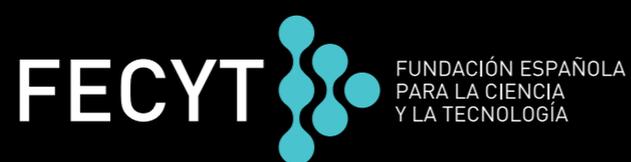




IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS SECTORES AGRÍCOLA Y GANADERO 2025

Informe de Prospectiva Tecnológica



Autores:

Olga Ruiz Galán (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT)

Juan Pedro Rodríguez (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT)

Coordinador:

Carlos Rodríguez Méndez (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT)

Edita: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT, 2013

Diseño y maquetación: Editorial MIC.

NIPO: 720-13-025-3

Panel de expertos:

Antonio Granell, Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas

Matilde Moro, Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne

José Ángel M. Escribano, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Luis Ortega, Universidad Complutense de Madrid

Paloma Melgarejo, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Pedro Rubio, Universidad de León

Francesc Piferrer, Instituto de Ciencias del Mar

Alfonso Gutiérrez, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Esteban Alcalde, Syngenta

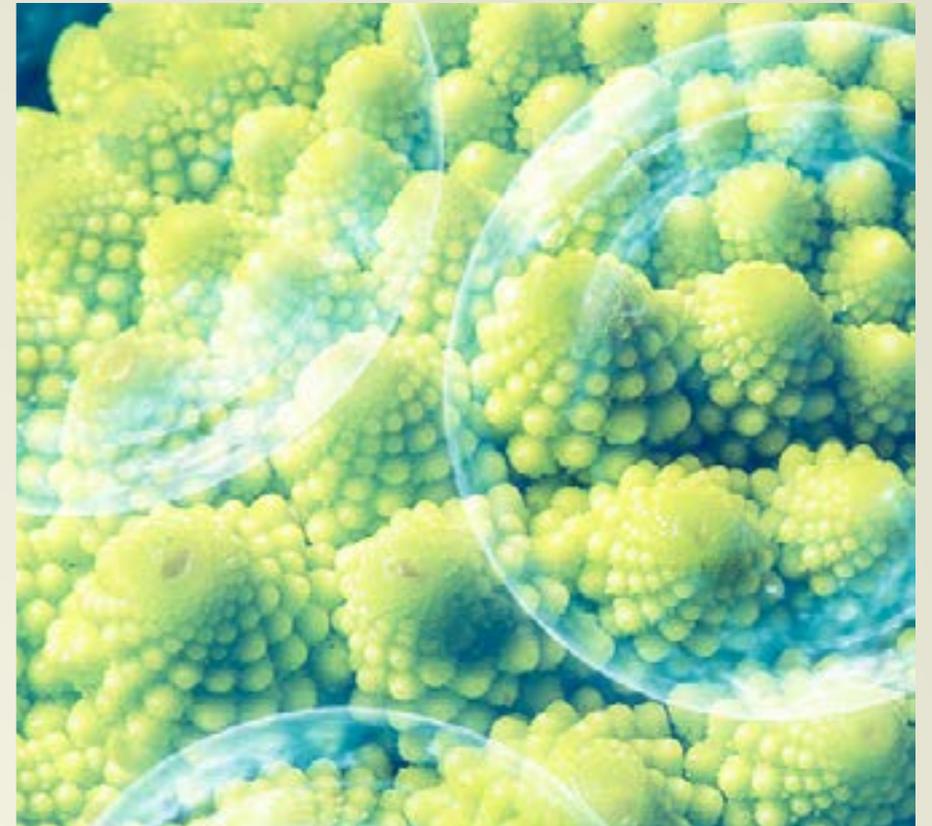
Javier Paz Ares, Centro Nacional de Biotecnología

Juan Colomina, COEXPHAL

Javier Lopez, Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
METODOLOGÍA	5
ENTORNO SOCIOECONÓMICO	7
ENTORNO TECNOLÓGICO.....	11
RESULTADOS DE LA ENCUESTA	15
SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS CRÍTICAS.....	24
FICHAS TECNOLÓGICAS.....	28
CONCLUSIONES	41
ANEXOS	45





1.

INTRODUCCIÓN

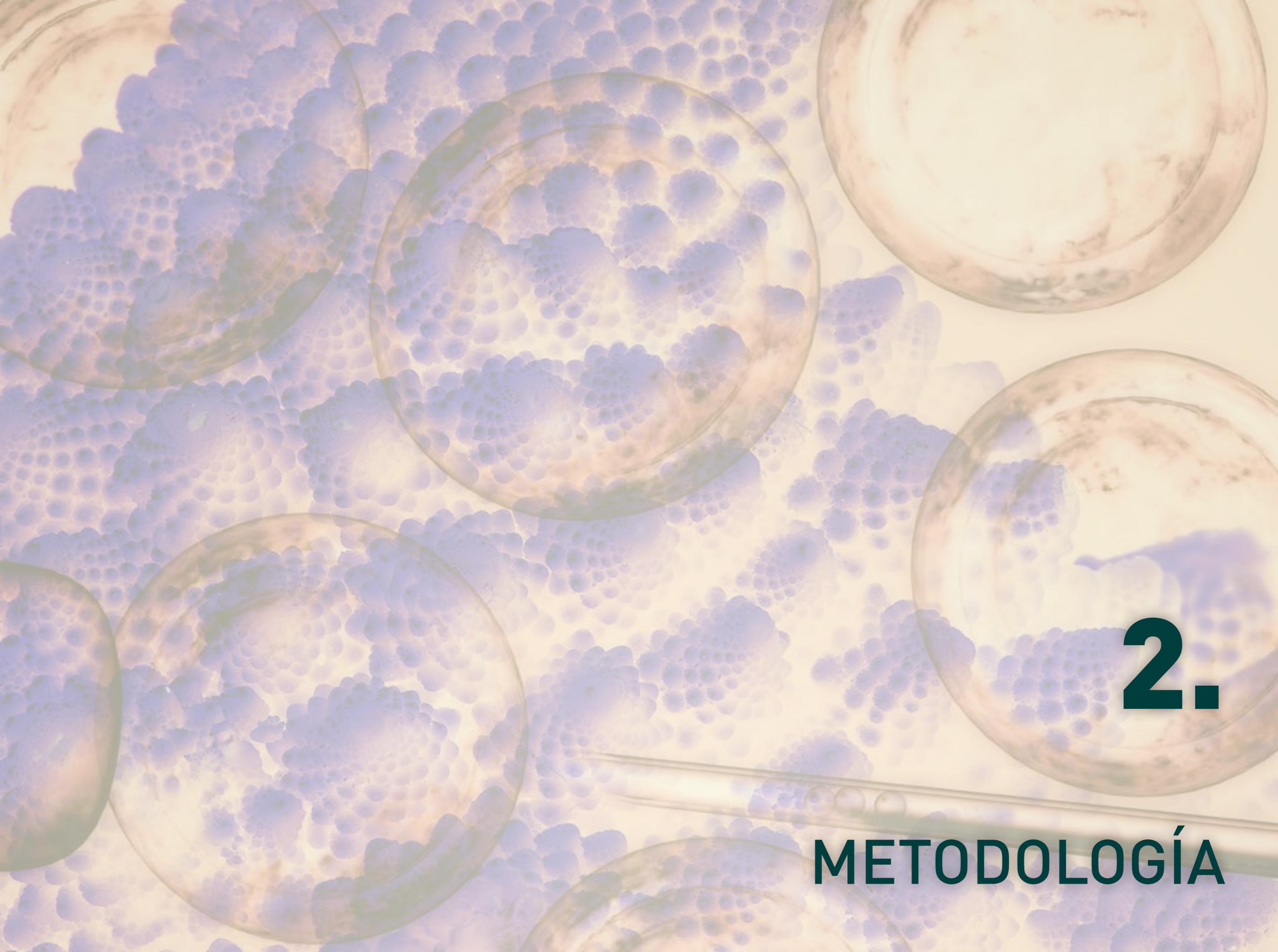
1. Introducción

La prospectiva tecnológica es un proceso de colaboración mutua entre científicos, ingenieros, industriales, y personal de las administraciones, para identificar tecnologías emergentes y determinar áreas estratégicas de investigación y desarrollo. El impulso de estas áreas estratégicas generará previsiblemente importantes beneficios económicos y sociales.

El presente estudio, que representa una continuación del elaborado por la extinta Fundación Genoma España junto con la Fundación Observatorio Tecnológico Industrial (OPTI) en 2004, pretende identificar y valorar las tendencias de investigación y los desarrollos tecnológicos en agrobiotecnología, con el fin de conocer el futuro del sector y, en la medida de lo posible, establecer medidas que incidan en su óptimo desarrollo. A continuación se indican los principales objetivos:

- Hacer visibles aquellas tendencias biotecnológicas que se desarrollarán en los próximos años y que transformarán en cierta medida la prestación de servicios y la disponibilidad de bienes y productos en los sectores agrícola y ganadero.

- Establecer una visión estratégica de futuro sobre las posibilidades de desarrollo de la biotecnología aplicada a los sectores agrícola y ganadero.
- Identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que presenta la biotecnología en los sectores agrícola y ganadero.
- Identificar medidas y actuaciones cuya implementación por agentes públicos y privados permita obtener el máximo rendimiento posible de las oportunidades existentes.
- Servir de ayuda en la planificación de los grupos de investigación y las empresas de los sectores implicados, permitiendo establecer vías de actuación basadas en la disposición de información sobre las tecnologías emergentes y las áreas científicas relevantes.
- Servir como herramienta de consulta para la toma de decisiones relacionadas con las políticas de I+D+I por parte de la administración y las empresas.

The background of the slide features a top-down view of several petri dishes containing bacterial cultures. The colonies are arranged in a grid-like pattern, with some showing distinct circular growth patterns. A pipette tip is visible in the lower right quadrant, positioned over one of the dishes. The overall color palette is a mix of light yellow, green, and blue, creating a scientific and clinical atmosphere.

2.

METODOLOGÍA

2. Metodología

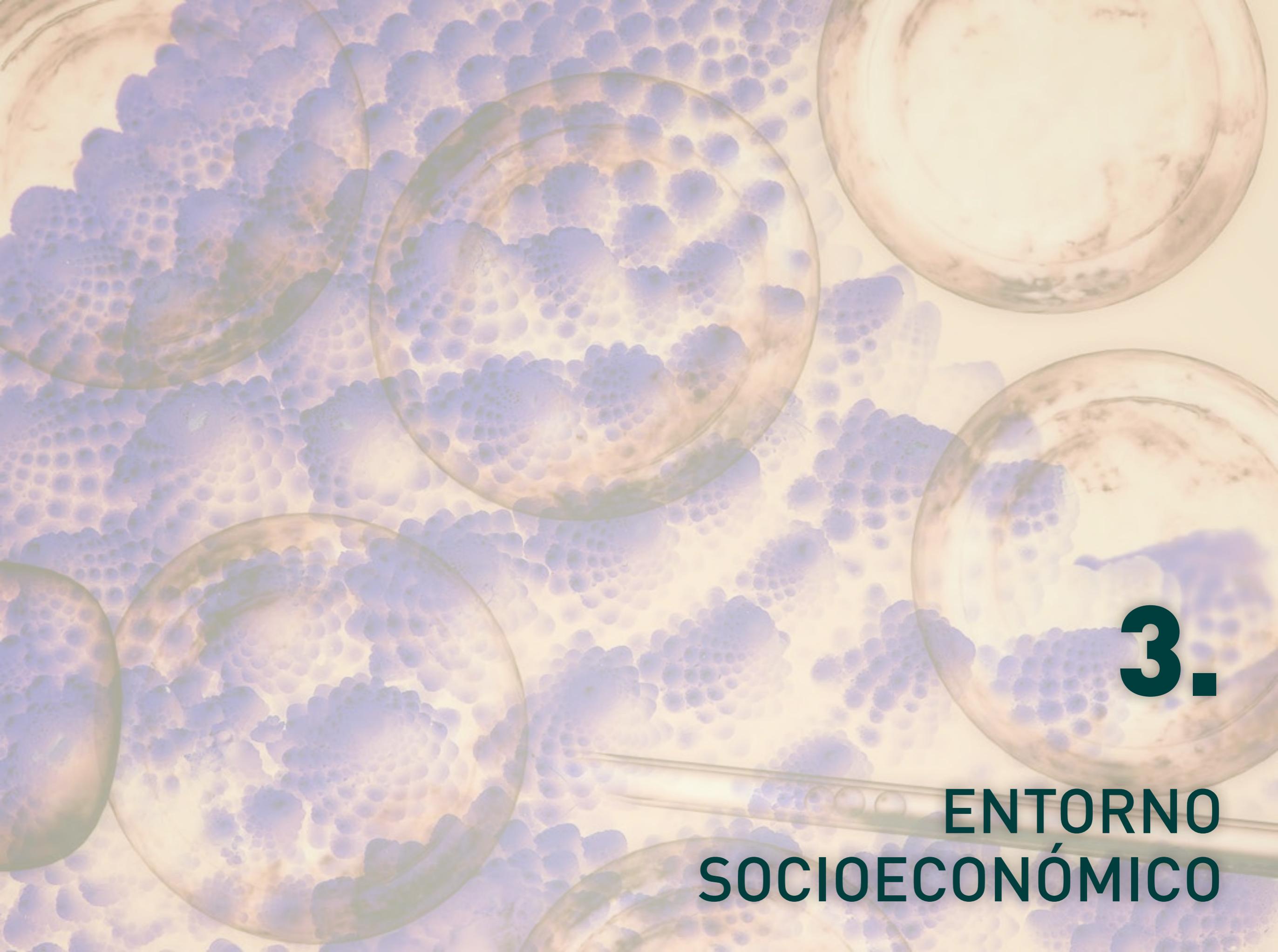
SÍNTESIS DOCUMENTAL. Como información de partida se han analizado informes del sector y publicaciones recientes para identificar tendencias socioeconómicas y tecnológicas, así como un listado de tecnologías críticas (Anexo I).

