de patentes en el área, seguida de Alemania, Reino Unido, Francia, Dinamarca, España, Italia, Suecia y Holanda, aunque con una participación como continente en la tercera posición.**

En la figura 13 se muestra la evolución de las solicitudes por país, y se observa como EE.UU. posee una tendencia constante, manteniendo en los últimos 14 años un nivel alto en cuanto a número de solicitudes, con una media de 416 solicitudes por año. Seguido por **China, que presenta un crecimiento acusado en los últimos 5 años, habiendo alcanzado un máximo de 392 solicitudes en el año 2012.** De igual forma se aprecia para la **República de Corea**, con una tendencia parecida, con un **interés reciente**, aunque en un nivel de magnitud mucho menor que el de China, ya que presenta **una media de 35 solicitudes por año.**

El resto de los países reflejados en la gráfica muestran una tendencia casi constante y hasta decreciente como es el caso de Alemania y Francia, que en ningún caso no se compara con el nivel de actividad de I+D en el área de EE.UU. y China. Para el análisis de los países a los que se han extendido (mercados de interés) las **10.508 familias de patentes** (que han generado 32.444 documentos de patente), se toma como información de referencia aquellos países en los que se han publicado documentos de patente diferentes al país donde se originó el desarrollo, y por lo tanto, aquellos mercados en los que los solicitantes muestran interés en proteger su desarrollo.

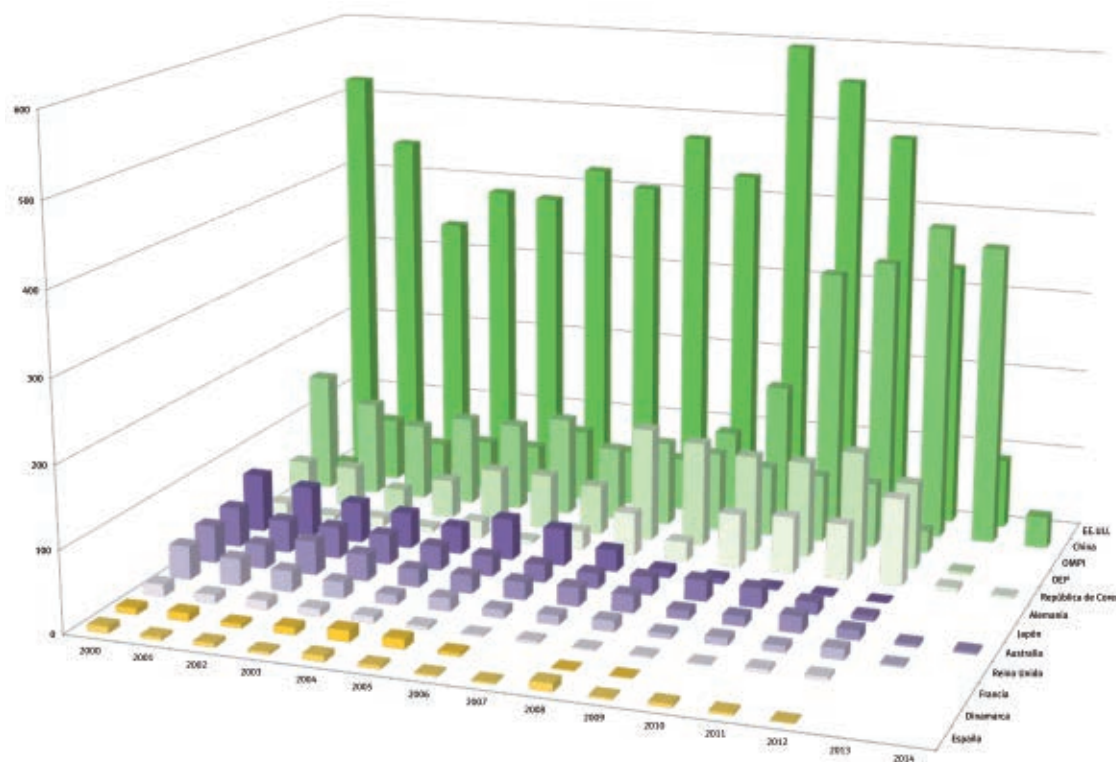


FIGURA 12
Principales países en los que se han solicitado las familias de patentes.



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes

FIGURA 13
Evolución de las familias de patentes por los principales países de prioridad



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes



Este indicador permite detectar tanto los mercados geográficos que presentan mayor potencial y saturación comercial para los solicitantes como la estrategia de protección de los distintos competidores. Específicamente, en la Tabla 7 se muestran los 12 países y oficinas internacionales en los que se ha solicitado extender la protección, que representan el 100% de los 32.444 documentos de patente, en la tabla se aprecia el número de solicitudes de patentes por país y el porcentaje en cada uno con respecto al total, el porcentaje de solicitudes de patentes publicadas en los últimos años, y las principales empresas u organizaciones con mayor número de solicitudes en ese país u oficina.

Es importante destacar que **un 27% del total se ha sido publicado a través de la vía internacional (OMPI) y la Oficina Europea de Patentes y Marcas (OEP)**, lo cual denota el interés global que despierta esta tecnología, donde principalmente Estados Unidos, ha publicado a través de las mencionadas oficinas internacionales para proteger sus desarrollos alrededor del mundo.

Los solicitantes que han decidido **extender la protección** de sus invenciones lo han hecho **principalmente en los mercados de Estados Unidos, China, Australia y Canadá que suman un 67% del total**. Por otra parte destacar como los países con un porcentaje mayor al 40% de publicaciones en los últimos tres años destacan China, República de Corea, Rusia, España y Brasil.

Desde una perspectiva regional el **mercado norteamericano representa el 43%** versus el **mercado asiático con el 18%**. Europa tiene el **14%** del total que se expresa a través de la **Oficina Europea de Patentes y Marcas (OEP)** y oficinas de países como **España, Francia, Alemania y Reino Unido, donde estos últimos países tienen una participación que no llega al 0,5% del total de las patentes**.

Último destacar de tabla previa como entre las principales entidades con mayor número de patentes figuran **grandes empresas del sector agroquímico como las norteamericanas MONSANTO CO, PIONER HI-BRED INC y las alemanas BASF AG Y BAYER AG**, las cuales poseen una estrategia de extensión de sus invenciones a países presentados en la tabla. Ello con la excepción de **Francia, donde se observa un posicionamiento puramente nacional**, donde las empresas con mayor número de invenciones extendidas a ese país son entidades de origen francés como las empresas **GENOPLANTE-VALOR SAS y BIOGEMMA SAS** y los centros de investigación “*Centre national de la recherche scientifique*” (CNRS)³⁰ y “*L’Institut National de la Recherche Agronomique*” (INRA)³¹.

En España hay tanto participación de entidades nacionales como internacionales donde destaca la empresa nacional IDEN BIOTECHNOLOGY SL³² y el centro de investigación nacional “*Consejo Superior de Investigaciones Científicas*” (CSIC)³³.

³⁰ El Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia (CNRS) es la institución de investigación más importante en Francia, semejante al CSIC en España.

³¹ El INRA, primer instituto de investigación agronómica de Europa y segundo del mundo, lleva a cabo trabajos de investigación orientada con miras a una alimentación sana y de calidad, una agricultura competitiva y sostenible y un medio ambiente preservado y valorizado.

³² Iden Biotechnology S.L. es una empresa de base científica cuya actividad principal es generar, transferir, explotar y comercializar conocimiento biotecnológico.

³³ El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es la mayor institución pública dedicada a la investigación en España y la tercera de Europa.



TABLA 7
Países y Oficinas de publicación

#	País Publicación	Nº patentes	%Total	% 11-13	Principales Entidades ³⁴
1	EE.UU.	10150	34%	24% OF 10150	MONSANTO CO [1963]; PIONEER HI-BRED INT INC [972]; BASF AG [596]
2	OMPI	4303	14%	19% OF 4303	BASF AG [352]; PIONEER HI-BRED INT INC [297]; MONSANTO CO [254]
3	CHINA	4008	13%	40% OF 4008	BAYER AG [250]; BASF AG [240]; CHINESE ACAD SCI BOTANY INST [141]
4	OEP	3855	13%	26% OF 3855	BASF AG [498]; BAYER AG [298]; MONSANTO CO [290]
5	AUSTRALIA	3262	11%	25% OF 3262	BASF AG [377]; BAYER AG [237]; MONSANTO CO [191]
6	CANADÁ	2777	9%	18% OF 2777	PIONEER HI-BRED INT INC [355]; BASF AG [231]; BAYER AG [176]
7	REPÚBLICA DE COREA	857	3%	51% OF 857	BAYER AG [117]; UNIV DONG A RES FOUND IND ACAD COOPE [90];
8	JAPÓN	494	2%	33% OF 494	BAYER AG [44]; NOVOZYMES AS [23]
9	RUSIA	92	<1%	65% OF 92	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC [20]; BAYER AG [11]; BASF AG [9]
10	ESPAÑA	64	<1%	55% OF 64	CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACIONES CIENTIF [9]; BASF AG [9]; IDEN BIOTECHNOLOGY SL [6]
11	FRANCIA	59	<1%	12% OF 59	GENOPLANTE-VALOR [13]; CNRS CENT NAT RECH SCI [12]; BIOGEMMA SAS [9]; INRA INST NAT RECH AGRONOMIQUE [9]
12	BRASIL	38	<1%	45% OF 38	MONSANTO CO [14]; BASF AG [9]; AGRINOMICS LLC [3]
13	ALEMANIA	21	<1%	0% OF 21	BAYER AG [14];
14	REINO UNIDO	19	<1%	16% OF 19	ALGENTECH SAS [4]; ROTHAMSTED RES LTD [2]; UNIV OSAKA [2]; BASF AG [2]

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes³⁴

³⁴ Los números entre corchetes representan el número de solicitudes de patentes que ha presentado esa entidad en dicho país.

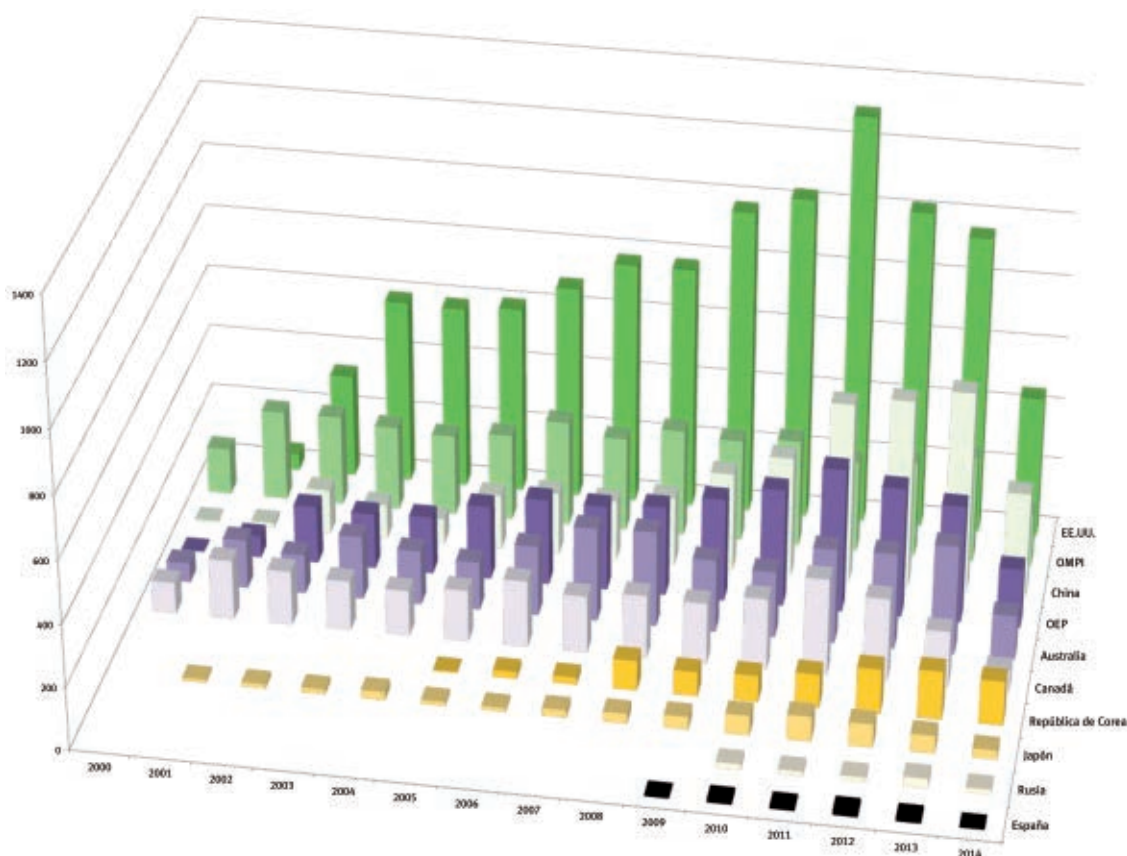


En la Figura 14 se puede observar cómo ha evolucionado anualmente el número de publicaciones por las diez primeras oficinas de países u oficinas internacionales, destacando en primera posición el liderazgo de EE.UU., seguido en magnitud por la OMPI por ser la principal vía que utilizan las entidades norteamericanas para extender sus derechos a otros mercados. Seguidamente China con una tendencia creciente continúa en los últimos años, la cual es coherente con su nivel de solicitudes recientes. Tanto Australia como Canadá muestran una tendencia variable pero importante en magnitud, seguido de la República de Corea con una tendencia creciente y continua, donde más de 437 patentes han sido publicadas en los últimos tres años. Japón por su parte presenta un interés tímido aunque levemente creciente, y el debut de Rusia y España como mercados de interés a partir del año 2009, teniendo en cuenta que los valores de los años 2013 y 2014 pueden ser mayores.



FIGURA 14

Evolución de la distribución de las patentes por país de publicación.



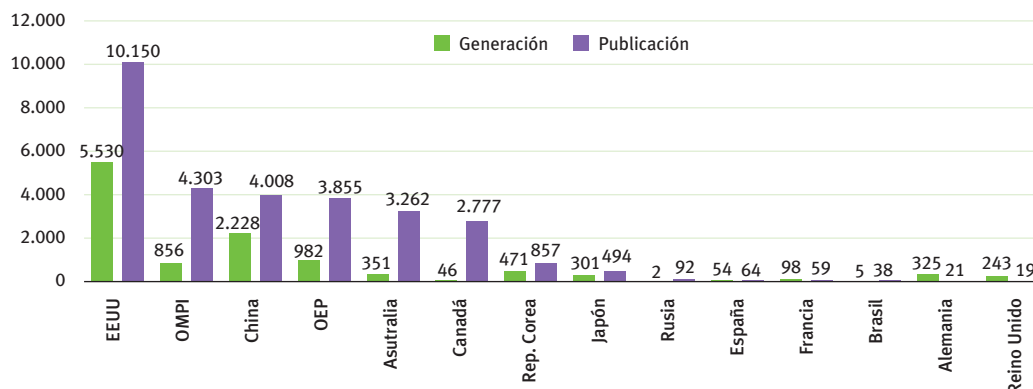
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes

Finalmente, en la Figura 15 se resume la información referente a los principales países de generación frente a la extensión, donde destaca el liderazgo absoluto de EE.UU. no solo como el principal país de generación sino como mercado de interés con más de un tercio del total de las patentes, seguido de China, Australia y Canadá que evolucionan significativamente en los últimos años con el número de patentes extendidas.



FIGURA 15

Países de Generación/Publicación



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes

2.3. Liderazgo tecnológico

Mediante este indicador se identifica el entorno de competidores y su posición relativa, que permite evaluar a los solicitantes más prolíficos en el área, ya que se entiende que éstos serán los que soliciten mayor número de patentes. En la siguiente tabla se presentan los principales solicitantes de patentes, donde se destaca no solo el número de familias de cada uno de los solicitantes, sino el porcentaje con respecto al total de solicitudes recopiladas y el país donde extendieron las solicitudes de patentes.

La biotecnología vegetal ha sido impulsada por la tecnología desde sus inicios, y el establecimiento exitoso de las tecnologías de transferencia genética de los principales cultivos fue un gran avance para las pequeñas empresas de biotecnología que encabezaron desarrollos en el campo a principios de 1980.

Mientras que las primeras actividades en el campo estuvieron a cargo de la creación de empresas en EE.UU., tales como Cetus Madison (Agracetus), Agrigenetics, Calgene, Genetic Systems, Molecular Genetic, y otros, así como Plant Genetic Systems en Bélgica, actualmente el campo está dominado por un grupo de grandes empresas como las compañías agroquímicas Monsanto, DuPont, Lilly, Zeneca, Sandoz, Pioneer, Bayer, entre otros³⁵.

Las dos primeras características que pudieron ser comercializadas con éxito fueron la resistencia a insectos basado en genes de *Bacillus thuringiensis* (Bt)³⁶ y la tolerancia a los herbicidas. La consolidación y la agitación en la industria basada en el uso de Bt proporciona un buen ejemplo de las consolidaciones, fusiones y adquisiciones que tuvieron lugar en el sector de la biotecnología vegetal en su conjunto (Véase Figura 16). Cinco compañías transnacionales de la agro-biotecnología controlan el mercado: Dupont, Syn-

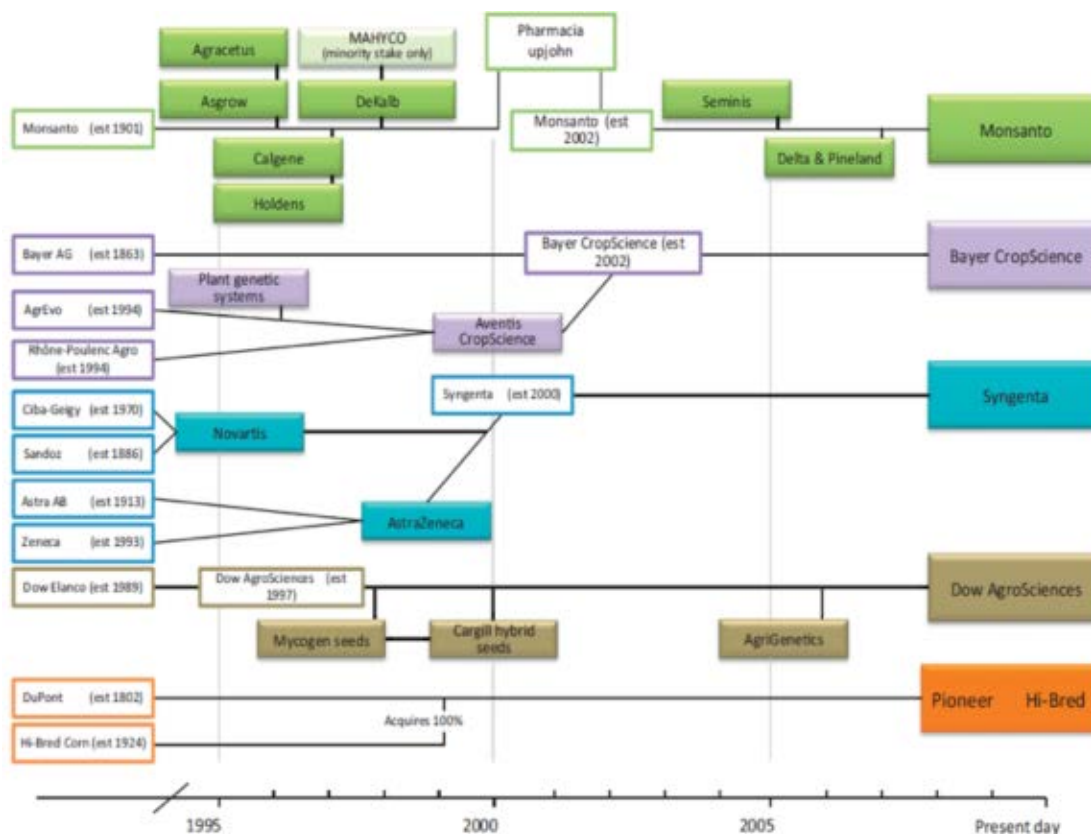
³⁵ Chrisotou, P; "Plant genetic engineering and agricultural biotechnology 1983–2013" (2013) Trends in Biotechnology Vol. 31, No. 3; 125-127

³⁶ La *Bacillus thuringiensis* (o Bt) es una bacteria Gram positiva que habita en el suelo, y que se utiliza comúnmente como una alternativa biológica al pesticida.



genta, Bayer, Dow y, en particular, Monsanto, que produce 91% de las semillas transgénicas sembradas en el mundo.

FIGURA 16
Consolidación de las actividades comerciales en biotecnología vegetal



Fuente: Paul Christou (2013)³⁷

En el campo de la propiedad industrial e intelectual sobre cultivos modificados genéticamente o transgénicos, el análisis llevado a cabo a través del universo de documentos recopilados nos ofrece un ranking de las principales empresas que protegen sus invenciones en el área. En la Tabla 8 se presenta un listado con los **10 principales solicitantes, los cuales en su mayoría son empresas, a excepción de un centro de investigación y una universidad. Este grupo líder de entidades representan el 43% del total de patentes** recuperadas del universo objeto de estudio, donde el 90% de ellas contempla a EE.UU. como uno de sus principales mercados y todas utiliza alguna de las vías internacionales de protección, ya sea la OMPI o la OEP.

³⁷ Christou, P; "Plant genetic engineering and agricultural biotechnology 1983–2013" (2013) Trends in Biotechnology Vol. 31, No. 3; 125-127



Es decir, las principales empresas del sector muestran un indicador coherente con el posicionamiento geoestratégico apreciado en la sección anterior donde la extensión de las invenciones se orienta a los principales mercados como **EE.UU., Australia, Canadá y China**.

TABLA 8
Listado de principales solicitantes

#	Solicitantes	Nº Patentes	% Total	% 11-13	País u Oficinas Publicación
1	MONSANTO CO	2983	10%	23% of 2983	EE.UU. [1963]; OEP [290]; OMPI [254]
2	BASF AG	2373	8%	31% of 2373	EE.UU. [596]; OEP [498]; AUSTRALIA [377]
3	PIONEER HI-BRED INT INC	2100	7%	22% of 2100	EE.UU. [972]; CANADÁ [355]; OMPI [297]
4	BAYER AG	1928	6%	39% of 1928	EE.UU. [549]; OEP [298]; CHINA [250]
5	SYNGENTA LTD	932	3%	23% of 932	EE.UU. [373]; OMPI [142]; OEP [127]
6	NOVOZYMES AS	881	3%	40% of 881	OMPI [220]; EE.UU. [205]; OEP [181]
7	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC	656	2%	55% of 656	EE.UU. [176]; OMPI [117]; AUSTRALIA [94]
8	UNIV CALIFORNIA	318	1%	19% of 318	EE.UU. [139]; OMPI [76]; OEP [34]
9	COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION (CSIRO)	312	1%	22% of 312	EE.UU. [76]; AUSTRALIA [71]; OMPI [55]
10	VERENIUM CORP ³⁸	277	1%	25% of 277	OEP [70]; AUSTRALIA [55]; OMPI [45]
TOTAL		12791	42%		

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de patentes³⁸

Destaca en primera posición la **multinacional americana MONSANTO**, la cual es una proveedora de productos químicos para la agricultura, en su mayoría herbicidas, insecticidas y transgénicos. Opera en más de 160 países, vendiendo alrededor de 2.500 variedades diferentes de semillas hortícolas y 55 millones de bolsas de semillas al año. Es el mayor proveedor mundial de semillas manipuladas genéticamente, la cual ha adquirido productores de menor tamaño, con lo que ha conseguido una cuota del mercado de semillas en torno al 27%. Esta compañía estadounidense también ocupa los peldaños más altos de las listas en cuanto a venta de herbicidas: el 95% de la soja y el 75% de las plantas manipuladas genéticamente, tales como el maíz o el algodón, son inmunes al glifosato (marca comercial: ROUNDUP), un pesticida desarrollado por MONSANTO.

³⁸ A finales de 2013, Verenum firmó un acuerdo para ser adquirida por BASF.



La segunda entidad del listado es la empresa química alemana **BASF AG**. Su cartera de productos va desde productos para química básica, plásticos, y productos de acabado hasta productos agrícolas, de química fina, así como petróleo y gas natural. Uno de los productos que comercializa la empresa es el **CLEARFIELD®**, es un sistema Integrado de control de malas hierbas basado en el desarrollo de variedades tolerantes a las Imidazolinonas³⁹ mediante técnicas tradicionales de mutagénesis y mejora genética convencional.

Otra de las empresas americanas que se encuentra entre las primeras posiciones es **PIONEER HI-BRED INT INC**. La historia de dicha empresa comienza a principios del siglo pasado en una granja de Iowa, donde Henry Wallace crea el primer híbrido de maíz con la intención de incrementar los ingresos de los agricultores de la comarca. El primer programa de mejora de maíz data de 1913 y las primeras ventas de semillas fueron realizadas en 1924. Desde entonces hasta hoy la empresa no ha dejado de crecer y aportar soluciones tanto en forma de productos como de técnicas agronómicas para mejorar los rendimientos de las explotaciones agrícolas de todo el mundo. Dispone de la más amplia oferta de híbridos de maíz del mercado español, adaptados a las condiciones de suelo y clima precisas de cada zona de cultivo, de gran variabilidad en España.

PIONEER HI-BRED INT INC hoy es líder mundial en semillas de maíz y girasol y de colza y soja en Norteamérica. En Europa lidera el mercado de semillas de maíz.

Por otra parte resalta **BAYER AG**, compañía químico-farmacéutica alemana. En 2002, Bayer AG adquirió Aventis CropScience y la fusionó con su división de productos agroquímicos propia para formar **Bayer CropScience**. La empresa es ahora una de las principales innovadoras del mundo, entre las empresas científicas de cultivos en las áreas de protección de cultivos (plaguicidas), control de plagas no agrícolas, semillas y biotecnología vegetal.

SYNGENTA es una empresa de origen suizo y se presenta como una de las principales empresas biotecnológicas del mundo, con más de 27.000 empleados en más de 90 países que ofrecen soluciones a medida de las necesidades individuales de los agricultores de todo el mundo. Posee una amplia variedad de productos diseñados para mejorar el rendimiento de los cultivos y la salud en todas las etapas de desarrollo de la planta, mejorar el vigor de la planta y reducir las pérdidas de rendimiento durante los períodos de sequía o el calor. Cabe destacar como la empresa tiene **centros de investigación en España**, concretamente en El Ejido (Almería) y Torrepacheco (Murcia), siendo el centro murciano una referencia en el desarrollo de soluciones integradas de semillas, protección de cultivos y fauna auxiliar.