PANEL DE EXPERTOS. Se encuentra formado por profesionales de reconocido prestigio en relación con el campo de la biotecnología aplicada a los sectores agrícola y ganadero, procedentes de centros de investigación, universidades y empresas y se reúne dos veces a lo largo del ejercicio. El panel tiene como misión comprobar, validar y, en su caso, ampliar la información que se genere en forma de documentos de trabajo. En concreto, las principales actividades son la selección de tendencias y tecnologías (primera reunión del Panel) y la validación del análisis estadístico y la elaboración de conclusiones y recomendaciones (segunda reunión del Panel).

ENCUESTA. Se trata de valorar mediante un cuestionario el grado de importancia, posición competitiva y demanda de mercado de las tecnologías seleccionadas por el Panel de Expertos, así como seleccionar aquellos factores en los que España posee una posición competitiva y estimar la fecha de implementación de cada tecnología. Se envía a investigadores y expertos, tanto del sector público como privado.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ENCUESTA. Se realiza una síntesis de los resultados de la encuesta, análisis de medias y modas, y extracción de conclusiones sobre los cuestionarios respondidos.

REDACCIÓN DEL INFORME FINAL. Atendiendo a la síntesis documental, el análisis estadístico y la opinión de los expertos, se realiza un informe final dirigido tanto a administraciones como a empresas, que incluye fichas tecnológicas descriptivas de las tecnologías críticas seleccionadas.

The background of the slide features a close-up, top-down view of several petri dishes. Each dish contains a dense, circular culture of small, purple, spherical bacterial colonies. The colonies are arranged in a somewhat regular, grid-like pattern. The lighting is soft and even, highlighting the texture of the bacterial growth. In the lower right quadrant, the tip of a glass pipette is visible, pointing towards the bottom right corner of the frame. The overall color palette is dominated by the purple of the colonies and the light beige of the petri dishes.

3.

**ENTORNO
SOCIOECONÓMICO**

3. Entorno socioeconómico

A la hora de diseñar el futuro de los sectores productivos de cualquier economía es imprescindible conocer el marco social y económico actual, así como las principales tendencias socioeconómicas, lo que permitirá conocer los retos a los que habrá que enfrentarse y superar. En el caso de los sectores agrícola y ganadero, los aspectos demográficos, de demanda de materias primas, principalmente para alimentación humana y animal, las preferencias de consumo, y los aspectos medioambientales y legales, así como los aspectos relacionados con la globalización de la economía, serán los que determinen los retos a superar en las próximas décadas.

Si se parte del hecho de que los principales objetivos de la agricultura y la ganadería son proporcionar alimentos suficientes y de calidad para la población, no cabe duda que el **incremento de la población mundial** es uno de los principales aspectos a tener en cuenta para conocer en qué sentido deben moverse la agricultura y la ganadería en los próximos años. Según los datos proporcionados por la ONU, el 31 de octubre de 2011 la población mundial alcanzó la cifra de 7.000 millones de habitantes. Las estimaciones dicen que para el año 2050 esta cifra llegará a 9.000 millones, y se necesitará aumentar en un 70% la producción para poder alimentar a esta población.

Aunque existen regiones y países donde persisten hambrunas y crisis alimentarias debido a un bajo crecimiento de la productividad, puede decirse de manera general que, hasta el momento, los sectores agrícola y ganadero han sido capaces de proveer alimentos para la población creciente, mediante un aumento de la productividad por encima de la tasa de crecimiento de la población, debido en

parte a la mejora sustancial de los rendimientos de los cultivos y la productividad de la ganadería.

Sin embargo, aumentar la producción al ritmo que se requerirá para los próximos años concierne varios problemas. Por una parte los **recursos son limitados**, principalmente en lo que se refiere a tierras de cultivo y agua para riego. Según la Plataforma de Agricultura Sostenible el 55% de la tierra habitable se utiliza en agricultura. En lo que se refiere al agua, se estima que un 70% del agua dulce se destina a la agricultura, llegando hasta el 82% en los países en desarrollo. Además, los pronósticos apuntan a que debido al **cambio climático** las sequías, inundaciones y variaciones térmicas que provocan grandes pérdidas en la agricultura serán cada vez más frecuentes y severas. Finalmente, las técnicas de cultivo actuales conducen a una sobreexplotación de los terrenos cultivables, disminuyendo aún más su disponibilidad.

Por otra parte, la **sostenibilidad** es un requisito recogido en todas las agendas políticas de los principales países, así como de la propia Unión Europea. Aunque existen muchas definiciones para sostenibilidad y desarrollo sostenible, todas recogen el deber de responder a las necesidades del presente, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de responder a las suyas, es decir, que el crecimiento actual no ponga en riesgo las posibilidades de crecimiento de las próximas generaciones. Más en concreto, la sostenibilidad incluye el respeto por el medio ambiente, mediante la reducción de las emisiones de CO₂ y la conservación de los recursos naturales, ayudando a los agricultores y ganaderos a continuar siendo competitivos, conservando el medio rural para las generaciones venideras y haciendo frente a los requerimientos de alimentos, piensos y materias primas para la sociedad.

Es decir, el reto para los próximos años es producir más con menos recursos, haciendo compatible la creciente demanda con la preservación de los recursos naturales para las generaciones venideras. Hay que tener en cuenta que la población activa agraria asciende a más de un millón de personas, por lo que sin una agricultura sostenible, social y económicamente, no se puede conseguir el mantenimiento del medio y de la población rural, con el consiguiente impacto en la sostenibilidad medioambiental.

En el caso de la ganadería, a las dificultades para aumentar la producción se unen dificultades de tipo sanitario, que pueden tener efectos económicos y sobre la salud humana muy importantes.

En el campo de la sanidad animal, existe una necesidad urgente de desarrollo de nuevos productos vacunales y tratamientos para las principales enfermedades infecciosas y parasitarias de animales domésticos. Además, el diagnóstico precoz, que permita detectar animales enfermos en fases tempranas, permitiría un mejor control de las enfermedades, ya que, en ocasiones, la aparición de una enfermedad concreta en una zona determinada supone no solo el sacrificio de los animales enfermos, sino que puede conducir a la paralización de las exportaciones, con las enormes pérdidas económicas que esto supone.

Pero no solo es necesario proveer alimentos en cantidad suficiente. También es fundamental que estos alimentos sean **seguros y nutritivos**. Las crisis alimentarias producidas en los últimos años han puesto de manifiesto que es necesario obligar y vigilar que las prácticas agrícolas y ganaderas cumplan con unos requisitos legales estrictos, garantizando la seguridad desde la granja a la mesa. En la memoria colectiva se encuentran las crisis debidas a la encefalopatía espongiforme bovina o la contaminación por dioxinas, responsables de grandes pérdidas para los sectores afectados.

Por otra parte, los consumidores de los países desarrollados y las economías emergentes están cada vez más informados y más concienciados por su salud, variando sus hábitos de consumo. Se ha producido un aumento en la demanda de alimentos más saludables o incluso que permitan tratar o prevenir la aparición

de ciertas enfermedades. Es el caso de los alimentos ricos en determinados compuestos bioactivos, o que no contengan determinados compuestos responsables de la aparición de alergias o intolerancias.

La tecnología tiene un papel fundamental en la superación de estos retos. La agricultura de precisión, la mejora de los insumos, las mejoras en el manejo de animales y mejoras en la maquinaria y técnicas de cultivo, ayudarán a aumentar esta producción y contribuirán, sin duda, a mejorar la sostenibilidad y reducir el impacto de las actividades agrícolas y ganaderas sobre el medio ambiente.

Unidas a estas mejoras, la biotecnología podrá jugar un papel esencial. La mejora de las cosechas mediante el desarrollo de variedades más productivas resistentes a plagas y enfermedades, adaptadas a condiciones adversas como sequía, salinidad o temperaturas más extremas, o cultivos que requieran menor cantidad de insumos, permitirán aumentar los rendimientos y disminuir el impacto sobre el medio ambiente.

En la ganadería y acuicultura, el diagnóstico temprano de enfermedades, el uso de vacunas y fármacos que permitan tratar las enfermedades más comunes y de piensos más nutritivos y con un menor coste, la selección de características de interés, tanto de resistencias a enfermedades como mejoras en la producción y calidad de la carne y la leche, por ejemplo, permitirán aumentar tanto la calidad como la producción. En acuicultura, además, podrían cultivarse especies hasta ahora no cultivadas, reduciendo la presión pesquera y haciendo frente al aumento en la demanda de productos de pesca.

Finalmente, tratándose de un informe sobre el impacto de la biotecnología en los sectores agrícola y ganadero es imprescindible hacer mención a la **percepción de los consumidores** de los organismos modificados genéticamente y de la **legislación** en esta materia.

Como se ha comentado previamente, la confianza de los consumidores en la inocuidad de los alimentos ha ido disminuyendo en los últimos años debido a las distintas

crisis alimentarias que han ido sucediendo y que han dado lugar a una sensibilización en materia de seguridad alimentaria. Si bien estas crisis no han tenido relación con los organismos modificados genéticamente ni con el uso de la biotecnología, existe una enorme desconfianza hacia esta tecnología, principalmente en Europa.

La percepción social de los organismos modificados genéticamente (OMG) en Europa es muy diferente en función de cuál sea su uso. En el caso de los OMG para la producción de alimentos existe una percepción negativa y un cierto rechazo que no existe en el caso de los biofármacos, para los cuales los consumidores se posicionan a favor por sus beneficios sobre la salud. Sin embargo, los consumidores no perciben un beneficio directo en las plantas modificadas genéticamente, al contrario, en muchos casos consideran que estas modificaciones podrían tener efectos negativos sobre el medio ambiente o sobre la salud, por hipotéticas reacciones adversas por su consumo o alergias, y creen que únicamente benefician a las compañías propietarias de las semillas. Es previsible que aquellas modificaciones que permitan mejorar las propiedades nutritivas o el enriquecimiento en compuestos bioactivos tengan una mejor aceptación por parte de la opinión pública.