Otra de las empresas europeas es **NOVOZYMES AS**, compañía biotecnológica danesa que emplea a aproximadamente 6.000 personas en 30 países. En 2013 adquirió la norteamericana TJ Technologies Inc., con el fin de la generación de negocios de Novozymes dentro del sector de la bioagricultura, ya que la empresa norteamericana es especialista en el segmento de la mejora del biorendimiento (soluciones biológicas que mejoran el crecimiento de las plantas, aumentar la tolerancia al estrés e incrementan los rendimientos).

³⁹ Las imidazolinonas son una familia de herbicidas cuyo modo de acción consiste en la inhibición de la síntesis de los aminoácidos de cadena ramificada de las plantas susceptibles.



La empresa norteamericana **DOW CHEMICAL COMPANY**, a través de su subsidiaria Dow Agrosciences, es un suministrador global de productos fitosanitarios y productos modificados genéticamente (OGM) que mejoran la calidad y cantidad del suministro de alimentos y contribuyen a la seguridad, salud y calidad de vida de la creciente población mundial. En sus fábricas se crean, fabrican y comercializan productos para la protección de cultivos industriales y productos para el control de plagas urbanas y agrícolas.

Los principales segmentos del mercado a los que la Compañía se dirige son la protección de cultivos y manejo de plaguicidas incluyendo los siguientes: maíz, cereales, soja, algodón, arroz, frutas y hortalizas, horticultura, espacios verdes, plantas ornamentales, praderas y pastos.

La **UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA** es un sistema de universidades públicas en el estado federado de California, en Estados Unidos. Bajo el Plan Maestro para Educación Superior de California, es parte del sistema de tres niveles de educación superior, el cual también incluye la Universidad Estatal de California (CSU) y los Colegios Comunitarios de California (CCC). Una de sus últimas patentes publicadas en 2014 es la **US8704044B2** “*Nucleic acids that encode ERS1 from maize and their uses*”. La invención proporciona medios para **la identificación de genes implicados en las vías de la biosíntesis de etileno del maíz y la producción de una planta transgénica**.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION (CSIRO) es la agencia del gobierno federal para la investigación científica en Australia. Una de sus últimas patentes publicadas en 2014 es la **AU2011236051B2** “*Genes involved in plant fibre development*”. La invención proporciona polipéptidos implicados en la **regulación de la iniciación y/o elongación de la fibra** en plantas productoras de fibra. En particular, se refiere al uso de éstos como marcadores de la producción de fibra en las plantas incluido el algodón.

Por último destaca **VERENIUM CORPORATION** es una compañía biotecnológica norteamericana que se especializa en el desarrollo de enzimas de alto rendimiento. La empresa hace uso de tecnologías genómicas patentadas para extraer el ADN microbiano directamente a partir de muestras recogidas. Ha patentado su tecnología DirectEvolution®, estas enzimas pueden ser aún más optimizado para su uso comercial a través de DirectEvolution proporciona importantes ventajas competitivas, incluyendo la plataforma de la evolución de genes más completa y no sesgada, la capacidad de hacer cambios finos a través de un gen entero y la libertad de montar la más amplia variedad de genes con la máxima precisión.

S

ANÁLISIS DE TENDENCIAS





Desde hace algunos años y hoy con mayor fuerza, las dinámicas globales del sector agroindustrial han exigido a los países mejorar la calidad de los productos, hacer más eficientes e innovadores los procesos de producción y comercialización, así como diversificar el portafolio de productos y mercados. Estos retos han dirigido a los gobiernos a plantear diferentes estrategias encaminadas a aumentar la competitividad del sector agro.

Con el fin de mejorar la competitividad del sector a través de mayores rendimientos, altos niveles de calidad y posicionamiento en los mercados, es necesario consolidar la incorporación de nuevas técnicas, métodos e insumos, que aumenten la eficiencia y la productividad de los sistemas productivos y la comercialización de los productos, es por ello que, dentro del direccionamiento estratégico del sector, **la variable tecnológica toma relevancia**. Es decir, **las nuevas tecnologías jugarán un rol cada vez más importante en la transición hacia sistemas agrícolas y agroalimentarios más sostenibles y resistentes al cambio climático**.

Las transformaciones, que se requieren para una agricultura mejor y adaptada al cambio climático y en condiciones hasta de contribuir a la mitigar el mismo, pueden ir desde modificaciones simples en las fechas de siembra y cosecha, hasta cambios estructurales significativos, como podría ser el desarrollo de nuevas formas de hacer agricultura, por ejemplo, en ambientes controlados.

En el 2012 tuvo lugar el seminario *“Agricultura y cambio climático: nuevas tecnologías en la mitigación y adaptación de la agricultura al cambio climático”* organizado por distintas instituciones internacionales como la FAO, Naciones Unidas y otros organismos europeos y latinoamericanos, donde se presentaron ejemplos de avances y tendencias en el campo de las **tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)**, como la generación de sistemas de ordenamiento agroclimático que apoyan la operación de sistemas de seguros agrícolas, donde además se expusieron avances en el campo de la **biotecnología**, con el desarrollo de variedades mejor adaptadas a la variabilidad climática, y de la **nanotecnología**, con aplicaciones más precisas de fertilizantes, pesticidas y reguladores de crecimiento.

Las contribuciones de la biotecnología son ampliamente reconocidas, como por ejemplo, en el desarrollo de variedades más resistentes al estrés hídrico y de calor. En el caso de las TIC su rol es también crecientemente reconocido, a través del desarrollo de herramientas integración y manejo de información agro-climática y productiva, mientras que en lo relativo a la **nanotecnología**, mucho del trabajo todavía está en una fase experimental, pero con gran potencial, con aplicaciones a lo largo de toda la cadena agroalimentaria.

Estas tres áreas de actividad de I+D son las más destacadas por *“The Futurist”*⁴⁰ y **Jack Uldrich**⁴¹ en sus últimas predicciones, donde señalan a la genómica o el conocimiento tecnológico sobre la actividad de los genes (**biotecnología**), que ofrecen la posibilidad de aplicaciones y soluciones a la medida, **los micro-sistemas** y **nanotecnología**, para desarrollar nuevos procedimientos de procesamiento y producción, y las **TICs** que se presentan como una base necesaria para apoyar y desarrollar otras tecnologías.

⁴⁰ Revista bimensual publicada desde 1967 por la *“World Future Society”*, que se dedica a explorar el futuro en diferentes ámbitos gracias a la colaboración de expertos en cada área.

⁴¹ Reconocido experto en previsiones de futuro, investigador independiente y reconocido conferencista empresarial.



A continuación se proporciona algunas de las actividades de I+D y predicciones señaladas sobre estas tres áreas, aunque del área biotecnológico desde la perspectiva de cultivos transgénicos se ha analizado en la sección previa pero se mencionarán aspectos relacionados a la avicultura y ganadería, pero en esencia se exponen ejemplos de la aplicación actual y potenciales de las **Tecnologías de la Información y las comunicaciones (TIC), y la Nanotecnología.**

1. Tecnologías de la información y comunicación (TICs)

La incorporación y uso de las estratégicas TICs y sus aplicaciones constituyen una parte esencial para el progreso del sector agrícola profesional. Las recientes transformaciones económicas, sociales y tecnológicas que han tenido lugar en la agricultura, con la expansión de los mercados, la complejidad de las relaciones en las cadenas productivas y los avances en las técnicas de producción y comercialización, los agricultores deben manejar volúmenes crecientes de datos, y es ahí donde los TICs juegan un papel esencial.

Puede decirse que hay un uso creciente aunque variable de muchas tecnologías: software de gestión, sistemas de información geográfica (SIG), trazabilidad, modelado, automatización y conectividad, entre otras. Muchas de estas tecnologías se implantan en dispositivos comerciales como por ejemplo, maquinaria de precisión, estaciones meteorológicas automáticas, invernaderos “inteligentes” y robots.

Un ejemplo del uso de las TIC para el desarrollo de los invernaderos “inteligentes” lo constituye la solución desarrollada por expertos de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ)⁴² que desarrollaron un sistema de cómputo para controlar las variables climáticas de esas infraestructuras, y de acuerdo al investigador Luis Octavio Solís Sánchez, del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UAZ, se logra aminorar los factores que pueden encarecer el costo de adquisición de los invernaderos de importación como son: el nivel de sofisticación de sus tecnologías para la automatización y su dimensión, así como el tipo de materiales empleados.

Específicamente, la tecnología desarrollada tiene un coste aproximado de un millón y medio de pesos (casi 90.000 euros); es decir, tan sólo un 10% del precio máximo de adquisición de un invernadero importado. El investigador destaca que la tecnología está integrada por una tarjeta madre, sistemas computacionales integrados (destinados a funciones específicas), interfaz gráfica para la monitorización de variables tales como humedad, temperatura, velocidad del viento o radiación, así como elementos que permiten la conectividad inalámbrica del invernadero a dispositivos móviles, como teléfonos móviles.

Por último, la implementación progresiva de invernaderos para diversas áreas de la agricultura y fruticultura de cualquier país conlleva múltiples beneficios para los productores nacionales, es decir, “el control automático de microclimas tiene la potencialidad de mitigar el gasto total de agua para la agricultura, que por ejemplo en México asciende a casi el 70 % del vital líquido. Pero además permite obtener cosechas semejantes a las de un espacio de 10 hectáreas en tan sólo 500 metros cuadrados”, según el investigador de la UAZ, que además subrayó que este proyecto ha superado la fase de “pruebas piloto” y actualmente

⁴² AGRONoticias América Latina y el Caribe, *Logran desarrollar una tecnología de invernadero más barata en México*, 15/04/2014



se ha transferido la tecnología a empresas interesadas en la comercialización. Una segunda fase de las tecnologías de automatización de las variables climáticas bajo ambiente controlado de la UAZ será el desarrollo de redes neuronales que permitan dotar de cierta inteligencia artificial a los invernaderos.

Además, la agricultura se nutre de tecnologías desarrolladas en otros sectores, tales como el militar, aeroespacial, la prospección geológica o la bioingeniería. Se dispone de imágenes satelitales, de cámaras multiespectrales, de aviones no tripulados, de radares meteorológicos, de inteligencia artificial, de redes inalámbricas y más, y todo ello se desarrolla cada día con nuevos contenidos, aplicaciones y servicios.

Las TIC ayudan a modelar situaciones complejas, a simular escenarios en contextos de incertidumbre y a planificar estrategias tanto privadas como públicas. Permiten monitorear variables de muy distinto tipo: climáticas, edafológicas, geológicas, hidrológicas, ambientales, toxicológicas, uso del suelo, estado de bosques y demás ecosistemas. A partir de los desafíos a los que se enfrenta el sector de la Agricultura, podemos concluir que existen una serie de áreas donde las TIC pueden contribuir, ayudando a afrontar los retos planteados. Las áreas de aplicación detectadas se resumen a continuación:

1. **Trazabilidad total agrícola.** Implica la recopilación, almacenamiento, gestión y difusión de información asociada a un producto alimenticio. Esta información abarca desde las características de los insumos suministrados al agricultor, hasta la presentación del producto final al consumidor.
2. **Agricultura de Precisión.** Es una modalidad agrícola que emplea métodos de análisis de producción, control y seguimiento, interpretación y decisión. Incluye desde la automatización en la recogida y tratamiento de los datos procedentes del campo de cultivo para su posterior realimentación en la toma de decisiones, hasta la gestión completa de la explotación.
3. **Gestión del agua de riego.** La escasez de agua representa un problema grave que es necesario solucionar. Las redes de información meteorológica y de medida y control del agua, proporcionan gran cantidad de información para realizar una adecuada gestión y planificación de los recursos hídricos.
4. **Robótica aplicada a la manipulación de cultivos.** La utilización de robots en el campo puede facilitar las labores de siembra y trasplante, la aplicación de nutrientes y/o productos fitosanitarios o la recolección.

Por ejemplo, en Japón cerca del 83 % de los agricultores son mayores de 60 años (según datos de la OCDE), una cifra que se espera se expanda de manera peligrosa durante los próximos decenios, en los que el archipiélago llegará a contar con cerca del 40 % de su población por encima de los 65 años. Ante la necesidad de reducir costes a través de la automatización del sector, las empresas japonesas se han puesto manos a la obra para dar respuestas a estos problemas y optimizar la calidad y cantidad de los cultivos.

Así, el fabricante de equipos topográficos *Topcon Corporation* sacará al mercado en primavera un sistema para conseguir incrementar de manera automática la calidad del principal producto del país, el arroz. La empresa ha diseñado un sensor dotado de un láser que actúa sobre las plantas de arroz y permite medir su contenido de azúcar y proteínas, controlar su crecimiento, determinar la cantidad de fertilizante que necesita o el momento idóneo de su recogida.



Esos datos se transmiten por GPS a un sistema que se encarga de activar la maquinaria para aplicar el abono de manera automatizada. También pondrá a la venta en marzo un sistema idéntico para los cultivos de trigo, que tendrá un coste aproximado de 3 millones de yenes (unos 23.000 euros).

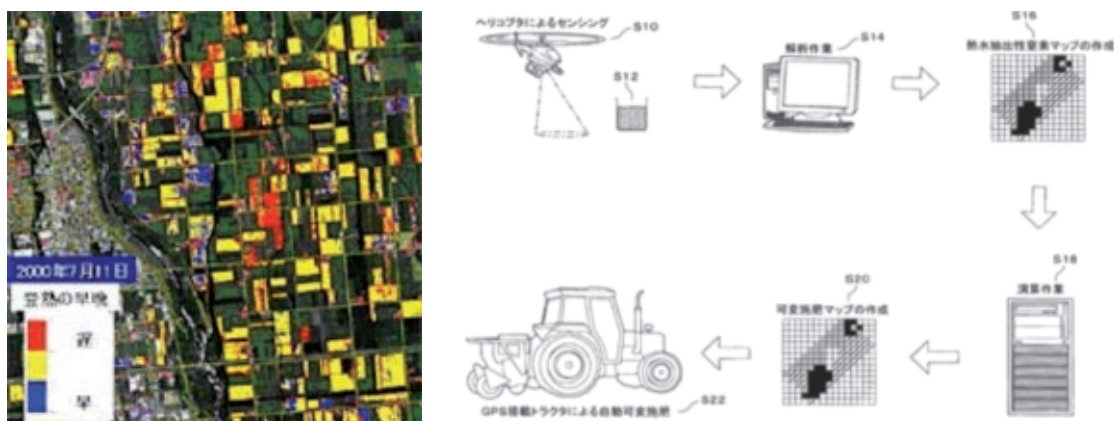
Aupado por el éxito de sus sistemas de precisión agrícolas con tecnología GPS y láser, Topcon ha apostado con fuerza por un mercado que, según el diario económico nipón Nikkei, se estima crezca hasta los 10.000 millones de yenes (76,5 millones de euros) en los próximos años.

En esta misma línea, el gigante nipón *IHI Corporation* se ha volcado también con los sistemas de fertilizantes GPS automatizados, capaces de distribuir el abono dependiendo de las necesidades y el estado del cultivo, lo que evitará que trabajadores sin experiencia puedan malograr el producto. Los expertos señalan que la clave de la *revolución agrícola automatizada* es también ajustar su precio, en un sector que ya de por sí ahogado por la alta competitividad de las economías emergentes, IHI comenzará a vender estos modelos a un precio entre 210.000 y 350.000 yenes (1.600 y 2.700 euros).

Otra de las premisas del uso tecnológico en la agricultura es la mejora de la producción. En eso trabaja Zukosha, una empresa que ha sido capaz de desarrollar un software que, tras realizar un mapa de la superficie cultivable, traslada los datos recogidos a valores numéricos que miden la calidad de cada 100 metros cuadrados de tierra, a la que asigna un color, dependiendo de su productividad (véase Figura siguiente).

FIGURA 17

Imagen del Sistema de Zukosha, protegido mediante la patente JP2011254711A “FERTILIZATION MAP GENERATING SYSTEM, METHOD FOR THE SAME, INDUSTRIAL HELICOPTER, SERVER, AND CONTROLLED FERTILIZER APPLICATOR”



Para ello, se vale de un sensor instalado en un pequeño helicóptero no tripulado que sobrevuela a unos 150 metros del suelo y los cultivos recogiendo datos y tomando fotografías del terreno. Según la empresa, el sensor analiza, entre otras variables, la cantidad de nitrógeno en la tierra lo que le sirve para calibrar su fertilidad en datos que traslada a un sistema instalado en el tractor que, de forma automatizada, aplica la cantidad justa de fertilizantes que requiere el cultivo en cada una de sus parcelas. Mientras, el agricultor de lo único que se tiene que preocupar es de conducir y seguir las indicaciones.



El uso de la denominada “agricultura de precisión”, aplicado en una de las granjas que la firma Techno Farm tiene en la localidad de Obihiro, situada en la isla septentrional nipona de Hokkaido, ha servido para mejorar el cultivo de sus patatas y remolachas y reducir el uso de abonos hasta en un 60%.

En resumen, para lograr introducir las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en estas áreas va a ser determinante constituir redes de conocimiento y desarrollo tecnológico en las que se integren todos los agentes implicados en el sector agrícola, desde el proveedor de insumos y el productor, hasta las distribuidoras, sin olvidar a los centros de investigación y administraciones, con el fin de detectar y definir adecuadamente las necesidades existentes y ofrecer soluciones adaptadas a las mismas.

A continuación, se presenta un breve resumen de la problemática que presentan estas áreas, junto con las aplicaciones y herramientas tecnológicas que pueden ayudar a resolverlas.

1.1. Trazabilidad total agrícola

La trazabilidad se define como *“la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia, destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo”*.

La participación de distintos agentes requiere la adopción de un método global, estándar aplicado a todos los productos y lotes, con el fin de poder realizar una identificación única e inequívoca, garantizando registros exactos y una relación entre éstos, así como una adecuada comunicación hacia clientes y proveedores, sin olvidar los demás agentes relevantes dentro de la cadena de abastecimiento. Actualmente los **códigos de barras** son el sistema de identificación más empleado como herramienta para identificar los productos. Sin embargo, últimamente se está descubriendo el enorme potencial de otros como: **data-matrix** (sistema industrial de codificación bidimensional formado por celdas de color blanco y negro) y las **etiquetas RFID** (dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID).

Las grandes distribuidoras y cadenas comerciales son cada vez más rigurosas a la hora de exigir a los agricultores criterios de producción controlada que garanticen la calidad de los productos. La informatización de los sistemas de trazabilidad fortalece el poder negociador de los agricultores, ya que dispondrán de gran cantidad de información para demostrar la calidad y el tratamiento seguido por sus productos. **Sin embargo, la débil promoción de las nuevas tecnologías en el sector provoca que el agricultor desconozca los potenciales beneficios y utilidades que las TIC les pueden brindar.**

1.2. Agricultura de Precisión

En los últimos años la aplicación de las tecnologías informáticas y de la comunicación ha dado lugar a lo que se ha llamado **agricultura de precisión**, la cual se define como un grupo de técnicas que posibilitan la gestión localizada de cultivos, de una forma escalable (a gran escala) y sustentable con el medio ambiente. Específicamente, la **agricultura de precisión** es un concepto agronómico de gestión de **parcelas agrícolas**, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de



Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones.

La información recolectada puede ser usada para **evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias**, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos. El objetivo de la agricultura de precisión es sacar el máximo margen de utilidad de cada unidad a través del aumento de la productividad y de la reducción de los costos de producción de cada una de estas unidades. Así, por lo tanto, la fertilización, el riego, la aplicación de agroquímicos, las dosis de siembra, las fechas de siembra y otras prácticas agrícolas son realizadas con mayor información y precisión.

Este tipo de agricultura se ha ido extendiendo en todo el mundo, siendo Estados Unidos, Australia y Argentina los países que más la realizan. Desde una perspectiva más específica, Hassall (2010)⁴³ proyectó para los próximos años algunos avances que profundizan en la agricultura de precisión como el **mejoramiento de la exactitud y robustez de la navegación satelital, una mayor automatización y robotización, un mejoramiento del desempeño de las bombas de aspersion, la aplicación creciente de las tecnologías de transmisión inalámbrica de datos, la intensificación de la telemetría, y la estandarización de los distintos equipos e información de agricultura de precisión.**

Por otra parte, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina en una publicación reciente (Abril de 2014)⁴⁴, entre otros avances, destaca como las líneas de investigación y evaluación actualmente se centran en la utilización de sistemas estabilizadores de los cuerpos de siembra, entre ellos se puede mencionar a los sistemas hidroneumáticos de presión variable, sistemas hidráulicos y neumáticos. La utilización de estos dispositivos persigue estabilizar el cuerpo sembrador ante diferentes velocidades de avance y en distintas condiciones de relieve, logrando una profundidad de la siembra más uniforme.

Sin duda, la implementación de herramientas de agricultura de precisión en la siembra ha ayudado a incrementar la eficiencia de esta labor, tanto en la calidad del trabajo realizado como también en los tiempos operativos necesarios para realizarlo. La inclusión de monitores de siembra para controlar el correcto funcionamiento de la sembradora permitió mejorar la eficiencia del trabajo, logrando observar en tiempo real obstrucciones en los caños de bajada, nivel de insumo dentro de cada cajón fertilizador o de semilla, velocidad de siembra, alarmas, etc.

En definitiva, a través de la agricultura de precisión se pretende obtener sistemas integrados de gestión y control de todas las tareas y actividades de la agricultura. Un ejemplo de desarrollo industrial es el sistema desarrollado por la empresa norteamericana **John Deere**, a través de su sistema **FarmSight™** que integra un sistema de comunicación inalámbrica y tecnología avanzada de agricultura de precisión para conectar equipos, propietarios, operadores y concesionarios a fin de maximizar la productividad y ofrecer una gestión agrícola sostenible.

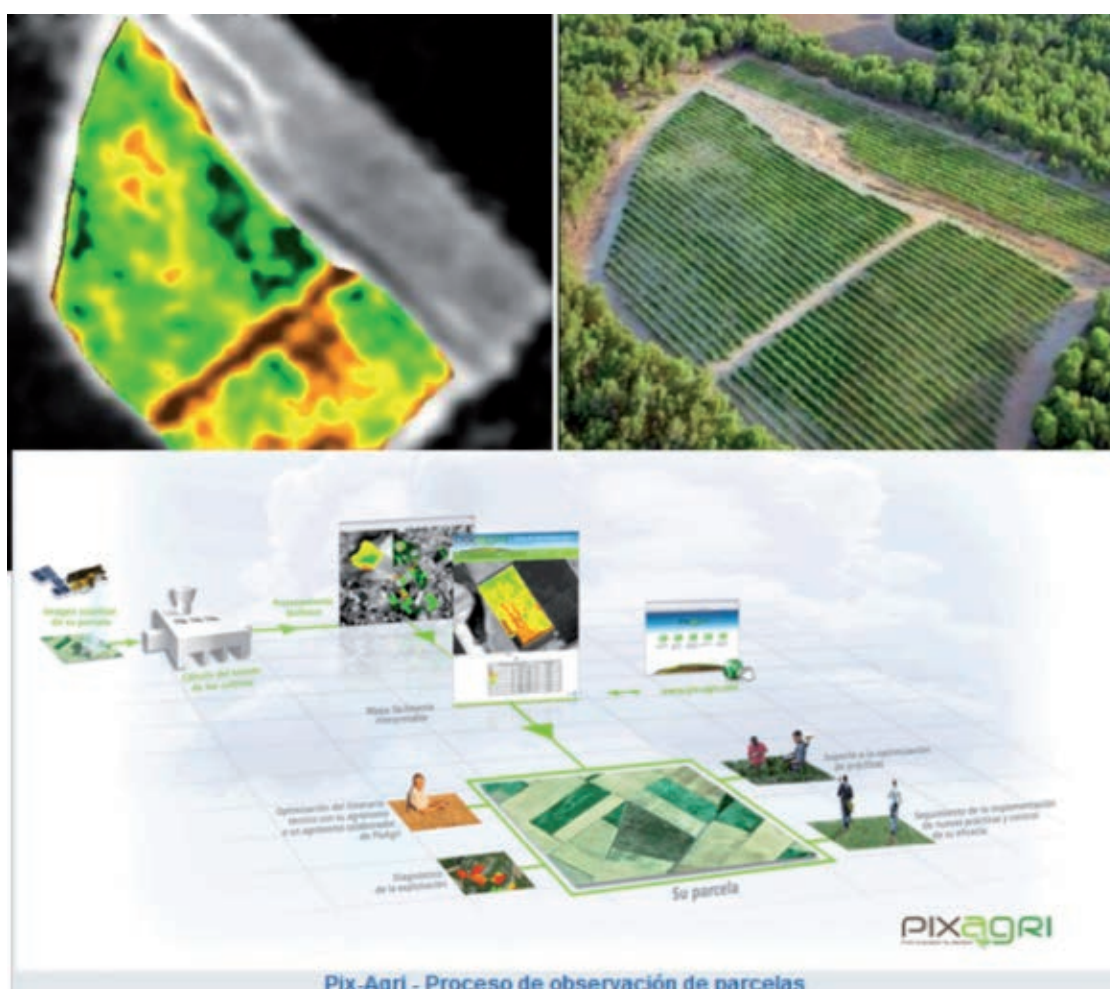
⁴³ Hassall, J. 2010. Future trends in precision agriculture. A look into the future of agricultural equipment. Nuffield Australia Farming Scholars. GRDC, Grains Research & Development Corporation, 36 p.

⁴⁴ INTA -5 Jornada Nacional de forrajes conservados "Avances en agricultura de precisión aplicada a la siembra" (2014)



Otro ejemplo lo tenemos con Infoterra SGSA, forma parte de la Línea de Programa GEO-Intelligence de Airbus Defence and Space, donde ofrece soluciones para la agricultura de precisión. Este servicio que se basa en la combinación de imágenes de satélite y datos agrónomos y meteorológicos, asesora a los agricultores desde el inicio del cultivo hasta su cosecha. Este método de gestión de cultivos considera la variabilidad existente en el interior de las parcelas, que junto a las recomendaciones que se obtienen de la teledetección, hará que el agricultor pueda gestionar su tierra de forma no uniforme, con el fin de aumentar el rendimiento y disminuir los costes de producción aplicando la dosis justa de los productos en el lugar y el momento adecuados. También le permitirá mejorar la calidad, detectar y tratar enfermedades, al mismo tiempo que reducirá el impacto sobre el medio ambiente (véase Figura 18).