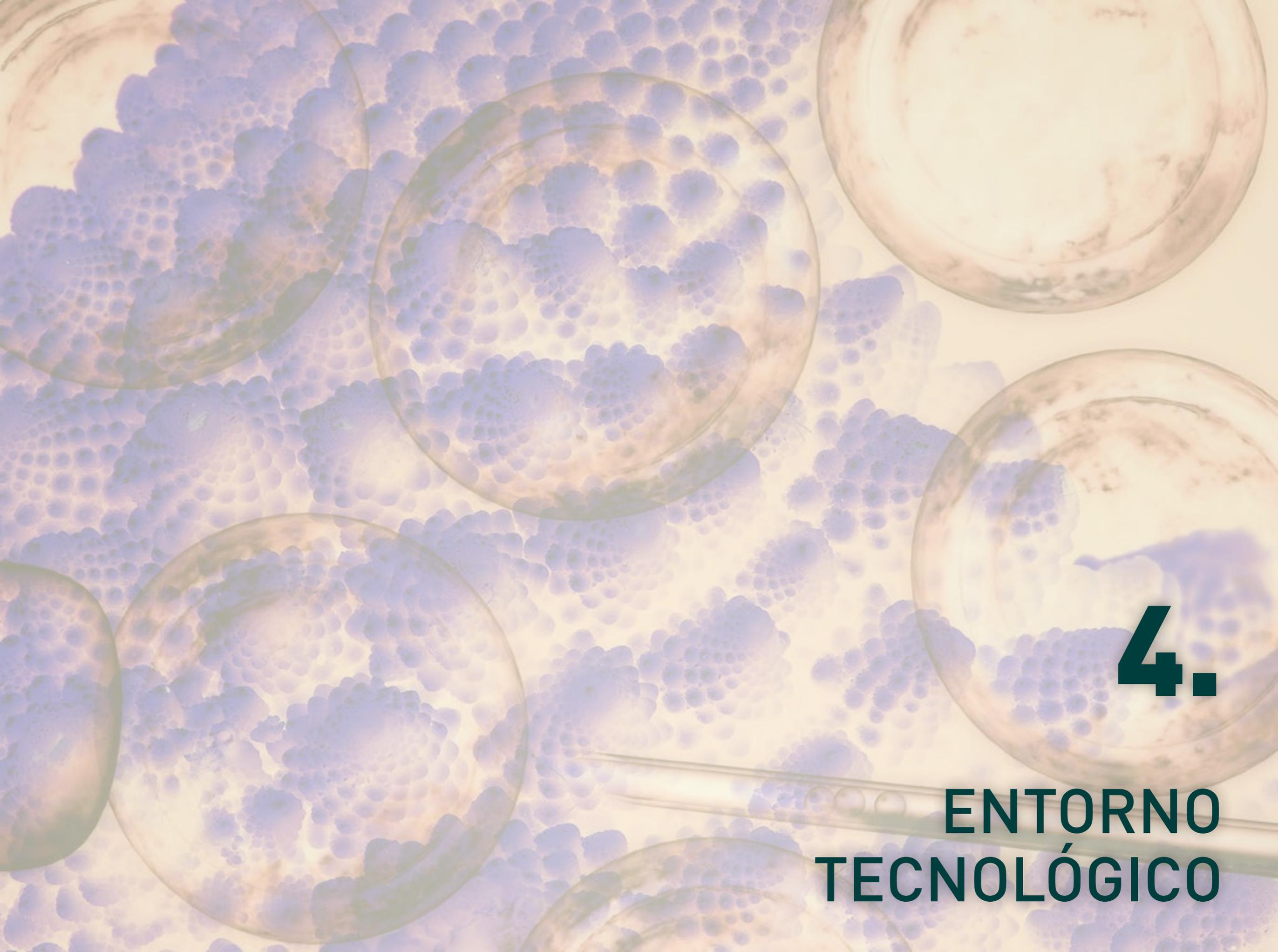
Sin embargo, los beneficios económicos y desde el punto de vista de la sostenibilidad del cultivo de transgénicos son evidentes. En el caso del maíz resistente al taladro, la adopción de este cultivo implica incrementar la producción de una forma más sostenible ya que se reducen los consumos de recursos por unidad de producción en términos de agua, suelo y energía, lo que supone grandes ventajas para los agricultores, estimándose los beneficios económicos anuales por el cultivo de este maíz en 195 € por hectárea. Las últimas cifras proporcionadas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente indican que en 2012 el cultivo de maíz resistente al taladro comprendió un total de 116.306 hectáreas, que suponen el 30% del total de maíz de grano sembrado, aumentando un 20% respecto a 2011.

En cuanto a la **legislación**, en la Unión Europea existe una estricta normativa en materia de OMG, de modo que el cultivo o importación de OMG está controlado y solo es posible cultivar o importar aquellas variedades que están expresamente autorizadas. Además, es obligatorio etiquetar los productos alimentarios producidos a partir de

OMG. La autorización de OMG en la Unión Europea requiere de una evaluación de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA en sus siglas en inglés), quien realiza un exhaustivo análisis científico de seguridad, tanto de los riesgos para la salud como para el medio ambiente. Si este análisis es positivo, es decir, la EFSA considera que la seguridad de estos productos es equivalente a la de sus homónimos convencionales, el expediente pasa a la Comisión Europea quién decide sobre su aprobación, en un plazo máximo de tres meses y dos meses más en caso de apelación. Sin embargo, existen en este momento expedientes de productos declarados seguros por la EFSA que no han sido votados después de cumplido este plazo. Este retraso supone grandes pérdidas para las empresas desarrolladoras de estas variedades, pero también para los agricultores europeos que no pueden cultivarlas y los ganaderos que deben importar estos granos para la alimentación animal, con el sobre coste que esto supone.

Se da la paradoja además, de que en la Unión Europea solo está autorizado el cultivo de dos transgénicos, pero está autorizada la importación y venta para alimentos y piensos de diversos OMG, incluyendo soja, maíz, algodón, colza y remolacha. Este hecho supone una pérdida evidente de competitividad de los agricultores europeos, que ven cómo es posible importar variedades OMG que ellos no pueden cultivar. La asociación de Agricultores Probiotecnología (asociacionprobio.wordpress.com) estima que el cultivo de variedades modificadas genéticamente aprobadas en los países competidores, supondría un ingreso adicional de entre 443 y 929 millones de euros al año para los agricultores europeos.

En el caso de las aplicaciones de la biotecnología en la ganadería, la puesta en el mercado de productos de sanidad animal, tanto para el diagnóstico, como para la prevención o tratamiento de las enfermedades, es compleja y costosa, ya que requiere la realización de gran cantidad de ensayos antes de ser autorizados. En España no existen apenas empresas que realicen I+D en salud animal, de modo que, a pesar de que existen grupos de investigación con capacidades, la investigación que realizan difícilmente alcanza el mercado. Conseguir que esta investigación fuese aprovechada y llegase al mercado no solo cubriría una necesidad de los ganaderos, sino que mejoraría la competitividad de nuestro país, favoreciendo la exportación de tecnología.



4.

**ENTORNO
TECNOLÓGICO**

4. Entorno tecnológico

El papel de la tecnología y la I+D para resolver con éxito los retos socioeconómicos relacionados con la alimentación para los próximos años es clara. Sin embargo, la situación del área de investigación e innovación en las empresas del sector agrario español es muy débil, por lo que debe ser prioritario el respaldo desde el sector público, considerando la importancia estratégica del sector agroalimentario para la sociedad.

La biotecnología, como se ha comentado, puede tener un papel fundamental en la superación de muchos de los retos que se plantean para el horizonte 2025, principalmente en el aumento de los rendimientos y producción tanto en el sector agrícola como en el ganadero y acuícola, disminución de los insumos, lucha contra las enfermedades y plagas, y la disminución de los efectos de estas actividades sobre el medio ambiente.

A continuación se indican las principales tecnologías de las que se dispone para alcanzar los objetivos planteados, organizadas por tendencias tecnológicas:

4.1 TENDENCIA TECNOLÓGICA I: EXPLORACIÓN DE LA VARIABILIDAD NATURAL MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS.

Las tecnologías **ómicas** son tecnologías de aplicación horizontal que permiten explorar la variabilidad natural desde distintas aproximaciones y conocer el funcionamiento de los seres vivos desde sus diferentes niveles (fisiológico, tisular, celular y molecular) y pueden aplicarse en distintos campos, desde la salud hasta la agricultura o los sectores industrial o energético.

El desarrollo de estas tecnologías se ha realizado principalmente en el sector de la salud humana y los enormes avances ocurridos en los últimos años, junto con su abaratamiento, han hecho posible su traslado casi inmediato a estos sectores. De hecho, muchas de las tecnologías aplicadas a la salud humana, como son la exploración de la variabilidad

u otras aplicaciones como el descubrimiento de fármacos, pueden trasladarse directamente a los sectores agrícola y ganadero.

Sin embargo, también es posible que aplicaciones de la biotecnología en el sector agrícola o ganadero puedan ser trasladadas a otros sectores, incluido el de la salud, pero también el industrial.

A continuación se incluyen las tecnologías comprendidas en esta tendencia tecnológica:

TECNOLOGÍAS ENCUESTADAS PERTENECIENTES A LA TENDENCIA TECNOLÓGICA I: EXPLORACIÓN DE LA VARIABILIDAD NATURAL MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS.

T1.	Tecnologías de alto rendimiento para la secuenciación de genomas completos de manera rápida y económica.
T2.	Análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos.
T3.	Genotipado masivo embrionario e integración en esquemas de selección.
T4.	Tecnologías de RNAseq para el análisis de la expresión génica.
T5.	Tecnologías de análisis masivo del proteoma y de las interacciones proteína-proteína que permitan un análisis más sencillo y reproducible.
T6.	Automatización de la metabolómica.
T7.	Tecnologías de alto rendimiento que permiten analizar el epigenoma y cambios epigenómicos, interacción genotipo y ambiente, variación genética no aditiva, e información genómica de nuevos elementos de variación del ADN (variaciones en el número de copias, SNPs de baja frecuencia, retrotransposones, etc).
T8.	Desarrollo de plataformas automáticas de fenotipado (<i>"phenomics"</i>).
T9.	Genómica química.
T10.	Análisis de la funcionalidad génica en microorganismos. Tecnologías que permitan explorar las relaciones planta-suelo-microorganismos.

4.2 TENDENCIA II. ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO Y COMPUTACIONAL

Actualmente la disminución de costes en secuenciación va paralela al incremento de necesidades de almacenamiento y análisis de los datos, por lo que resulta probable en un futuro próximo que la secuenciación resulte más económica que los costes asociados al mero almacenaje de la información producida. La cantidad de información que deberá manejarse una vez que concluyan los distintos proyectos que se encuentran en marcha para explorar distintas especies, desde distintas aproximaciones, hará que la información que se genere sea de tal magnitud que haga casi imposible su manejo.

Así, es necesario el desarrollo de herramientas o algoritmos que permitan el almacenamiento, integración y tratamiento de los datos procedentes del uso de estas tecnologías, y su *traducción* en resultados que puedan ser utilizados por los investigadores.

TECNOLOGÍAS ENCUESTADAS PERTENECIENTES A LA TENDENCIA TECNOLÓGICA II: ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO Y COMPUTACIONAL

T11. Desarrollo de modelos virtuales de predicción de estructura- función de proteínas a partir de la secuencia y otros datos (cristalografía, etc.).
T12. Desarrollo de bases de datos de análisis transcriptómico. Mapas transcriptómicos.
T13. Desarrollo de modelos bioinformáticos que integren datos genéticos, epigénéticos y de rendimiento, con variedades ecofisiológicas y ambientales, para la caracterización de la adaptabilidad de nuevas variedades.
T14. Desarrollo de programas que integren los datos de OMICS (genomic, transcriptomic, proteomic, metabolomic, etc) en la evaluación genética.
T15. Desarrollos estadísticos y algoritmos adaptados a los nuevos caracteres y fenotipos.
T16. Desarrollo de programas que exploten la variación genética no aditiva.
T17. Desarrollo de software más adecuado al usuario no especializado (“amigable”).
T18. Biología computacional.

4.3 TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA

La aplicación de los datos obtenidos mediante las tecnológicas ómicas y de las tecnologías de ingeniería genética ha permitido obtener productos con aplicaciones directas en los sectores agrícola y ganadero. Las aplicaciones de la biotecnología en la agricultura y la ganadería son enormes y contribuyen a mejorar y solventar muchos de los problemas que existen en estos sectores.

Es previsible que en los próximos años se continúe avanzando en las herramientas que ayuden en la mejora genética, así como en la modificación genética de variedades con el fin de obtener mejoras en la producción o adaptaciones a condiciones ambientales.

La aplicación de las herramientas utilizadas en salud humana a la sanidad animal permitirá el descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos y vacunas para el tratamiento de las principales enfermedades animales, y muy posiblemente se desarrollarán productos biológicos para tratamiento y prevención de enfermedades.

Por otra parte las biofactorías para la síntesis de compuestos de interés constituyen una oportunidad, a la vista de la limitada capacidad de producción en biorreactores, que puede en pocos años llevar problemas de desabastecimiento de biofármacos, por ejemplo.

En definitiva, las aplicaciones de la biotecnología abarcan un abanico tan extenso que su presencia continuará creciendo tanto en el sector agrícola como en el ganadero en los próximos años.