FIGURA 18
Ejemplo Pix- Agri -Proceso de Observación de parcelas



Fuente: <http://www.infoterra.es/productos-pixagri>

Por ejemplo, PixAgri es una herramienta de ayuda a la toma de decisiones que permite, tanto a los productores como a otros agentes involucrados, hacer un seguimiento del estado de los cultivos a escala de parcela y de región. Esta herramienta permite tomar decisiones en las etapas clave del desarrollo,



basadas en el estado de los cultivos y de la variabilidad observada. La solución utiliza un indicador universal, denominado “fracción de cubierta verde”, que muestra el vigor de la vegetación en un momento determinado de su desarrollo.

Se trata de un servicio de suscripción por campañas, donde se utilizan diferentes satélites combinados con modelos agronómicos testados y verificados para extraer la información correspondiente para cada cliente. En resumen, la Agricultura de Precisión (AP) es el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para adecuar el tratamiento de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de cada parcela de una explotación. La información recogida debe usarse para conocer el rendimiento del cultivo, y tomar decisiones y acciones para mejorarlo. Esta nueva agricultura, al contrario que la tradicional, se caracteriza por un mayor dominio de la información y una menor utilización de componentes no naturales.

Las aplicaciones TIC en esta agricultura están representadas mediante:

- **Monitores de rendimiento y elaboración de mapas:** Un monitor de rendimiento es un sistema que recoge la información procedente de distintos sensores y gracias a un software calcula el rendimiento de un cultivo en el tiempo y en el espacio, basándose en la información de localización de cada parcela proporcionada por el sistema de localización por satélite GPS. El resultado se representa en un mapa gráfico.

Actualmente existe una gran problemática debida a la brecha de información existente entre los mapas de rendimiento y la aplicación de insumos. Esta brecha se traduce en que los potenciales aumentos de productividad derivados de esta tecnología se ven reducidos, fruto de una deficiente retroalimentación de la información.

- **Muestreo intensivo de suelos:** Es el proceso que permite al agricultor conocer cuál es el factor limitante que provoca las diferencias de rendimiento dentro de las distintas parcelas de un mismo cultivo, y tomar acciones para mejorar este hecho.
- **Mapa de aplicación y dosis variable de insumos:** Con la información disponible a partir del muestreo intensivo de suelos y del mapa de rendimiento, el sistema de información genera un mapa con las futuras acciones: el mapa de aplicación. Este mapa se crea sobre una base de datos GIS⁴⁵, que contiene todos los datos relativos a la explotación y a rendimientos anteriores. Este paso supone la realimentación de toda la información recolectada durante todo el período de cultivo de la última cosecha, por lo que un adecuado uso de esta información permitirá aumentar el rendimiento de la siguiente cosecha.

Posteriormente, gracias al GPS y a controladores en la salida de insumos, se puede realizar un ajuste en tiempo real de la aplicación de insumos, de acuerdo a las indicaciones del mapa de aplicación. La incorporación de este tipo de tecnología a los distintos tipos de maquinaria existente trae consigo la automatización de los procesos en el campo, con la consiguiente optimización de recursos y aumento de productividad.

⁴⁵ En España existen varios SIG (Sistemas de Información Geográfica): el SIG Agrario, SIG Oleico y SIGPAC (SIG Parcelas Agrícolas)



- **Guiado semiautomático:** Consiste en la incorporación a la maquinaria que realiza las operaciones en el campo, de un sistema de posicionamiento DGPS que posibilita el conocimiento en cada momento de su posición. Con la ayuda de un panel gráfico, es posible trazar líneas rectas perfectas para trabajar la tierra.
- **Gestión de explotaciones:** Es necesaria la existencia de un sistema de información que reciba, analice, gestione y decida, que manipule las bases de datos (GIS, agroclimáticas), elabore mapas, genere simulaciones, estime rendimientos, planifique recursos, etc. En este punto, el papel de Internet como integrador y potente difusor de información resulta imprescindible.
- **Simulación de cultivos:** Con la gran cantidad de información que permite tener disponible la agricultura de precisión, es posible generar modelos agronómicos de predicción y diagnóstico para la simulación de cultivos, donde el agricultor pueda entender lo sucedido en una situación particular o predecir lo que va a pasar a partir de los datos disponibles.
- **Sistemas Expertos y Sistemas de Soporte a la Decisión:** Los sistemas expertos (SE) permiten utilizar el conocimiento de agricultores y expertos en diversas áreas (entomología, horticultura y agrometeorología) con el fin de resolver las necesidades específicas de un agricultor y ofrecer soluciones a los problemas relacionados con sus cultivos.

Combinan la experiencia y conocimiento de un experto, con las capacidades intuitivas de razonamiento de multitud de especialistas. Para ello se basan en un programa informático que simula el comportamiento de un experto ante un problema y proporciona una solución.

La agricultura de precisión proporciona un enfoque completamente nuevo a la gestión de explotaciones agrícolas, ofreciendo importantes beneficios. Sin embargo también presenta **una serie de barreras, como un bajo nivel de formación e información de los agricultores**, que en ocasiones desconocen las implicaciones y beneficios que la agricultura de precisión puede aportarles. También la **inversión inicial en equipos hardware y software** es percibida por los agricultores como alta, ya que los beneficios pueden no ser evidentes a simple vista.

1.3. Gestión del agua de riego

La agricultura supone una importante fuente de ingresos en la economía española. El factor más determinante para su desarrollo es el agua, debido a que la agricultura más rentable se da precisamente en la España seca. Basta decir que una hectárea de regadío produce, por término medio, unas seis veces más que una hectárea de seca, y genera una renta cuatro veces superior. Este hecho provoca que las dos terceras partes del consumo total de agua en España se dediquen al regadío.

Sin embargo, la principal característica de los recursos hídricos en España es la diversidad. Las precipitaciones no sólo son escasas en gran parte del territorio, sino que además se distribuyen de forma irregular a lo largo de toda la temporada agrícola. Esto provoca que la agricultura española sea muy vulnerable ante la variabilidad de las condiciones climáticas. Como compensación, debe buscarse una reducción de esta vulnerabilidad mediante una gestión adecuada de los recursos hídricos, imprescindibles para un buen desarrollo productivo.



Entre las aplicaciones TIC que ayudan a la gestión de los recursos hídricos están:

1.3.1. Redes de medida y calidad de los recursos hídricos

Existe una serie de redes de medida y control, que permiten la obtención de información sobre la cantidad y calidad de nuestros recursos hídricos. La mayoría de ellas están gestionadas por el Ministerio de Medio Ambiente:

- **Redes meteorológicas.** Miden parámetros físicos relacionados con la disponibilidad de agua: precipitaciones, nevadas y evaporaciones. Recogen datos del Instituto Nacional de Meteorología, del Programa de Estudio de los Recursos Hídricos procedentes de la Innovación (ERHIN) o de la Red de Estaciones Evaporimétricas.
- **Redes medidoras de aguas superficiales,** como la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) o el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH).
- **Redes medidoras de cantidad y calidad de aguas subterráneas,** que miden la calidad de acuíferos y aguas subterráneas a través de la Red Hidrométrica, la Red Piezométrica o la Red de Observación de Calidad de Aguas Subterráneas (ROCAS).
- **Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA),** que realiza labores de control y vigilancia de la calidad de las aguas en España. El Sistema SAICA se apoya principalmente en dos tipos de Redes de Control de la calidad de las aguas la Red ICA (Red Integrada de Calidad del Agua) y la Red Alerta.

1.3.2. Redes de información agroclimática

El objetivo de estas redes es proporcionar información agroclimática fiable y precisa a los agricultores, con el fin de obtener un uso más racional del agua, adecuando la programación de los riegos a las necesidades hídricas reales de los cultivos. Las redes constan de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) que almacenan información (temperatura, precipitaciones) y la envían vía GSM a un centro de control cuando éste la solicita. El centro de control recibe los datos y los pone a disposición de los agricultores. El conocimiento de esta información permitirá al regante optimizar la frecuencia y cantidad de agua que utiliza para el riego. En la actualidad existen diversas Comunidades Autónomas, que ya disponen de este tipo de redes, a través de un Servicio de Información al Regante (SIAR). Sin embargo todavía existe lugar para la mejora en lo relativo por un lado a la disponibilidad y fiabilidad de los datos, y por otro a la integración y accesibilidad de la información.

1.3.3. Teledetección

La utilización de la teledetección en hidrología permite, entre otras funciones, realizar estimaciones sobre la evapotranspiración, determinar la humedad de los suelos, evaluar la calidad de las aguas superficiales o localizar aguas subterráneas.



1.3.4. Redes de medida y control de agua de riego

Las redes de medida de disponibilidad y calidad del agua no están orientadas a proporcionar información al agricultor, sino a desarrollar una óptima planificación global de los recursos hídricos. A la hora de diseñar redes para la medida y control del agua destinado al riego de explotaciones, lo primero es definir los requisitos que deben cumplir las estaciones medidoras, de modo que sean capaces de proporcionar información útil a los agricultores.

La existencia de un sistema integrado de gestión de agua de riego, que sea capaz de medir volúmenes y calidades en tiempo real, es una idea inconcebible sin las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones. Los actuales sensores y redes de comunicaciones son los elementos que posibilitarán la toma instantánea de datos para su integración en una red de información sobre el agua de riego.

Las TIC posibilitan la integración de gran cantidad de información dispersa geográficamente, facilitan la realización de controles medioambientales y las redes de comunicación favorecerán la difusión y el acceso a la información recogida, en cualquier momento y desde cualquier lugar.

1.4. *Robótica aplicada a la manipulación de cultivos*

El elemento que mejor ha venido caracterizando a lo largo del tiempo el grado de mecanización en la agricultura, es el tractor. El tractor seguirá siendo la base de la mecanización agraria, proporcionando el soporte necesario para el accionamiento de las diferentes máquinas. Con él se realizan labores de labranza, tratamientos fitosanitarios, recolecciones, transporte del producto dentro de la explotación y en menor grado el transporte del producto al centro de comercialización.

En España, la creciente mecanización agrícola se demuestra en las mejoras en el equipamiento de tractores y cosechadoras, detectándose un grado de especialización cada vez mayor, como demuestran las cosechadoras de uva y de forraje, de remolacha, de hortalizas, las plataformas para frutales o los vibradores autopulsados para la recolección de aceitunas.

La agricultura bajo invernadero representa un caso particular, ya que se ha venido caracterizando por ser una agricultura de alta demanda de mano de obra y bajo nivel de mecanización, debido a las condiciones especiales que conlleva el trabajo en su interior. Sin embargo, la incorporación de la tecnología a los invernaderos ha avanzado mucho en los últimos años: sistemas de riego, controladores de clima, equipos de fertirrigación, equipos de planificación y gestión de invernaderos. Entre las aplicaciones TIC están:

- **Recogida y procesado automático de datos en invernaderos:** En la agricultura los gastos en mano de obra suponen siempre una partida importante, especialmente en los invernaderos, donde se necesita más mano de obra por superficie de cultivo, llegando a alcanzar en ocasiones, la mitad de los gastos de producción. Este hecho, unido a la falta de especialización de dicha mano de obra, supone uno de los puntos críticos del sistema y cabe suponer que cualquier acción orientada a mejorar esta situación resultará bienvenida.

Actualmente existen sistemas electrónicos que son capaces de gestionar el personal, registrar las tareas realizadas, las anomalías o calcular la producción. Este tipo de equipos están constituidos por pequeños



terminales portátiles donde los operarios introducen información que se envía a un ordenador central que la gestiona en tiempo real. El responsable puede controlar los procesos, asignar tareas y lanzar las órdenes a los operarios, logrando una optimización en la organización de la producción y la recolección.

En EE.UU. se ha desarrollado el **Virtual Grower** (<http://www.ars.usda.gov/services/software/download.htm?softwareid=256>) que es un instrumento de apoyo de decisión para los cultivadores del invernadero. Los usuarios pueden construir un invernadero con una variedad de materiales para las azoteas y los flancos, diseñar el estilo del invernadero, programar puntos de ajuste de la temperatura a través del año, y predecir los costes de la calefacción.

- **Robótica aplicada a las labores cultivo:** En el sector agrícola existen varias posibilidades de automatización: la siembra automática y la recolección automática. Específicamente, la recolección mecanizada de frutas y hortalizas ha sido objeto de estudio durante los últimos años. Aparentemente el problema tecnológico está resuelto: un sistema de visión artificial detecta la fruta u hortaliza y es capaz de dirigir el brazo de un robot hacia ella, arrancando éste la fruta.

Sin embargo, la visión artificial presenta dificultades a la hora de detectar la fruta oculta, debido a la variabilidad de la luz y a la frondosidad de las hojas. Respecto al brazo del robot, se piensa en una combinación de succión con giro simultáneo, para arrancar la fruta con facilidad, sin daño para el árbol y sin que sea necesaria una posición exacta del brazo de recogida.

Como alternativa parecen más cercanos los sistemas de recogida auxiliar, como los vibradores o las cintas transportadoras, que tratan de facilitar la tarea al trabajador que está en el campo llevando a cabo la recolección.