TECNOLOGÍAS ENCUESTADAS PERTENECIENTES A LA TENDENCIA TECNOLÓGICA III: APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA

T19. Mejora reversa.
T20. Tecnologías para la obtención de haploides y doble-haploides.
T21. Explotación de la poliploidización en la producción vegetal y acuícola.
T22. Tecnologías que permitan la incorporación de apomixia en especies y variedades de interés comercial, permitiendo su reproducción asexual por medio de semillas.
T23. Nuevos métodos de transformación no mediados por <i>Agrobacterium</i> .
T24. Optimización de las técnicas alternativas a la resistencia a antibióticos para la selección en transgénesis.
T25. Optimización de protocolos y vectores de transformación. Promotores inducibles y promotores específicos de tejido y estadio de desarrollo para controlar la expresión de los genes que se introducen en tiempo y lugar.
T26. Transplantómica. Transformación de orgánulos.
T27. Inserción y deleción dirigidas y específicas en microorganismos, plantas y animales.
T28. Mejora de las tecnologías de mutagénesis dirigida (ZFN, TALENs, mutagénesis dirigida con oligonucleótidos).
T29. Mejora de las tecnologías de control de la expresión génica mediante el uso de RNAs (RNAi, RNAi, RNAsh, etc).
T30. Mejora de las tecnologías de identificación de mutantes (<i>tilling</i>).
T31. Cisgénesis e intragénesis.
T32. Tecnologías de modificación epigenética (ambiental, tratamiento con inhibidores de ADN metiltransferasas y metilación de ADN dependiente de ARN).
T33. Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
T34. Biología sintética.
T35. Tecnologías de cromosomas artificiales.
T36. Puesta a punto de técnicas de manipulación genética y clonación de animales.

T37. Desarrollo de tecnologías que permitan el uso extensivo de las técnicas de manipulación de gametos y/o embriones.
T38. Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
T39. Sexado de esperma y embriones; modificación de la determinación y/o diferenciación sexual.
T40. Desarrollo de vacunas y adyuvantes vacunales de manera coste/efectiva. Micro y nanoencapsulación con nuevos polímeros para facilitar la liberación dirigida. Desarrollo de vectores universales (de especie) de expresión. Desarrollo de nuevas vacunas DIVA.
T41. Desarrollo de tecnologías que permitan la liberación dirigida de fármacos en tejidos y órganos mediante reconocimiento molecular.
T42. Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.
T43. Sistemas integrados de identificación de resistencias frente a agentes quimioterápicos basados en mutaciones genéticas en cis y trans, y cambios epigenéticos.
T44. Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.
T45. Desarrollo de pruebas que permitan la detección precoz del sexo en especies piscícolas.
T46. Selección, integración y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basadas en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia, que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como la selección de cepas y aislados patrón.
T47. Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo portátiles, rápidos y económicos, que determinen estados patológicos y enfermedades, así como que establezcan situaciones de estrés abiótico o biótico, en animales y plantas.
T48. Desarrollo de fitosanitarios en base al conocimiento genómico.
T49. Tecnologías de manejo, mejora genética y selección de insectos utilizados en invernadero que permitan su uso en biocontrol (obtención de estériles, etc.).



5.

**RESULTADOS
DE LA ENCUESTA**

5. Resultados de la encuesta

Fruto de la primera reunión del Panel de Expertos en la que se debatió el documento inicial de trabajo se seleccionaron tres tendencias tecnológicas, con 49 tecnologías, con las que se elaboró un cuestionario para realizar una encuesta entre expertos del sector agrobiotecnológico.

A continuación se incluyen las tendencias seleccionadas con sus tecnologías correspondientes, así como las variables que se incluyen en el cuestionario:

TENDENCIA I. EXPLORACIÓN DE LA VARIABILIDAD NATURAL MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS.	
T1.	Tecnologías de alto rendimiento para la secuenciación de genomas completos de manera rápida y económica.
T2.	Análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos.
T3.	Genotipado masivo embrionario e integración en esquemas de selección.
T4.	Tecnologías de RNAseq para el análisis de la expresión génica.
T5.	Tecnologías de análisis masivo del proteoma y de las interacciones proteína-proteína que permitan un análisis más sencillo y reproducible.
T6.	Automatización de la metabolómica.
T7.	Tecnologías de alto rendimiento que permiten analizar el epigenoma y cambios epigenómicos, interacción genotipo y ambiente, variación genética no aditiva, e información genómica de nuevos elementos de variación del ADN (variaciones en el número de copias, SNPs de baja frecuencia, retrotransposones, etc).
T8.	Desarrollo de plataformas automáticas de fenotipado (“phenomics”).
T9.	Genómica química.
T10.	Análisis de la funcionalidad génica en microorganismos. Tecnologías que permitan explorar las relaciones planta-suelo-microorganismos.

TENDENCIA II. ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO Y COMPUTACIONAL	
T11.	Desarrollo de modelos virtuales de predicción de estructura- función de proteínas a partir de la secuencia y otros datos (cristalografía, etc.).
T12.	Desarrollo de bases de datos de análisis transcriptómico. Mapas transcriptómicos.
T13.	Desarrollo de modelos bioinformáticos que integren datos genéticos, epigénéticos y de rendimiento, con variedades ecofisiológicas y ambientales, para la caracterización de la adaptabilidad de nuevas variedades.
T14.	Desarrollo de programas que integren los datos de OMICS (genomic, transcriptomic, proteomic, metabolomic, etc) en la evaluación genética.
T15.	Desarrollos estadísticos y algoritmos adaptados a los nuevos caracteres y fenotipos.
T16.	Desarrollo de programas que exploten la variación genética no aditiva.
T17.	Desarrollo de software más adecuado al usuario no especializado (“amigable”).
T18.	Biología computacional.
TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA	
T19.	Mejora reversa.
T20.	Tecnologías para la obtención de haploides y doble-haploides.
T21.	Explotación de la poliploidización en la producción vegetal y acuícola.
T22.	Tecnologías que permitan la incorporación de apomixia en especies y variedades de interés comercial, permitiendo su reproducción asexual por medio de semillas.
T23.	Nuevos métodos de transformación no mediados por <i>Agrobacterium</i> .
T24.	Optimización de las técnicas alternativas a la resistencia a antibióticos para la selección en transgénesis.
T25.	Optimización de protocolos y vectores de transformación. Promotores inducibles y promotores específicos de tejido y estadio de desarrollo para controlar la expresión de los genes que se introducen en tiempo y lugar.

TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA	
T26.	Transplantómica. Transformación de orgánulos.
T27.	Inserción y deleción dirigidas y específicas en microorganismos, plantas y animales.
T28.	Mejora de las tecnologías de mutagénesis dirigida (ZFN, TALENs, mutagénesis dirigida con oligonucleótidos).
T29.	Mejora de las tecnologías de control de la expresión génica mediante el uso de RNAs (RNAi, RNAsi, RNAsH, etc).
T30.	Mejora de las tecnologías de identificación de mutantes (<i>tilling</i>).
T31.	Cisgénesis e intragénesis.
T32.	Tecnologías de modificación epigenética (ambiental, tratamiento con inhibidores de ADN metiltransferasas y metilación de ADN dependiente de ARN).
T33.	Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
T34.	Biología sintética.
T35.	Tecnologías de cromosomas artificiales.
T36.	Puesta a punto de técnicas de manipulación genética y clonación de animales.
T37.	Desarrollo de tecnologías que permitan el uso extensivo de las técnicas de manipulación de gametos y/o embriones.
T38.	Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
T39.	Sexado de esperma y embriones; modificación de la determinación y/o diferenciación sexual.
T40.	Desarrollo de vacunas y adyuvantes vacunales de manera coste/efectiva. Micro y nanoencapsulación con nuevos polímeros para facilitar la liberación dirigida. Desarrollo de vectores universales (de especie) de expresión. Desarrollo de nuevas vacunas DIVA.
T41.	Desarrollo de tecnologías que permitan la liberación dirigida de fármacos en tejidos y órganos mediante reconocimiento molecular.
T42.	Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.
T43.	Sistemas integrados de identificación de resistencias frente a agentes quimioterápicos basados en mutaciones genéticas en cis y trans, y cambios epigenéticos.
T44.	Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.
T45.	Desarrollo de pruebas que permitan la detección precoz del sexo en especies piscícolas.

T46.	Selección, integración y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basadas en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia, que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como la selección de cepas y aislados patrón.
T47.	Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo portátiles, rápidos y económicos, que determinen estados patológicos y enfermedades, así como que establezcan situaciones de estrés abiótico o biótico, en animales y plantas.
T48.	Desarrollo de fitosanitarios en base al conocimiento genómico.
T49.	Tecnologías de manejo, mejora genética y selección de insectos utilizados en invernadero que permitan su uso en biocontrol (obtención de estériles, etc.).

Para cada una de estas tecnologías se plantean las siguientes variables:

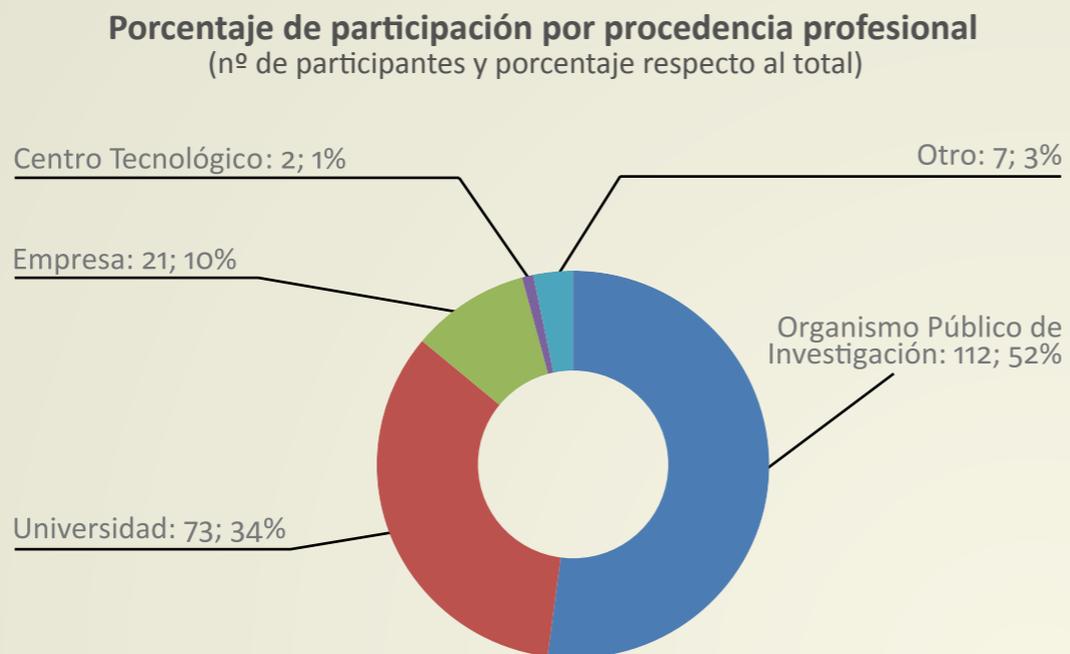
1. Nivel de conocimiento de la tecnología a evaluar (Alto /Medio /Bajo)
2. Importancia/relevancia de la tecnología (Prioritaria/ Importante/ Relevancia baja/ Sin relevancia)
3. Posición competitiva de España en esta tecnología (capacidades) (Altamente competitiva/ Competitiva/ Algunas capacidades/ Sin capacidades)
4. Factores competitivos positivos de España en esta tecnología
 - Conocimiento científico
 - Conocimiento tecnológico
 - Presencia industrial
 - Legislación
 - Talento y formación humana
 - Recursos económicos
5. Demanda del mercado para esta tecnología (Alta demanda/ Media demanda/ Poca demanda/ Sin demanda)
6. Horizonte temporal de implementación de esta tecnología en el mercado (Ya está implementada en el mercado/ 2015-2020/ 2020-2025/ >2025)

5.1 PARTICIPACIÓN

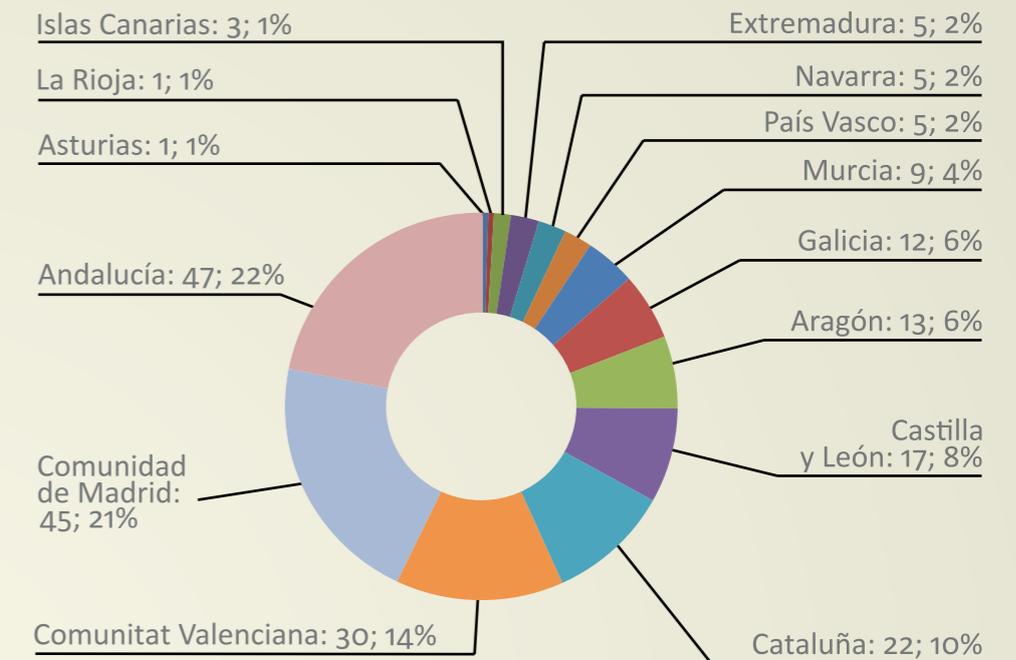
El análisis de la participación en la encuesta queda de la siguiente manera:

- Número de cuestionarios enviados: 622
- Número de cuestionarios devueltos por error del destinatario: 33
- Número de cuestionarios contestados: 215
- Tasa de respuesta: 36,5%

La participación se distribuye de la siguiente manera en función de procedencia profesional y la procedencia geográfica:



Porcentaje de participación por procedencia geográfica
(nº de participantes y porcentaje respecto al total)

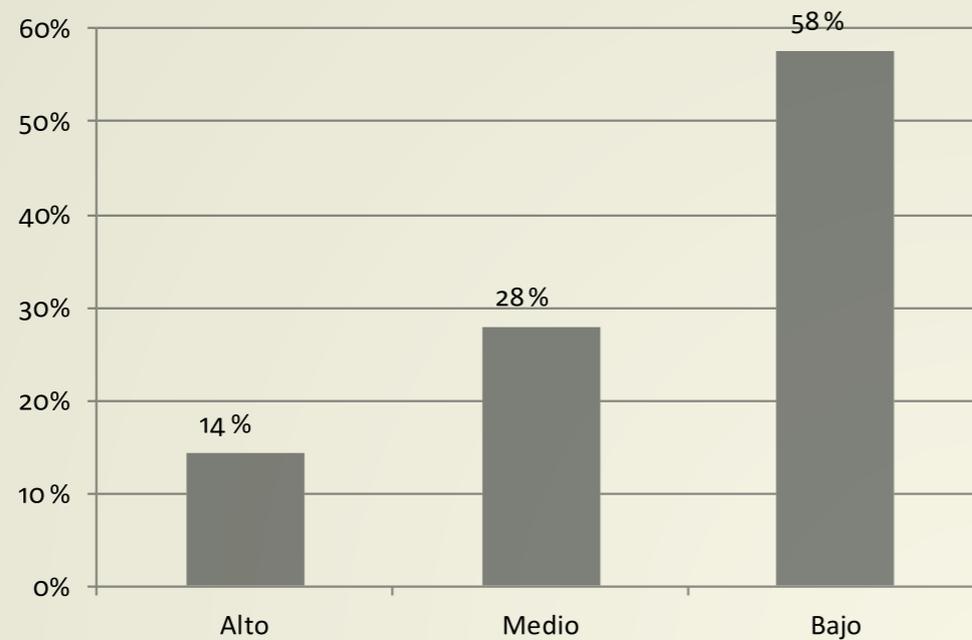


5.2 NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LOS ENCUESTADOS

El cuestionario de tecnologías se inicia con una pregunta de autoevaluación que permite establecer el nivel de conocimiento de los encuestados. En concreto, el 42% de los encuestados declaró tener un conocimiento alto o medio de las tecnologías, mientras que un 58% declaró disponer de un conocimiento bajo. El alto número de respuestas con nivel de conocimiento bajo podría dar lugar a altas desviaciones, por lo que se han eliminado aquellas respuestas donde el encuestado declara tener un nivel de conocimiento bajo para una tecnología en particular.

AUTOEVALUACIÓN:

NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE LAS TECNOLOGÍAS ENCUESTADAS (%)



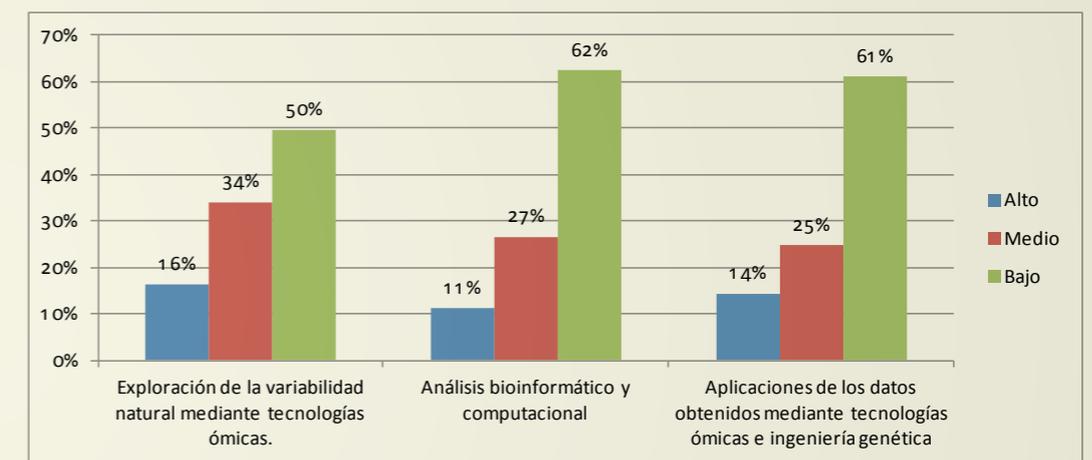
TECNOLOGÍAS CON MAYOR NIVEL DE CONOCIMIENTO DECLARADO POR LOS ENCUESTADOS

TECNOLOGÍAS CON MAYOR NIVEL DE CONOCIMIENTO	
T4	Tecnologías de RNAseq para el análisis de la expresión génica.
T1	Tecnologías de alto rendimiento para la secuenciación de genomas completos de manera rápida y económica.
T2	Análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos.
T5	Tecnologías de análisis masivo del proteoma y de las interacciones proteína-proteína que permitan un análisis más sencillo y reproducible.

La distribución de la respuesta sobre el nivel de conocimiento por tendencias tecnológicas, pone de manifiesto que en todas ellas se sigue una distribución parecida, con un nivel de conocimiento alto-medio entorno al 40%, salvo en la tendencia I, Exploración de la variabilidad natural mediante tecnologías ómicas, donde se alcanza un nivel de conocimiento ligeramente superior, con un número de respuestas para el nivel alto-medio del 50%.

AUTOEVALUACIÓN:

NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS (organizado por tendencias tecnológicas)



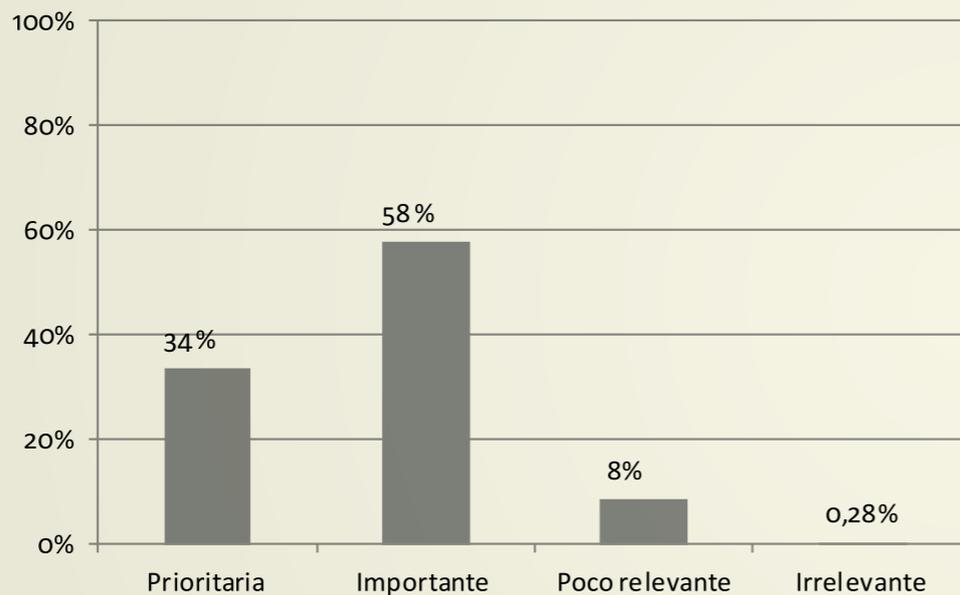
Como se ha indicado, se han eliminado aquellas respuestas que provengan de expertos que declaren nivel de conocimiento bajo, realizándose el análisis a partir de las respuestas dadas por los expertos que declaran un conocimiento medio o alto para cada tecnología.

Para realizar la explotación de los resultados se ha normalizado cada uno de los parámetros encuestados en base a las respuestas obtenidas en el cuestionario, calculando para cada uno de ellos un índice (Índice del Grado de Importancia (IGI), Índice del Grado de Capacidades (IGC) e Índice del Grado de Demanda (IGD)), cuya fórmula se indica en el Anexo III.

5.3 GRADO DE IMPORTANCIA/RELEVANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS

En la encuesta de tecnologías críticas tras la autoevaluación del nivel de conocimiento del encuestado, la primera pregunta es el grado de Importancia/Relevancia de las tecnologías, pudiendo considerarse la tecnología Prioritaria, Importante, Poco relevante o Irrelevante. Como se puede apreciar en el gráfico a continuación, más de un 90% de las respuestas corresponden a una valoración de las tecnologías como prioritarias o importantes.

IMPORTANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS (% de respuesta)

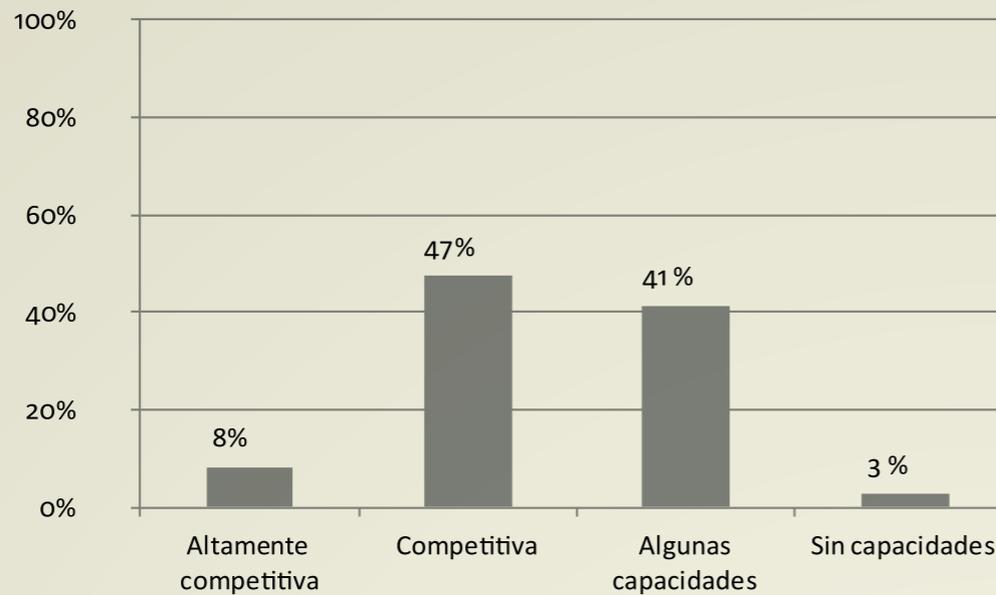


TECNOLOGÍAS CON MAYOR IGI	
T44	Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.
T38	Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
T46	Selección, integración y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basadas en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia, que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como la selección de cepas y aislados patrón.
T14	Desarrollo de programas que integren los datos de OMICS (genomic, transcriptomic, proteomic, metabolomic, etc) en la evaluación genética.
T13	Desarrollo de modelos bioinformáticos que integren datos genéticos, epigenéticos y de rendimiento, con variedades ecofisiológicas y ambientales, para la caracterización de la adaptabilidad de nuevas variedades.
T41	Desarrollo de tecnologías que permitan la liberación dirigida de fármacos en tejidos y órganos mediante reconocimiento molecular.
T17	Desarrollo de software más adecuado al usuario no especializado ("amigable").
T1	Tecnologías de alto rendimiento para la secuenciación de genomas completos de manera rápida y económica.