La introducción de robots que realicen las labores cultivo en el campo está cada vez más cerca. Actualmente, estas labores requieren mucho tiempo, y en ocasiones no hay mano de obra suficiente para llevarlo a cabo. Esta escasez de mano de obra provoca la externalización de muchos de los trabajos, padeciéndose en momentos clave, tales como la plantación y la recolección una escasez cada vez mayor.

Sin embargo, no se ha demostrado que la tecnología esté lo suficientemente preparada. En ocasiones el tanto por ciento de éxito en la aplicación de robots al campo, no resulta lo suficientemente elevado y la inversión que supone la adquisición de la maquinaria automática puede no resultar rentable para pequeñas explotaciones.

Otro ejemplo de tecnología en el ámbito de los robots son los vehículos aéreos no tripulados o UAV sistemas, también conocidos como drones, se han convertido en un tema de medios calientes en el 2014. Se estima unos \$ 82 mil millones en esta actividad económica entre 2015 y 2025, también están viendo un montón de promesas en el campo de la agricultura.

Sistemas UAV están a la vanguardia de los avances en la agricultura de alta tecnología. El año pasado, aviones no tripulados para uso agrícola adornaban la Conferencia de 2013 InfoAg con un total de seis diseños de aviones no tripulados expuestos. La capacidad de los aviones no tripulados dirigidos por GPS en “La recopilación de imágenes a distancia en cualquier momento y lugar” ha ganado atractivo para los cultivadores.



Aun así, el uso comercial de aviones no tripulados aún está en revisión. Regulaciones de la Fuerzas Aéreas Americanas (FAA) restringen operación de drones a las agencias federales y gubernamentales, y los productores que utilizan aviones no tripulados para uso agrícola pueden estar todavía unos años de descanso. Por ejemplo, uno de los usos futuros de los drones es ayudar a los cultivadores a determinar las tasas de aplicación de precisión de pesticidas y fertilizantes. Pero en la actualidad, las imágenes aéreas dadas por los drones tendrían que tener cada estación de crecimiento del cultivo, si no más a menudo, para abastecer a los productores con un análisis visual de su campo, ya sea con fotografías de alta resolución o fotografía infrarroja para ilustrar el estrés vegetal.

Por otro lado, para aplicaciones específicas, tales como el uso de aviones no tripulados para identificar las razas deseables, miles de horas de recolección de campo y pruebas de granos individuales potencialmente podría ser reemplazado con un simple sistema de foto UAV⁴⁶.

En la Robótica y automatización aun hay un largo camino, pero un erudito dice, *“Esto podría cambiar la forma en los campos se cultivan y el tamaño del equipo que se utiliza en el futuro”*. A nivel de campo, no sólo es posible registrar muchas de estas variables, sino que pueden utilizarse en la automatización de prácticas agronómicas tales como el riego, la aplicación de fitosanitarios o labores culturales, hasta la cosecha misma. Los beneficios de hacer más eficientes muchos de estos procesos son dobles: resultan provechosos económicamente para el productor y disminuyen, combinadamente, los recursos utilizados y los desperdicios producidos.

Otro ejemplo de aplicación de estos sistemas es el proyecto europeo “RHEA” (7th Framework Programme, FP7) que está centrado en diseñar, desarrollar y verificar una nueva generación de sistemas automáticos y robóticos, para el control de las malas hierbas tanto químico como físico (mecánico y térmico) en cultivos agrícolas y forestales. Entre éstos cabe destacar una gran variedad de cultivos de ámbito europeo como son los cultivos herbáceos de hilera ancha (tomate industrial, maíz, fresa, girasol y algodón), de hilera estrecha (cereales de invierno: cebada y trigo) y leñosos (nogales, almendros, olivos e incluso diferentes cultivos forestales como aquellos destinados a energías renovables u otros fines).

En marzo del 2014 las organizaciones españolas del **CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)** y la **UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**⁴⁷ publicaron una investigación sobre **sensores y actuadores, tales como sistemas de posicionamiento global, visión artificial y sensores basados en láser** que progresivamente se han incorporado en los robots móviles con el objetivo de configurar los sistemas autónomos capaces de trasladar las actividades del operador en las tareas agrícolas. Sin embargo, la incorporación de muchos sistemas electrónicos en un robot perjudica su fiabilidad y aumenta su coste.

La minimización de hardware, así como la minimización de software y la facilidad de integración, es esencial para obtener los sistemas robóticos viables. Un paso adelante en la aplicación de un equipo automático en la agricultura es el uso de flotas de robots, en el que **una serie de robots especializados colaboran para llevar a cabo una o varias tareas agrícolas**. En este artículo se desarrolló una arquitectura

⁴⁶ Up-and-Coming Precision Agriculture Technology: Farm Drones, 10 Jan 2014, <http://cropmetrics.com/2014/01/up-and-coming-precision-agriculture-technology-farm-drones>

⁴⁷ Emmi, L; Gonzalez-De-Soto, M; Pajares, G; Gonzalez-De-Santos, P; “New Trends in Robotics for Agriculture: Integration and Assessment of a Real Fleet of Robots” Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 404059, 21 pages



de sistema para dos robots individuales y los robots que trabajan en flotas para mejorar la fiabilidad, reducir la complejidad y los costes, y permitir la integración de software de diferentes desarrolladores.

Los objetivos de RHEA pretenden **disminuir en un 75% el uso de agroquímicos para mejorar la calidad del cultivo a la vez que la salud humana y la seguridad alimentaria, y reducir los costes de producción haciéndola más sostenible**. Todo ello será posible gracias a la labor conjunta de una flota de pequeños robots heterogéneos, terrestres y aéreos, que estarán equipados con sensores de última generación, mejores actuadores y algoritmos de control y decisión más precisos.

Como conclusión, el rol de las TIC en este área es **centralizar la gestión y el control de manera que se pueda generar, integrar, sistematizar y diseminar información que permita tomar decisiones productivas** (e.g. cuándo y dónde sembrar, cuando cosechar, cuando aplicar agua o nutrientes suplementarios, cuando intervenir frente a la posibilidad de una plaga, etc.) **mejor adaptadas a la variabilidad climática y a la disponibilidad de los recursos**.

De tal forma, que el empleo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la agricultura favorece el desarrollo rural de aquellas poblaciones más aisladas, acercándolas a la Sociedad de la Información y evitando su despoblación. Sin embargo, para poder disfrutar de los beneficios que la utilización de las TIC proporcionan, es necesario superar previamente una serie de barreras.

La inmensa mayoría del personal agrícola, aunque posee un buen nivel de conocimientos y habilidades vinculadas a las prácticas agrícolas adecuadas, no tiene formación suficiente para asimilar las nuevas tecnologías que continuamente aparecen, tales como nuevos sistemas de riego y fertilización, nuevos sistemas productivos (producción integrada o ecológica) o herramientas informáticas aplicadas a la gestión de las explotaciones, actividades que les son totalmente ajenas debido a su aislamiento. Unida a esta carencia de formación, los agricultores poseen una falta de información, en relación a las potenciales ventajas que las tecnologías pueden aportar a sus explotaciones.

Los dispositivos móviles deben diseñarse con interfaces claras y sencillas, adaptadas a los agricultores y a las características de trabajo de las zonas rurales, para que sean fácilmente accesibles para los agricultores. El manejo de estos dispositivos no debe suponer una barrera.

En la siguiente sección se detalla otra de las áreas tecnológicas clave para cumplir los objetivos propuestos en el sector agrícola.

2. Nanotecnología

La Nanotecnología es un novedoso e innovador enfoque científico interdisciplinario que consiste en el diseño, desarrollo y aplicación de materiales y dispositivos a nivel molecular en escala nanométrica es decir, en un rango de dimensión entre 1 a 100 nanómetros (una mil millonésima de metro). Es decir, la manipulación de la materia a escala atómica y molecular, que se está convirtiendo en la base de una revolución industrial a escala mundial y de alcance a muchas ramas de la actividad económica. Tan solo en la primera década del siglo 21 ha sido testigo testigo de un enorme aumento de nanoalimentos.



Las inversiones globales en nanotecnología han comenzado a producir beneficios económicos con su incorporación en los productos actualmente en el mercado. Estos productos se estima que han producido alrededor de 200 mil millones dólares en ingresos en el 2008, incluyendo \$ 80 mil millones en los Estados Unidos. Al hacer uso las propiedades únicas que surgen a escala nanométrica, los defensores sostienen que la nanotecnología tiene el potencial para los productos que podrían transformar las industrias existentes y crear otras nuevas, limpiar y proteger el medio ambiente, ampliar y mejorar de la calidad de nuestras vidas, y fortalecer la seguridad nacional.

La mayoría de los productos de la nanotecnología actualmente en el mercado (como el más rápido los procesadores de computadora, dispositivos de memoria de mayor densidad, autopartes más ligeros, pantallas de ordenador y televisión más energéticamente eficientes, ropa resistente a las manchas, vendas antibióticos, cosméticos, etc.) ofrecen mejoras incrementales en las características como el rendimiento, la estética, el coste, el tamaño y el peso de los productos⁴⁸.

Los actuales productos representan tan sólo una pequeña fracción de los sustanciales beneficios económicos y sociales que proporcionaría la nanotecnología a largo plazo. Muchos defensores de la nanotecnología, incluyendo ejecutivos de negocios, científicos, ingenieros, y médicos profesionales - afirman que en el largo plazo, la nanotecnología, especialmente combinada con las tecnologías de la información, la biotecnología y las ciencias cognitivas, puede ofrecer avances revolucionarios en áreas como:

- Sistemas de purificación de agua a bajo costo y portátiles que proporcionan acceso universal a la agua potable⁴⁹;
- Sistemas de energía eficientes y de bajas emisiones “verdes” de fabricación⁵⁰;
- Los sistemas de memoria de alta densidad capaz de almacenar toda la Biblioteca del Congreso recogida en un dispositivo del tamaño de un terrón de azúcar⁵¹;
- Sensores de bajo costo, flexibles, durables, de bajo voltaje “piel electrónica” que permiten robots y prótesis para detectar cambios en la presión, la humedad, y temperatura⁵²;
- Tecnologías agrícolas que aumentan el rendimiento del cultivo y mejoran el valor nutritivo, a fin de reducir el hambre y la desnutrición⁵³;
- Auto-reparación de los materiales⁵⁴;

⁴⁸ John F. Sargent Jr., “The National Nanotechnology Initiative: Overview, Reauthorization, and Appropriations Issues”, December 17, 2011, <http://fas.org/sgp/crs/misc/RL34401.pdf>

⁴⁹ Risbud, Aditi. “Cheap Drinking Water from the Ocean,” Technology Review, June 2006

⁵⁰ Selko, Adrienne. “New Nanotechnology-Based Coatings Are Energy Efficient and Environmentally Sound,” Industry Week, August 22, 2007. “Tomorrow’s Green Nanofactories,” Science Daily, July 11, 2007.

⁵¹ Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering, and Technology, NSTC, EOP, National Nanotechnology Initiative—Leading to the Next Industrial Revolution, <http://www.ostp.gov/NSTC/html/iwgn/iwgn.fy01budsuppl/nni.pdf>.

⁵² Meital Segev-Bar, Avigail Landman, and Maayan Nir-Shapira, et al., “Tunable Touch Sensor and Combined Sensing Platform: Toward Nanoparticle-Based Electronic Skin,” ACS Applied Materials and Interfaces, vol. 5, no. 12 (2013), pp. pp 5531-5541.

⁵³ U.S. Department of Agriculture, 21st Century Agriculture: A Critical Role for Science and Technology, June 2003; and Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems: Draft Report of the National Planning Workshop to the Cooperative State Research, Education, and Extension Service of the U.S. Department of Agriculture, July 2003

⁵⁴ NSET Subcommittee, NSTC, EOP, Nanotechnology in Space Exploration, August 2004, http://www.nano.gov/nni_space_exploration_rpt.pdf



- Poderosos sensores, pequeños y de bajo costo que puede advertir de niveles mínimos de toxinas y patógenos en el aire, el suelo o el agua⁵⁵
- Descontaminación de sitios industriales mediante remediación ambiental⁵⁶

De tal forma que la aplicación de la nanotecnología se ha extendido a diversos campos y disciplinas, en sector salud (18%), química (12%), energía, comunicación e información (8%-9%), construcción y defensa (1%-6%)⁵⁷, aparentemente, por la **alta tasa de retorno del capital invertido en investigación y escalamiento de la tecnología a nivel comercial**. En contraste, la aplicación en la agricultura es aún incipiente, sin embargo se piensa que su incorporación a la producción agrícola de alimentos, a cualquier nivel de la escala productiva, puede tener efectos muy importantes.

Jack Uldrich, en su libro *“The Next Big Thing is Really Small: How Nanotechnology Will Change the Future of Your Business”* señala como la nanotecnología tiene un rango de aplicaciones prácticas de la agricultura en todo, desde sensores avanzados de última generación para el embalaje hasta avanzadas técnicas para la cría de animales. Destaca como ejemplo un avance reciente sobre una nueva vacuna de nanopartículas. Este tratamiento nanotecnológico permitirá a los bovinos recibir una sola vacuna para un número múltiple de enfermedades.

En la actualidad la industria de los plaguicidas está iniciando su incursión hacia la utilización de ingredientes activos manométricos y muchas de las principales firmas agroquímicas del mundo llevan a cabo investigación y desarrollo para desarrollar nuevas fórmulas a nano escala para la producción de pesticidas.