5.4 POSICIÓN COMPETITIVA

La siguiente pregunta en el cuestionario consiste en valorar la Posición Competitiva de España, pudiendo considerarse Altamente Competitiva, Competitiva, con Algunas capacidades o Sin capacidades. La mayor parte de las respuestas señalan que la posición de España es competitiva o con algunas capacidades.

POSICIÓN COMPETITIVA DE ESPAÑA (% de respuesta)

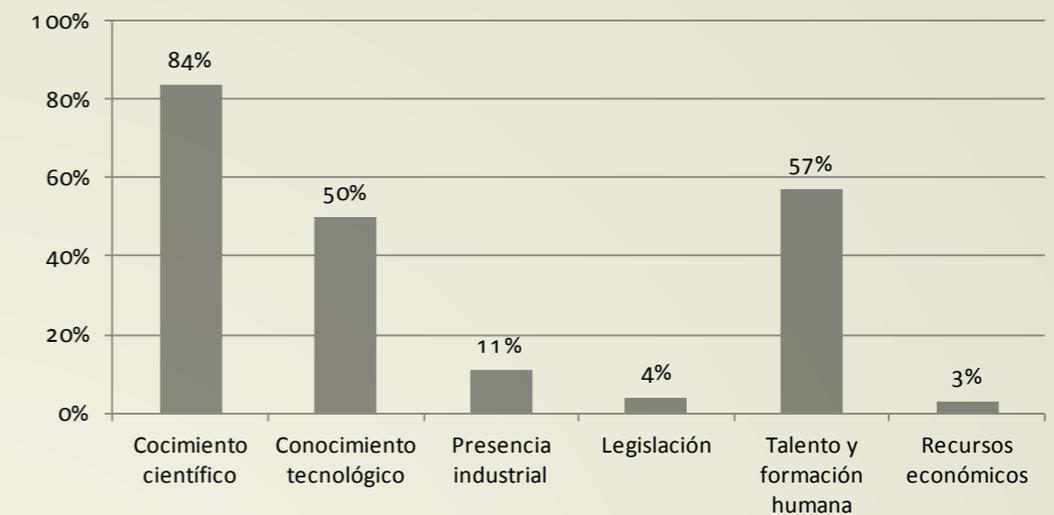


TECNOLOGÍAS CON MAYOR IGC	
T38	Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
T46	Selección, integración y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basadas en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia, que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como la selección de cepas y aislados patrón.
T33	Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
T37	Desarrollo de tecnologías que permitan el uso extensivo de las técnicas de manipulación de gametos y/o embriones.
T29	Mejora de las tecnologías de control de la expresión génica mediante el uso de RNAs (RNAi, RNAsi, RNash, etc).
T10	Análisis de la funcionalidad génica en microorganismos. Tecnologías que permitan explorar las relaciones planta-suelo-microorganismos.
T25	Optimización de protocolos y vectores de transformación. Promotores inducibles y promotores específicos de tejido y estadio de desarrollo para controlar la expresión de los genes que se introducen en tiempo y lugar.
T18	Biología computacional.

5.5 FACTORES COMPETITIVOS POSITIVOS DE ESPAÑA POR TECNOLOGÍAS

El cuestionario incluye una pregunta en la que se solicita seleccionar aquellos factores para los que España tiene una posición competitiva positiva, incluyendo Conocimiento científico, Conocimiento tecnológico, Presencia industrial, Legislación, Talento y formación humana y Recursos económicos.

FACTORES COMPETITIVOS POSITIVOS (% de las respuestas)

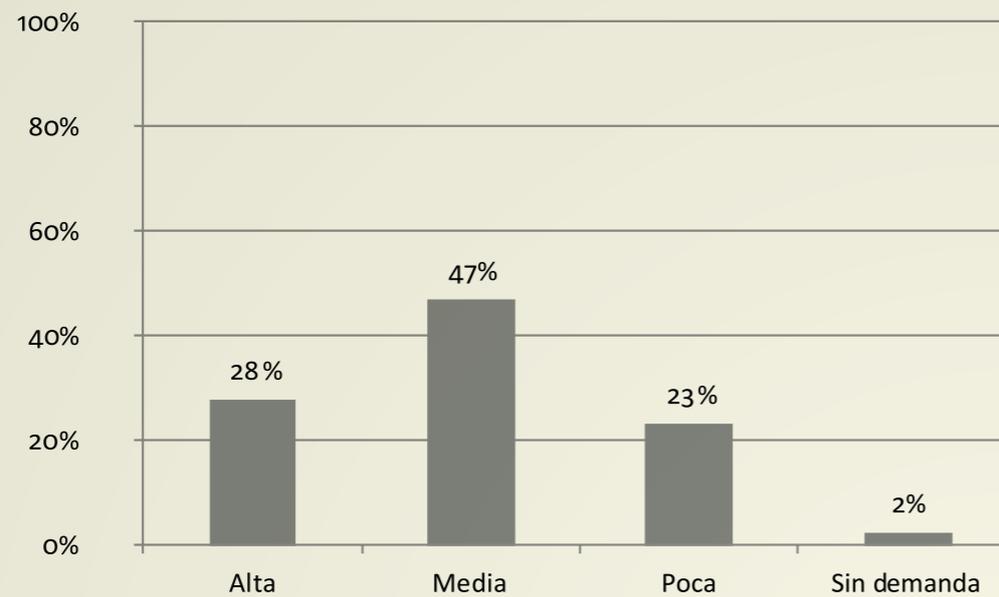


En general los expertos encuestados valoran de manera positiva los factores de Conocimiento científico, con más de un 84% y, por detrás, Talento y formación humana y Conocimiento tecnológico, con un 50%. El resto de factores reciben valoraciones bajas, con menos de un 5% para Recursos económicos y Legislación.

5.6 DEMANDA DEL MERCADO

A continuación se valora la Demanda del Mercado, pudiendo considerarse que la demanda del mercado para una tecnología en concreto es Alta, Media, Poca o Sin demanda. En general puede decirse que los expertos consideran que la demanda del mercado para las tecnologías es alta o media, ya que el 74% de las respuestas se agrupan en estos valores.

DEMANDA DEL MERCADO (% de demanda)



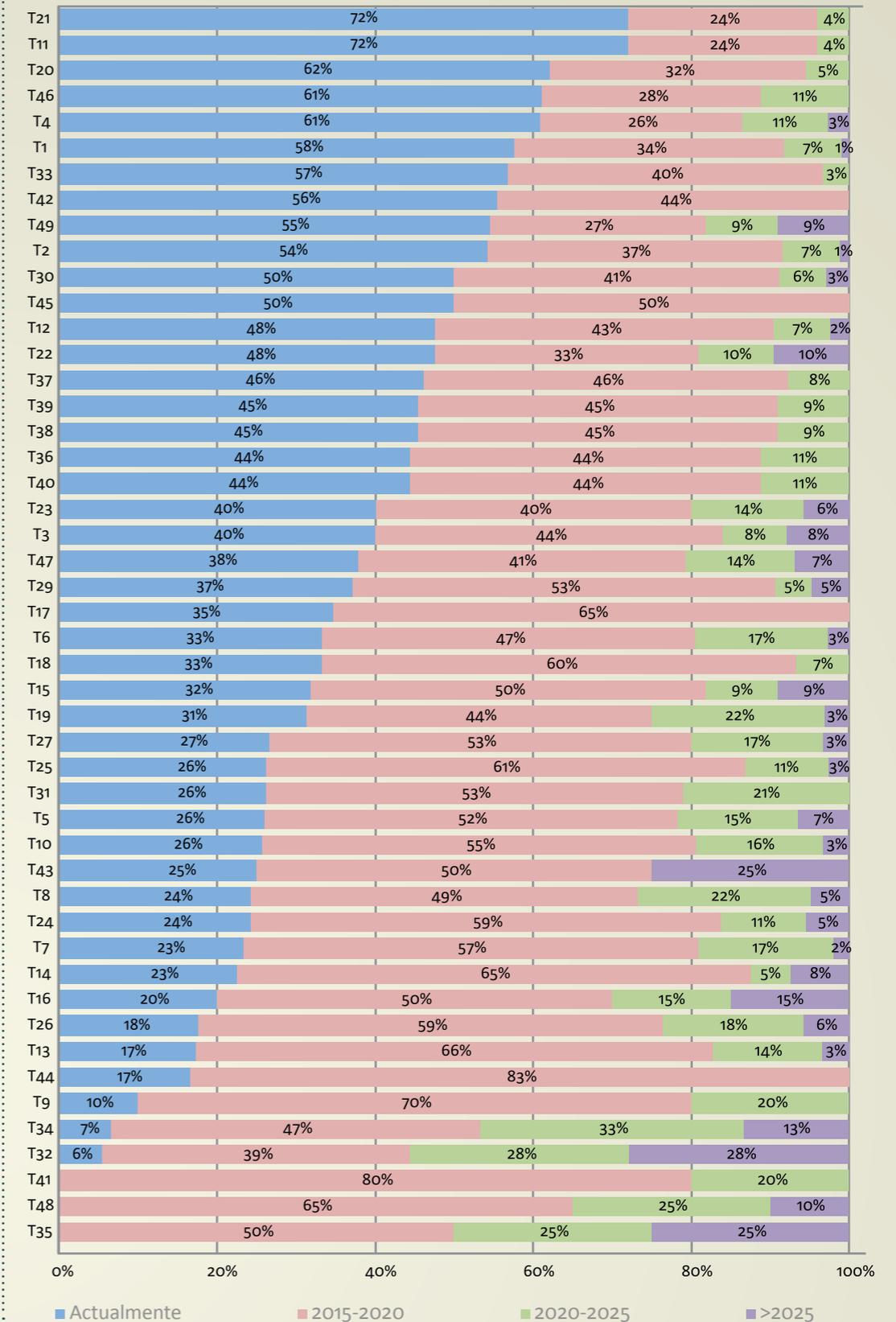
TECNOLOGÍAS CON MAYOR IGD	
T42	Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.
T46	Selección, integración y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basadas en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia, que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como la selección de cepas y aislados patrón.
T38	Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
T47	Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo portátiles, rápidos y económicos, que determinen estados patológicos y enfermedades, así como que establezcan situaciones de estrés abiótico o biótico, en animales y plantas.
T44	Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.
T41	Desarrollo de tecnologías que permitan la liberación dirigida de fármacos en tejidos y órganos mediante reconocimiento molecular.
T33	Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
T37	Desarrollo de tecnologías que permitan el uso extensivo de las técnicas de manipulación de gametos y/o embriones.

5.7 HORIZONTE TEMPORAL DE IMPLEMENTACIÓN EN EL MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS

Por último, el cuestionario solicita una estimación del tiempo de implementación de cada tecnología, pudiendo seleccionarse cuatro horizontes temporales: actualmente, 2015-2020, 2020-2025 o más allá de 2025.

HORIZONTE TEMPORAL DE IMPLEMENTACIÓN EN EL MERCADO

TECNOLOGÍAS CON MAYOR IGP	
T21	Explotación de la poliploidización en la producción vegetal y acuícola.
T11	Desarrollo de modelos virtuales de predicción de estructura- función de proteínas a partir de la secuencia y otros datos (cristalografía, etc.).
T20	Tecnologías para la obtención de haploides y doble-haploides.
T42	Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.
T33	Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
T45	Desarrollo de pruebas que permitan la detección precoz del sexo en especies piscícolas.
T46	Selección, integración y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basadas en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia, que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como la selección de cepas y aislados patrón.





6.

SELECCIÓN

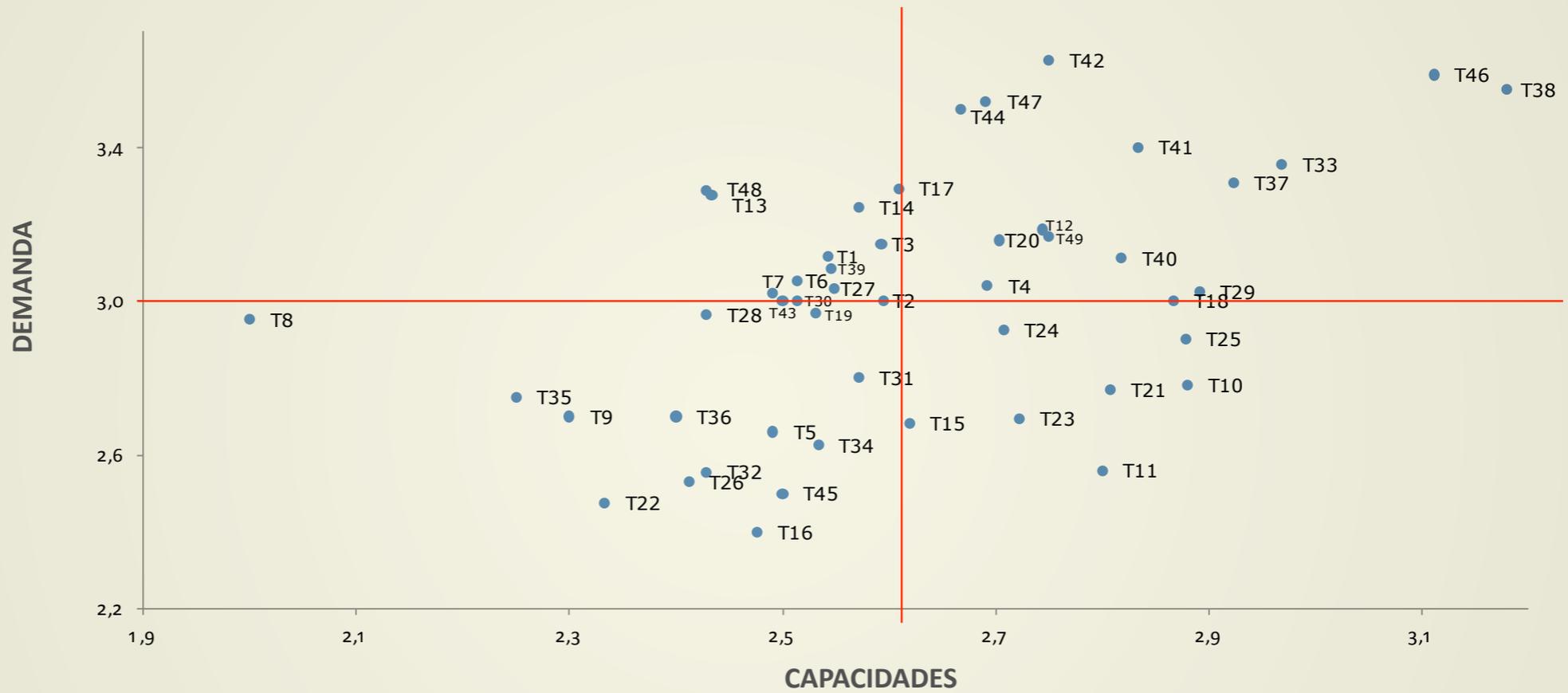
DE LAS TECNOLOGÍAS CRÍTICAS

6. Selección de las tecnologías críticas

Las tecnologías críticas son aquellas que los expertos consideran importantes o prioritarias para el desarrollo de las aplicaciones en agrobiotecnología y para las que existe alta demanda del mercado, que hacen recomendable incidir en su desarrollo. El horizonte temporal permitirá conocer la urgencia con la que deben implementarse las medidas para conseguir su implantación.

La selección de las tecnologías críticas se ha realizado mediante un ejercicio consistente en valorar cada una de las tecnologías en función de tres de los parámetros que se han evaluado en la encuesta. En concreto se valoran la Importancia, la Posición competitiva y la Demanda del mercado, comparando los índices calculados para cada parámetro (ANEXO III) dos a dos, mediante representación gráfica, junto con la validación del Panel de Expertos que, por consenso, puede decidir la inclusión de otras tecnologías.





Mediante este ejercicio, y con la participación del Panel de Expertos, han resultado seleccionadas 12 tecnologías. Como se puede apreciar, han sido seleccionadas tecnologías pertenecientes a todas las tendencias, pero cabe destacar la tendencia III, en la que recaen la mayor parte de las tecnologías.

TENDENCIA I. EXPLORACIÓN DE LA VARIABILIDAD NATURAL MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS.	
T2	Análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos.
T8	Desarrollo de plataformas automáticas de fenotipado (“phenomics”).
T10	Análisis de la funcionalidad génica en microorganismos. Tecnologías que permitan explorar las relaciones planta-suelo-microorganismos.
TENDENCIA II. ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO Y COMPUTACIONAL	
T18	Biología computacional.
TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS ÓMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA	
T28	Mejora de las tecnologías de mutagénesis dirigida (ZFN, TALENs, mutagénesis dirigida con oligonucleótidos).
T30	Mejora de las tecnologías de identificación de mutantes (<i>tiling</i>).
T33	Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
T38	Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
T40	Desarrollo de vacunas y adyuvantes vacunales de manera coste/efectiva. Micro y nanoencapsulación con nuevos polímeros para facilitar la liberación dirigida. Desarrollo de vectores universales (de especie) de expresión. Desarrollo de nuevas vacunas DIVA.
T42	Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.
T44	Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.
T47	Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo portátiles, rápidos y económicos, que determinen estados patológicos y enfermedades, así como que establezcan situaciones de estrés abiótico o biótico, en animales y plantas.



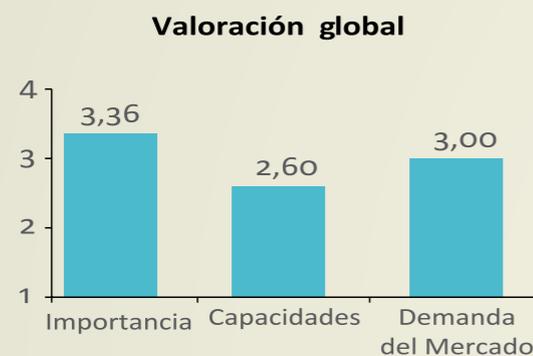
7.

**FICHAS
TECNOLÓGICAS**

7. Fichas tecnológicas

Tecnología 1. Análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos.

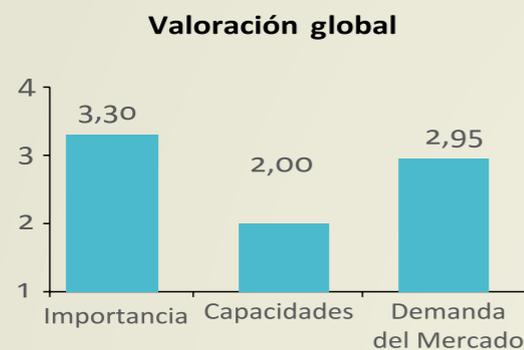
DESCRIPCIÓN
Resecuenciación como estrategia para el genotipado de materiales que vayan a fenotiparse exhaustivamente con objeto de identificar variabilidad relevante asociada a determinados procesos o caracteres de interés. La resecuenciación permite obtener una gran cobertura del genoma e identificar variaciones



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia limitada en resecuenciación de organismos complejos. - Poco desarrollo de programas amigables y normalmente muy centrados en humanos. - Necesidad de adaptarlos a otras especies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología de secuenciación en constante evolución. - La variación SNP no es la única que existe, siendo importante completarlo con genotipados adicionales que permiten detectar otras alteraciones.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Saber hacer en centros y laboratorios especializados y que puede utilizarse para la resecuenciación, e identificación de SNP, <i>InDels</i>, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interés y grupos activos interesados en el estudio y utilización de variabilidad natural para la mejora del conocimiento y su aprovechamiento.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar programas de resecuenciación en especies de interés para la agricultura. - Desarrollar metodologías propias de análisis de esa variabilidad basadas en técnicas de resecuenciación total o parcial. 	

Tecnología 2. Desarrollo de plataformas automáticas de fenotipado (“phenomics”)

DESCRIPCIÓN
<p>La fenómica puede definirse como el estudio de los caracteres físicos y bioquímicos de los organismos o fenoma, en relación a su genotipo. Mediante la combinación de técnicas basadas en el análisis de imagen obtenidas mediante diferentes longitudes de onda pueden capturarse datos fisiológicos de interés de forma rápida y eficaz de un gran número de organismos.</p> <p>La importancia de la fenómica radica en que los datos fenotípicos siguen siendo los mejores predictores de los “outcomes” biológicos</p>

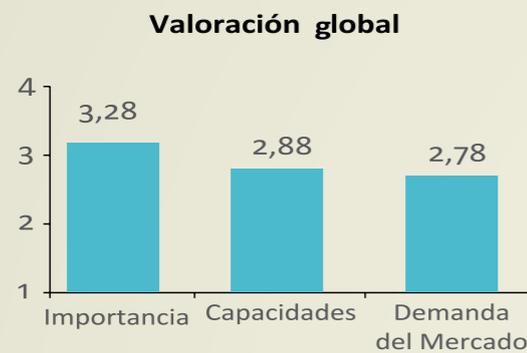


DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Poco desarrollado en nuestro país. - Es necesaria una inversión económica importante, especialmente para plantas de cosecha. - Falta conocimiento para asociar parámetros obtenidos con información fisiológica de interés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollos importantes y tecnología desarrollada en algunas empresas (Holanda, Alemania, EEUU) y también grandes inversiones en centros públicos (ie. Plant Phenomics Center, Canberra, Australia)
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Algunos grupos expertos en electrónica, métodos no destructivos, etc. - Grupos con experiencia en fisiología y genética, con experiencia en análisis de datos de genotipado y fenotipado que podrían aprovechar la tecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grupos tanto en la parte de desarrollo de sensores y electrónica como en la parte fisiológica y genética genómica que pueden utilizar esta tecnología para unir genotipo con fenotipo. - Necesidad de poner en contacto expertises y de dotarlos de instalaciones comunes en formato servicio.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de hacer inversión en desarrollo de la tecnología y su implementación en centros de excelencia que la operaran en formato de prestación de servicios. - Plataformas piloto a desarrollar por consorcios de grupos de investigación de sensores, análisis de imagen, métodos no destructivos y empresas. 	

Tecnología 3. Análisis de la funcionalidad génica en microorganismos.

Tecnologías que permitan explorar las relaciones planta-suelo-microorganismos.

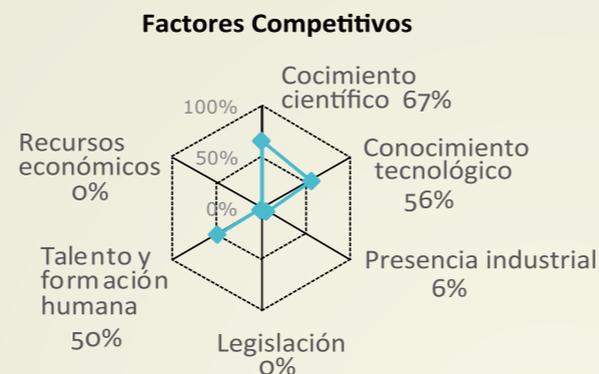
DESCRIPCIÓN
El establecimiento de herramientas basadas en las aproximaciones que ofrecen la genómica, transcriptómica, metabolómica, etc, permitirían profundizar en los conocimientos de las interacciones que existen en el triángulo planta-suelo-microorganismos. Ello permitiría abordar estudios de carácter básico así como establecer herramientas del tipo “marcadores moleculares” que permitieran hacer predicciones y suministrar consejos-soluciones para determinados problemas asociados con el suelo.



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de coordinar los trabajos previos para evitar duplicidades e intentar trabajar a nivel global en una dirección determinada: intercambio de datos, utilizar y contrastar modelos válidos para varios sistemas agrarios y medioambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Duplicidad de esfuerzos sin atender a la coordinación y al desarrollo de herramientas comunes. - Quedarse en el desarrollo de marcadores útiles sin progresar en el conocimiento.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar en el conocimiento de un sistema complejo tanto desde el punto de vista biótico como abiótico. - Posibilidad de desarrollar aproximaciones consensuadas y validadas en varios sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aportar información en sistemas complejos desde un punto de vista holístico.