Los insectos, las plagas y las malas hierbas producen una gran cantidad de pérdidas anuales que algunos estudios estiman entre el 13 y el 14% de la producción total agrícola. Las estrategias tradicionales para reducir estas pérdidas se basan en estrategias como la rotación de los cultivos, el uso de variedades de **plantas** sanas y resistentes, cambios en los periodos de siembra y el manejo integrado de las plagas, que implica un **control biológico**⁵⁸ de las mismas. Si bien son efectivas a escala pequeña, con la industrialización de la **agricultura** estas técnicas han sido desechadas con el tiempo por otras más efectivas y al mismo tiempo, más agresivas con el medio ambiente. Se han utilizado compuestos químicos sintéticos para controlar y reducir estas pérdidas.

⁵⁵ NSET Subcommittee, NSTC, EOP, Nanotechnology and the Environment, May 2003, http://www.nano.gov/NNI_Nanotechnology_and_the_Environment.pdf.

⁵⁶ U.S. Environmental Protection Agency, Proceedings of the U.S. Environmental Protection Agency Workshop on Nanotechnology for Site Remediation, October 2005.

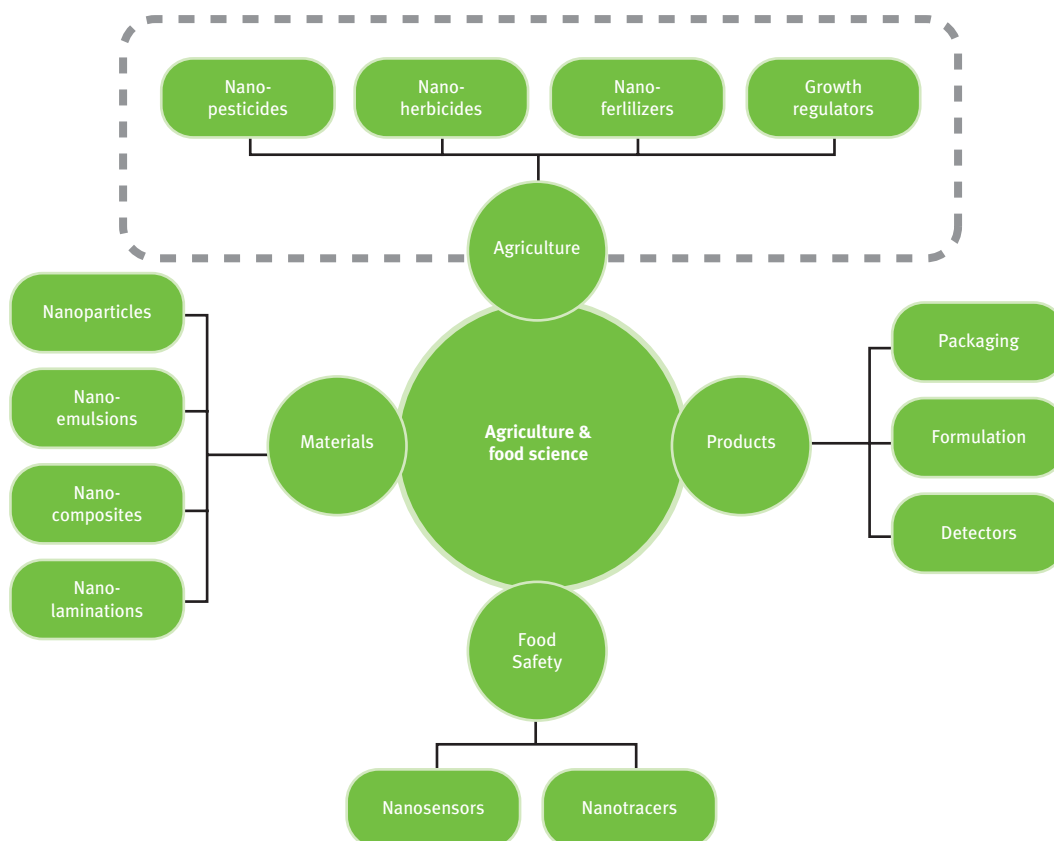
⁵⁷ Sánchez, A., S. Recillas, X. Font, E. Casals, E. González and V. Puntès. “Ecotoxicity of, and remediation with, engineered inorganic nanoparticles in the environment.” (2011) Trends Analytical Chem., 30: 507-516.

⁵⁸ Este concepto de control biológico hay que diferenciarlo del control natural, que es el control que sucede en las poblaciones de organismos sin intervención del hombre y que incluye además de enemigos naturales, la acción de los factores abióticos del medio. Por ello hay que entender el control biológico como un método artificial de control que presenta limitaciones, especialmente en cuanto al conocimiento de los organismos afectados, lo que trae consigo una serie de ventajas e inconvenientes en su aplicación, sobre todo si se relaciona con los métodos químicos de control. Entre los inconvenientes más importantes se encuentran: (a) Su aplicación suele requerir un planteamiento y manejo más complejo, con mayor seguimiento de la aplicación, y es menos rápido y drástico que el control químico; (b) El éxito de su aplicación requiere mayores conocimientos de la biología de los organismos implicados (tanto del agente causante del daño como de sus enemigos naturales) y (c) La mayoría de los enemigos naturales suelen actuar sobre una o unas pocas especies, es decir son altamente selectivos. Esto puede resultar una ventaja, pero en ocasiones supone una desventaja al incrementar la complejidad y los costes derivados de la necesidad de utilizar distintos programas de control.



En la siguiente figura 16 se resume la aproximación de las aplicaciones de la nanotecnología para el sector Agro- Alimentario, y se detallaran algunas de las aplicaciones actuales y potenciales en el ámbito de los Nano-Pesticidas, Nano-herbicidas, Nano-Fertilizantes y Reguladores del Crecimiento como se aprecia en la figura resaltado en el recuadro rojo.

FIGURA 19
Aplicaciones de la Nanotecnología para el sector Agro-Alimentario



Fuente: *Nanotechnology: A new frontier in Agriculture*⁵⁹

2.1. Nano-pesticidas

Las plagas de las plantas son factores importantes en la limitación de los rendimientos de los cultivos. Métodos de control de plagas convencionales incluyen el uso de grandes cantidades de pesticidas, que en consecuencia representan un costo adicional en la producción de cultivos. El exceso de cantidad de pesticidas también causan contaminación del medio ambiente y el agua. Hay una necesidad imperiosa de utilizar una cantidad mínima de plaguicidas para salvar el medio ambiente y reducir el costo de la

⁵⁹ Muhammad Azam Ali^{1*}, Iqra Rehman², Adnan Iqbal¹, Salah ud Din¹, Abdul Qayyum Rao¹, Ayesha Latif¹, Tahir Rehman Samiullah³, Saira Azam³, Tayyab Husnain¹, *“Nanotechnology: A new frontier in Agriculture”*, INTERNATIONAL JOURNAL “Advancements in Life Sciences”, Date Published Online: 25/05/2014



producción agrícola. Se puede lograr mediante el aumento del tiempo de retención de los pesticidas con la eficiencia requerida. La persistencia de plaguicidas en la etapa inicial de crecimiento de los cultivos ayuda en la reducción de la población de la plaga por debajo del nivel de umbral, que conduce a un control efectivo por un período de tiempo más largo.

Una aproximación de la nanotecnología, “nano-encapsulación” se puede utilizar para mejorar el valor del insecticida. En la técnica de nano-encapsulación el ingrediente activo del pesticida de tamaño nanométrico está sellado por un saco de paredes delgadas o capa protectora. El enfoque eficaz en este sentido es que mejoraría en gran medida la eficacia y la disminución del volumen de entrada de los plaguicidas y los riesgos ambientales asociados con la “*liberación del ingrediente activo de forma controlada*”. Por ejemplo “Haloysite” (Clay nanotubes) se han desarrollado como portadores de costes efectivos de los plaguicidas. Esto reducirá, en gran medida, tanto la cantidad requerida de pesticidas como tener tiempo de liberación prolongada y un mejor contacto con las plantas, reduciendo el costo de los plaguicidas hasta en gran medida con el mínimo impacto sobre el medio ambiente⁶⁰.

Otra mejora en este sentido podría ser la disponibilidad de catalizadores nanoestructurados que aumentará la eficiencia de los plaguicidas e insecticidas y también reducir el nivel de dosis requerido para las plantas [12]. Liu et al., ha presentado que poros como nanopartículas de sílice huecas (PHSNs) apiladas con validamicina⁶¹ (plaguicida) que se puede utilizar eficazmente para la liberación controlada de pesticidas. Nano-sílice ya se ha experimentado para controlar las plagas de insectos agrícolas. *Physiosorption* es el modo de acción de los nano-sílice. Se absorbe a través de los lípidos cuticulares de los insectos, por tanto, que conducen a la muerte de los insectos por medios físicos.

Syngenta ha puesto en marcha un amplio espectro de pesticidas nano-encapsulados comercializados bajo el nombre de Karate® ZEON⁶² para el control de plagas de insectos de algodón, soja, arroz y cacahuetes. El ingrediente activo de este producto es un insecticida sintético Lambda cihalotrin (10% p/v (100 g/l)) que se libera en contacto con las hojas. Otra nano-funcional insecticida bajo el nombre de “gutbuster” libera su contenido cuando se expone el insecticida al ambiente alcalino del estómago de los insectos. Es decir, las técnicas de nano y micro encapsulación ofrecen un mecanismo para configurar pesticidas para los cultivos como al mismo tiempo representan un mecanismo de control de la liberación de los pesticidas.

Los que proponen estas aplicaciones argumentan un control más amplio de los pesticidas en los cultivos, a su vez que se reduce el uso y el riesgo de la contaminación química en el ambiente de la agricultura⁶³.

⁶⁰ Sharon M, Choudhary AK, Kuma R. Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. *Journal of Phytology*, (2010); 2(4): 83-92

⁶¹ Validamicina es un antibiótico y fungicida producido por *Streptomyces hygroscopicus*

⁶² Karate Zeon es un insecticida que incorpora la alta potencia insecticida de Karate con la seguridad que proporciona la tecnología Zeon, tecnología de formulación en micro-esferas exclusiva de Syngenta. Es el insecticida piretroide líder del mercado gracias a su alta eficacia en el control de múltiples plagas en una gran variedad de cultivos. Actúa por contacto e ingestión, con un gran efecto de choque y también de repelencia. http://www.syngenta.com/country/es/sp/productos/proteccion_cultivos/insecticidas/Paginas/karate-zeon.aspx

⁶³ Donald Maclurcan, Natalia Radywyl -Nanotechnology and Global Sustainability, 2011



2.2. Nano-herbicidas

Por ejemplo, las malas hierbas son un peligro grande en la agricultura, no hay otra opción que erradicarlas. La nanotecnología tiene el potencial para deshacerse de las malas hierbas mediante el uso de nano-herbicidas de una manera respetuosa con el medio ambiente, sin dejar residuos tóxicos. Menos cantidad de herbicidas se utilizarán si el ingrediente activo se combina con un sistema “inteligente” de entrega.

Tener tamaño en dimensiones nanométricas, mezclado con las partículas del suelo ayuda a prevenir el crecimiento de las especies de malas hierbas que ya se han vuelto resistentes a los herbicidas convencionales. Los herbicidas disponibles en el mercado están diseñados para controlar o matar la maleza en la parte por encima del suelo. Ninguno de los herbicidas inhiben la actividad de la maleza en las partes subterráneas viables como rizomas o tubérculos, que actúan como una fuente de nuevas malas hierbas en la temporada o estación siguiente.

El desarrollo de una molécula de herbicida que encapsula una nanopartícula cuyo objetivo específico está dirigido a las raíces de las malas hierbas, que entra en el sistema de raíces de las malas hierbas y trasladada a las raíces de la maleza que se inhiba (la glicólisis) de las reservas de alimentos en el sistema de raíces, hasta que la maleza específica muere de hambre.

La desintoxicación de residuos de las malezas es necesario, ya que el uso excesivo de herbicidas para un período de veces, deja residuos en el suelo y causa daños a cultivos sucesivos. Así, el uso continuo del herbicida conduce a la evolución de la resistencia de las malezas en contra que el herbicida particular. Se ha reportado que hasta 88% de desintoxicación de un herbicida “Atrazina” por Carboxi Metil Celulosa (CMC) nano partículas se ha realizado⁶⁴.

El control biológico es otra de las estrategias utilizadas para el control de plagas. Los “*enemigos naturales*” son la mejor baza para reducir y controlar a los insectos sin eliminarlos del todo. Se han ensayado muchos agentes biológicos siendo los más efectivos para el biocontrol **las bacterias y los hongos**.

Los métodos comentados anteriormente presentan algunas limitaciones debido a sus efectos medioambientales y a la baja eficacia. De ahí que en los últimos años, unido a su gran desarrollo, la nanotecnología empiece a ser un campo muy prometedor en la **agricultura** que ya está generando muy buenos resultados. Ya existen estudios que confirman que las **nanopartículas metálicas son efectivas contra los patógenos de plantas, insectos y plagas**. De hecho, las nanopartículas se pueden usar como **nuevas formulaciones de pesticidas, insecticidas y de repelentes de insectos mediante técnicas de nanoemulsión o nanoencapsulación**⁶⁵.

Una importante área en auge actualmente es la denominada “**Myconanotecnología**”, donde **los hongos pueden ser aprovechados para la síntesis de los nanomateriales o nanoestructuras con la forma y el tamaño deseado**.

⁶⁴ Satapanajaru T, Anurakpongsatorn P, Pengthamkeerati P, Boparai H. Remediation of atrazine-contaminated soil and water by nano zerovalent iron. *Water, air, and soil pollution*, (2008); 192(1-4): 349-359.

⁶⁵ Rai, M., & Ingle, A., “*Role of nanotechnology in agriculture with special reference to management of insect pests*” (2012) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94 (2), 287-293



Kashyap et al⁶⁶., pertenecientes a la organización National Bureau of Agriculturally Important Microorganisms (NBAIM) en India, publicaron en 2012 el artículo “*Myconanotechnology in agriculture: a perspective*”, donde evidencian el auge de dicha tecnología a partir del gran número de patentes relacionadas a “Myconanotechnology” en la base de datos de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) en los últimos años (Véase Figura 20).

FIGURA 20
Número de patentes relacionadas a “Myconanotecnología” en la base de datos de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) (2001-Septiembre 2011)



Fuente: Kashyap et al.

En su aplicación en la agricultura, se ha usado esta tecnología en la **formulación de nanopartículas para biopesticidas, de manera que se produzca una mejor distribución espacial de los pesticidas en la superficie de las hojas, que proporciona una mejor eficiencia.** Boehm et al.⁶⁷ obtuvieron nanoesferas poliméricas estables con 3,5% de tasa de encapsulación que mostraron una mejora significativa en la biodisponibilidad de un insecticida a las plantas.

2.3. Nano-fertilizantes

Los primeros ensayos con arroz en el Instituto de Investigación y Desarrollo del Arroz en Batalagoda⁶⁸ indicaron que la nano-fertilizante urea puede ahorrar alrededor de un 40%. Esto es importante teniendo en cuenta que durante la fertilización hasta 70% de la urea se pierde en los cultivos debido a la lixiviación y volatilización.

⁶⁶ Kashyap, PL ; Kumar, S ; Srivastava, AK ; Sharma, AK “*Myconanotechnology in agriculture: a perspective*” (2013)World J Microbiol Biotechnol 29:191–207

⁶⁷ Boehm AL, Martinon I, Zerrouk R, Rump E, Fessi H “*Nanoprecipitation technique for the encapsulation of agrochemical active ingredients*”. (2003)J Microencapsul 20:433–441

⁶⁸ SLINTEC and Dept. of Agriculture to conduct nano-fertilizer field trials, <http://slintec.lk/nano-news/news/slintec-and-dept-of-agriculture-to-conduct-nano-fertilizer-field-trials/13/08/2014>



Sistemas nano-fertilizantes de liberación lenta de potasio SLINTEC⁶⁹ también han demostrado una gran promesa: el ahorro de hasta un 50% de K. Considerando que el Gobierno gasta más de Rs. 30 mil millones en el subsidio a los fertilizantes, incluso un ahorro del 10% puede acumular grandes beneficios para el sector agrícola del país.

La colaboración DOA / SLINTEC hará extensas pruebas de campo en arroz, papa, cebolla, frutas y flores. SLINTEC espera comercializar sus productos fertilizantes a través de una asociación con Hayleys Agro, que es uno de sus socios de capital.

Los fertilizantes de liberación lenta y controlada se cree que tienen el potencial para hacer frente a la mayor parte de los retos de fertilización, aunque ninguno de los sistemas disponibles han mostrado una promesa más grande hasta ahora en una escala global. Las estrategias basadas en la nanotecnología emergente indican que, debido a su tamaño nanoescala (1-100 nm) y área de superficie alta a volumen (en comparación con los sistemas convencionales de fertilizantes de tamaño de macro), nano-fertilizantes impactarían profundamente la energía, economía y medio ambiente reduciendo la pérdida de nutrientes debido a la lixiviación, las emisiones, y la incorporación a largo plazo de los microorganismos del suelo.

Los nutrientes encapsulados en nanopartículas pueden aumentar la eficiencia de absorción mediante la activación de la liberación de acuerdo a las condiciones ambientales y la demanda de la planta. Además, los fertilizantes de liberación lenta y controlada también puede mejorar el suelo al disminuir los efectos adversos asociados a la aplicación excesiva de fertilizantes, lo que lleva a tecnologías agrícolas eco-amigables.

2.4. Reguladores del crecimiento

Existen numerosos informes que revelan el uso de nanopartículas en el mejoramiento de cultivos. Nanopartículas basados principalmente diseñados metal-óxidos de carbono y han sido objeto de estudios. Por ejemplo, Khodakovskaya (2009) ha reportado como el efecto de los nanotubos de carbono penetrado (CNT) en semillas de tomate aumentó varias veces su eficiencia de germinación. La capacidad de absorción de agua de los nanotubos de carbono mejora la germinación de las semillas de manera espectacular⁷⁰.

Se han encontrado nano-partículas de TiO_2 para acelerar el crecimiento de espinacas al mejorar la actividad de Rubisco y absorción de luz. Las nano-partículas de TiO_2 mejoran el crecimiento de espinacas al mejorar el metabolismo del nitrógeno. DeRosa et al, informó que ZnO nanopartículas mostraron inhibición de la germinación de las semillas de maíz y *rye grass*. Pero estos dominios porosos dejaron en raíces de las plantas, por lo tanto, dejando que un sistema de entrega de nutrientes potencial para ser explorado [32]. Silicon NPs son absorbidos por las plantas y conducen a incrementar la resistencia a las enfermedades y el estrés hídrico. Un producto de Syngenta bajo la marca Primo MAXX® está siendo utilizado como regulador del crecimiento vegetal, ya que permite césped para resistir contra la sequía, el calor y el estrés de la enfermedad.

⁶⁹ Sri Lanka Institute of Nanotechnology (SLINTEC) specializes in Nanotechnology research & development to make innovative products and add value to natural resources

⁷⁰ Khodakovskaya M, Dervishi E, Mahmood M, Xu Y, Li Z, et al. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *Acs Nano*, (2009); 3(10): 3221-3227.



Entre las ventajas que reporta el producto en su página web señalan: Corte menos frecuente, ahorro en costes de mantenimiento de maquinaria y combustible, superficies con mejores cualidades para el juego, más mano de obra disponible para otras tareas y mejor sistema radicular, tolerancia a la sequía y utilización de agua.

Son múltiples las aplicaciones que presenta la nanotecnología y, de manera resumida, en el seminario “*Agricultura y cambio climático: nuevas tecnologías en la mitigación y adaptación de la agricultura al cambio climático*” (2012) se presentaron las nuevas tendencias en el área de la nanotecnología aplicada a la agricultura donde destaca:

- **Diagnóstico precoz y en el tratamiento de enfermedades**, tanto de plantas como de animales, a través de **nanosensores y nanocápsulas**.
- **Manejo más eficiente de fertilizantes y agroquímicos**, a través de una “liberación inteligente” de compuestos y aumentando la durabilidad y seguridad de las aplicaciones de pesticidas con el uso de nanoencapsulados.
- **Desalinización, purificación y descontaminación del agua a través de la nanofiltración**.

Sin embargo, la nanotecnología está expuesta al mismo tipo de controversias que suscitan la modificación genética y más aún, considerando que no se han desarrollado protocolos de nano-seguridad o nano-riesgo equivalentes a los que se han desarrollado en el ámbito de la biotecnología. Por ejemplo, se conoce poco sobre los riesgos derivados para la salud o el ambiente de la exposición a nanopartículas sintéticas y sobre la dinámica de estas partículas en el ambiente.

En el sector de la agricultura, la nanotecnología tiene un potencial fenomenal para facilitar y enmarcar la siguiente etapa de las técnicas de agricultura de precisión. Se aumentará el potencial agrícola para cosechar mayores rendimientos en forma eco-amigable, incluso en entorno difícil. A nivel mundial, muchos países han reconocido el potencial de la nanotecnología en el sector agroalimentario y están invirtiendo una cantidad significativa en él.

La adopción de la nanotecnología podría jugar un papel crucial / inigualable para alimentar a la creciente población con disminución de los recursos naturales. Pero al mismo tiempo hay que ser cautelosos acerca de la aceptación pública de esta nueva tecnología. Cualquiera que sea el impacto de la nanotecnología en la industria de alimentos y productos que entran en el mercado, la seguridad alimentaria seguirá siendo la principal preocupación. Se necesita de horas para informar al público en general acerca de sus posibles ventajas en cada paso que dará lugar a un aumento del interés público y su aceptación. También es fundamental el formar y entrenar una fuerza laboral en la nanotecnología. Se requieren amplios estudios para comprender el mecanismo de la toxicidad de nano-materiales y sus impactos sobre el medio ambiente natural. Si superamos estas consideraciones, el futuro es brillante y beneficiosa es en la puerta de las naciones desarrolladas.



3. Biotecnología

La biotecnología es uno de los pilares de la revolución agrícola y alimentaria, y sus aplicaciones en la agricultura y en la industria de los alimentos son cada vez más amplias. La biotecnología ha intensificado su contribución en estas áreas a partir de los notables avances en genética molecular, ingeniería genética y bioinformática ocurridos en las tres últimas décadas.

En la sección 4 hemos comentado los avances en los cultivos transgénicos y son ampliamente utilizados, en países desarrollados y en vías de desarrollo. Como en el futuro, la producción cada vez más se verá afectada por la competencia por los recursos naturales, especialmente la tierra y el agua, la competencia entre los alimentos y los piensos y por la necesidad de operar en una economía limitada por el carbono. Los avances en la cría, la nutrición y la salud de los animales seguirán contribuyendo al aumento de la producción potencial y la eficiencia⁷¹.

Los recursos genéticos animales para la alimentación y la agricultura ofrecen opciones cruciales para el desarrollo sostenible de la producción ganadera. La erosión de estos recursos a nivel mundial, y en particular en muchos países en desarrollo, se ha acelerado en los últimos años como consecuencia de los rápidos cambios que afectan a los sistemas de producción de ganado (intensificación e industrialización) para que puedan responder a la creciente demanda mundial de productos de origen animal. Los brotes de enfermedades, otros desastres y emergencias (conflictos armados, sequías, etc.) y la degradación de las tierras de pastoreo son también amenazas.

Según un estudio realizado por la FAO⁷², en los países en desarrollo **la preservación de los recursos genéticos de animales de granja será fundamental para ayudar a la ganadería a adaptarse al cambio climático y los cambios que pueden ocurrir en estos sistemas, tales como los cambios en la prevalencia de determinadas enfermedades y su gravedad.** Los marcos institucionales y políticos que fomenten el uso sostenible de las razas tradicionales y la conservación *in situ* deben ser potenciados, y se necesita más conocimiento de la correspondencia entre las poblaciones de ganado, razas y genes con el paisaje físico, biológico y económico.

⁷¹ Phil. Trans. “Livestock production: recent trends, future prospects” (2013) The Royal Society B 365 (1554) 2853-2867

⁷² FAO. 2007 “Global plan of action for animal genetic resources and the Interlaken Declaration. Int. technical conf. on animal genetic resources for food and agriculture, Interlaken”, Switzerland, 3–7 September 2007, Rome, Italy.



DISCLAIMER





Se desea indicar que la clasificación internacional de las patentes se realiza en base a criterios objetivos. No obstante, la interpretación de documentos siempre implica un cierto grado de subjetividad, y el hecho de que la clasificación la realicen distintos Examinadores, procedentes de diferentes sectores técnicos y países de origen (y, por tanto, diferentes idiomas), deja un cierto margen a la subjetividad e interpretación de algunos conceptos. Por ello, siempre se debe tener en cuenta que hay que aceptar cierto margen de error.

Durante las investigaciones sólo se pueden detectar aquellos expedientes (sea patentes o modelos de utilidad) que ya han sido publicados. En España (como en la mayoría de los países), las solicitudes de modelos de utilidad no se publican hasta un mínimo de 6 meses desde la fecha de solicitud, y las patentes hasta un mínimo de 18 meses desde la fecha de solicitud. Por ello, las solicitudes de modelo de utilidad presentadas en los últimos 6 meses y las de patente de los últimos 18 meses no son “detectables” durante las investigaciones. En algunos países, las solicitudes de patente no se publican hasta que no se conceden, por lo que en tales casos, el periodo durante el cual no son detectables es de 2-3 años o incluso más. En otros países, como Italia (y algunos países de América Latina), existe un retraso enorme en la Oficina de Patentes, y las solicitudes de patente pueden tardar varios años en publicarse. De cualquier forma, se debe señalar que es conveniente tener en cuenta que las solicitudes de patente no se publican, en la mayoría de los casos, hasta pasados 18 meses desde la fecha de solicitud o de la fecha de prioridad (si se reivindica).

informe de vigilancia tecnológica

tendencias en el sector agrícola



EOI MADRID

Avda. Gregorio del Amo, 6
Ciudad Universitaria
28040 Madrid
informacion@eoi.es

EOI ANDALUCÍA

Leonardo da Vinci, 12
Isla de la Cartuja
41092 Sevilla
infoandalucia@eoi.es

EOI MEDITERRÁNEO

Presidente Lázaro Cárdenas del Río,
esquina C/Cauce
Polígono Carrus
03206 Elche (Alicante)
Tel: (+34) 96 665 81 55

con la cofinanciación de



"Una manera de hacer Europa"