Tecnología 4. Biología computacional

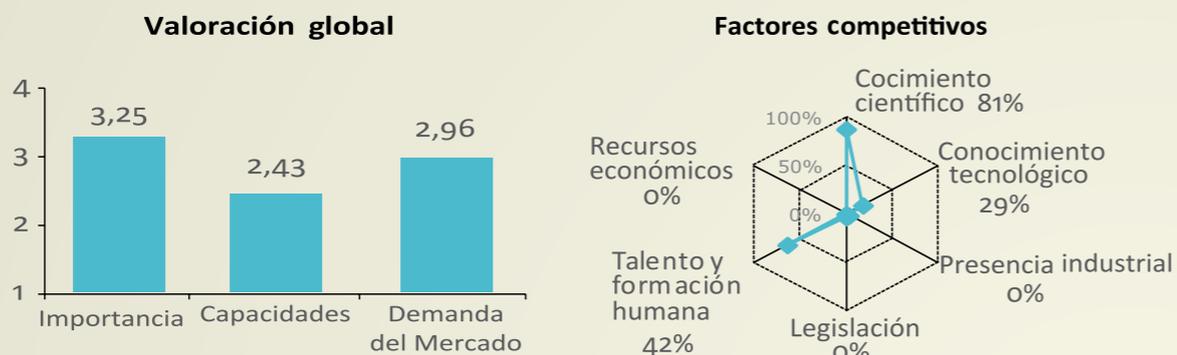
DESCRIPCIÓN
<p>Los avances en secuenciación de ácidos nucleicos, junto con los avances en otras tecnologías como la robótica y técnica de microfluidos han dado en el último decenio un aumento espectacular de la cantidad de secuencias genéticas disponibles para su análisis. Los avances en bioinformática han sido también importantes. Sin embargo, el número de datos generados es tal que muchas veces el acceso a análisis bioinformáticos realizados por personal debidamente especializado se ha convertido en un cuello de botella, ya que en la gran mayoría de los casos se es especialista o en biología o en informática. Este es pues el panorama actual. Uno de los retos más importantes es la formación de personal en matemáticas-estadística-informática y, al mismo tiempo, en biología.</p>



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de formación académica. Poca presencia de la bioinformática en los planes de formación. - Pocos expertos, dedicados en su mayoría a grandes proyectos. - Escasa presencia de bioinformáticos en los grupos de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La falta de profesionales puede conducir a que no puedan llevarse a cabo investigaciones que requieran explotaciones de datos importantes. - Alta dependencia del exterior por la externalización de los análisis. - Disminución del número de estudiantes en ciencias.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Existen grupos potentes en centros de excelencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - La existencia demanda es un <i>driver</i> que hará de palanca. - Existen expertos que podrían formar buenos profesionales en bioinformática. - Planes de estudios específicos en biología computacional: máster.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Potenciar la enseñanza de la bioinformática incluyéndola en programas de formación y mediante creación de cursos específicos. - Potenciar la creación de unidades específicas de bioinformática en los centros de investigación. 	

Tecnología 5. Mejora de las tecnologías de mutagénesis dirigida (ZNF, TALENs, mutagénesis dirigida con oligonucleótidos).

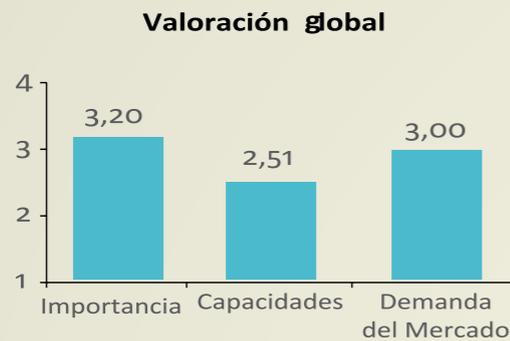
DESCRIPCIÓN
Conjunto de herramientas aplicables a diferentes organismos y que permite la modificación eficiente del genoma de forma precisa. Normalmente basados en el diseño de proteínas híbridas que contienen una región de alta especificidad por una secuencia del genoma junto a otra secuencia proteica que permite modificar la secuencia diana y que puede ser una nucleasa, un dominio de activación o represión, metilasas o integrasas, etc. De interés para terapia génica o para introducción de modificaciones específicas en genomas de interés.



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Aunque puede no aparecer en el producto final en ciertas etapas, se utilizan técnicas de ADN recombinante para la introducción de las mutaciones. - Baja eficacia en algunos sistemas, ej., plantas. - Dificultad en seleccionar las células en las que se haya producido la modificación deseada. - Posibilidad de que se introduzcan cambios en sitios no deseados (control). 	<ul style="list-style-type: none"> - Legislación no clara, aun en debate sobre todo en Europa. - Tecnologías patentadas.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Cuando se perfeccione el sistema permitirá la terapia génica. - Hace falta tener un conocimiento detallado del cambio necesario para obtener el fenotipo deseado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grupos con conocimientos de las bases genéticas de muchos procesos de interés así como de enfermedades y mecanismos de adaptación. - Posibilidades de desarrollar tecnologías similares basándose en conocimiento propio.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Incentivar el desarrollo de tecnología propia con el mismo objetivo que las actuales. - Incentivar el desarrollar conocimiento que permita utilizar la tecnología para terapia o programas de desarrollo de interés. - Incentivar el desarrollar tecnología que permita incrementar la eficacia (ej. en plantas) y permita seleccionar los eventos de interés del resto de células no modificadas. 	

Tecnología 6. Mejora de las tecnologías de identificación de mutantes (tilling)

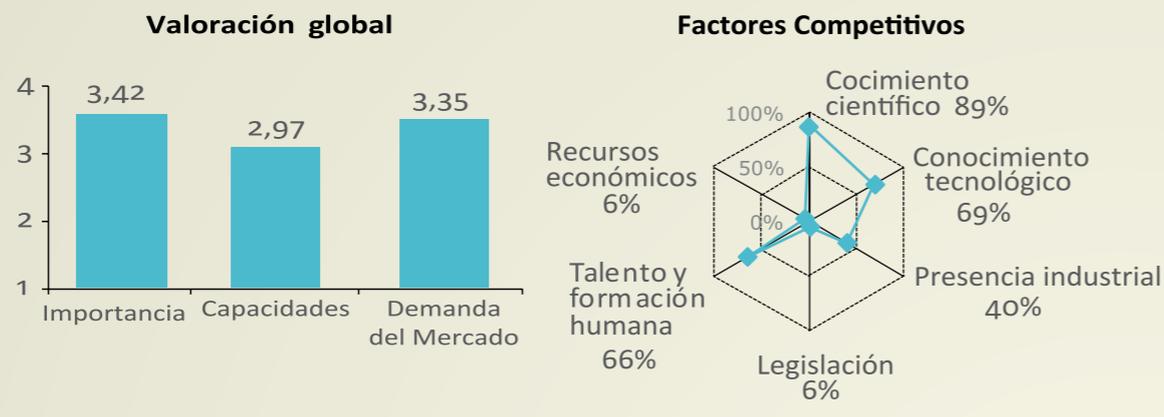
DESCRIPCIÓN
Tecnologías basadas en la identificación de mutantes en un gen de interés a partir de una colección de mutantes generados al azar mediante métodos físicos o químicos. Hasta ahora se ha venido realizando mediante amplificación de las variantes mediante PCR e identificación de las variantes mediante nucleasas, métodos cromatográficos, etc., de preparaciones de ADN mezcla de varios individuos y posterior deconvolución. Actualmente mediante secuenciación con NGS.



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de crear colecciones exhaustivas de mutantes en la variedad y organismo de interés solo justificable cuando la colección se va a utilizar para múltiples objetivos - Necesidad de continuidad y adaptación a las diferentes tecnologías que se van introduciendo para identificar los mutantes - Falta desarrollo de software que facilite la identificación mutantes por NGS de forma amigable 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunos grupos internacionales bien establecidos y algunas empresas prestan esta plataforma como servicio, aunque solo en ciertos cultivos y variedades
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - En el caso de plantas, buen conocimiento de algunos genomas y de la fisiología y genética de los caracteres de interés de plantas cultivadas nos colocan en una buena posición - Grupos de bioinformática pocos pero expertos 	<ul style="list-style-type: none"> - Buen conocimiento y existencia de grupos activos en los principales cultivos - Grupos con acceso a información genómica de los principales cultivos de interés
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar y mantener plataformas de TILLING en nuestro país en las especies y variedades de interés para nosotros - Desarrollar software propio y técnicas propias de identificación de mutantes propia 	

Tecnología 7. Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.

DESCRIPCIÓN
La producción de proteínas recombinantes en cultivos de microorganismos y células animales ha revolucionado la industria farmacéutica. Sin embargo, la capacidad de producción de los biorreactores es limitada y es deseable reducir costes de producción. En este contexto, las biofactorías animales y/o vegetales suponen una alternativa económica que permite una elevada producción, pudiendo resultar interesantes no solo para el sector farmacéutico, sino para otros sectores.

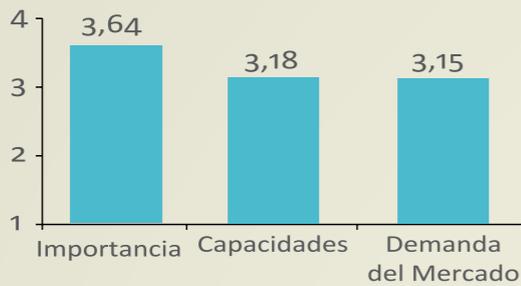


DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Para que una tecnología se implante se necesita que la empresa que la ha desarrollado ponga el primer producto en el mercado. Esto requiere inversiones importantes, lo cual es difícil de conseguir en España. - Solo las empresas multinacionales o de determinado tamaño adoptan nuevos procesos - La propiedad industrial suele ser escasa y el know-how y secreto industrial juegan un papel importante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Renovación constante de las tecnologías productivas. El desarrollo de nuevas tecnologías pueden desplazar a las plataformas actuales. - Diferencias en patrones de glicosilación u otras modificaciones de los productos específicas de la plataforma pueden constituir una barrera para la aprobación por las agencias en caso de fármacos de uso continuado.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Un importante número de científicos en España interesados en este campo y con desarrollos de plataformas interesantes. - Presencia de empresas de pequeño tamaño con tecnologías innovadoras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de tecnologías alternativas. - Presencia de empresas pioneras a nivel mundial en el uso de insectos biofactoría. Identificada una plataforma considerada clave en Japón. - Interés de las farmacéuticas multinacionales debido a la limitada capacidad de producción en biorreactores y a la necesidad de reducir costes. - Una vez que se genera el primer producto en una plataforma se abren posibilidades de implantar más rápidamente la tecnología. - Las agencias reguladoras están más abiertas en la actualidad a la aprobación de productos obtenidos por tecnologías no convencionales.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Financiación de plataformas 	

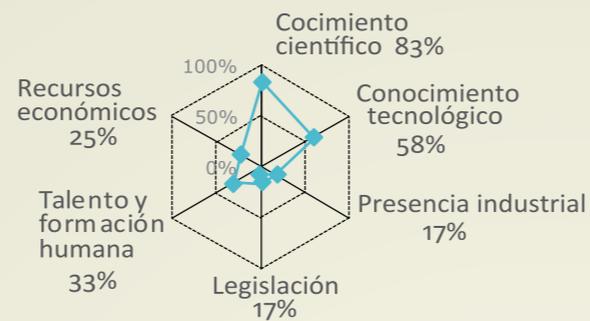
Tecnología 8. Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.

DESCRIPCIÓN
La reproducción es un aspecto de enorme importancia en la producción ganadera y las biotecnologías reproductivas juegan un papel fundamental en la mejora de la eficiencia reproductiva de los animales así como para su aplicación en sistemas de mejora genética.

Valoración global



Factores competitivos



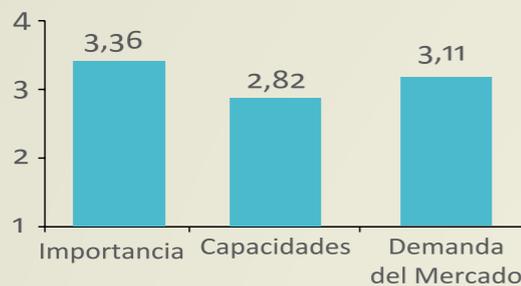
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Parte de su interés depende del conocimiento previo de los marcadores a seleccionar (genómica y epigenómica). - El estado en el que se encuentra la identificación de marcadores es muy heterogéneo, tanto en lo que se refiere a especies como a caracteres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Competencia internacional

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de grupos de investigación expertos en esta área. - La experimentación realizada y la tecnología desarrollada es fácilmente exportable al campo humano. - Contribuye a la mejora en la sanidad animal por la seguridad biológica. - La transferencia embrionaria es clave en la mejora genética. - La legislación en materia sanitaria, transporte y comercio es muy clara. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de selección de gametos. - Aplicación de marcadores. - Posibilidad para implantar la selección espermática del sexo. - Mejora de las técnicas reproductivas. - La selección de resistencias a determinadas enfermedades o a parásitos permitiría la cría de animales en territorios inexplorables en la actualidad. - Posibilidad de mejorar de la producción no farmacológica. - Sociedades creadas por científicos con orientación industrial. - Preservar la diversidad genética. - Única posibilidad para experimentar las nuevas técnicas de reproducción asistida. - Legislación razonable.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Favorecer el avance en el conocimiento de las bases genéticas de caracteres de interés para la selección. - Priorización los estudios de algunas razas con base genética más importante o más implantadas. - Reglamentar la obligatoriedad de experimentar en animales todas las técnicas reproductivas que se quieran implantar en humanos 	

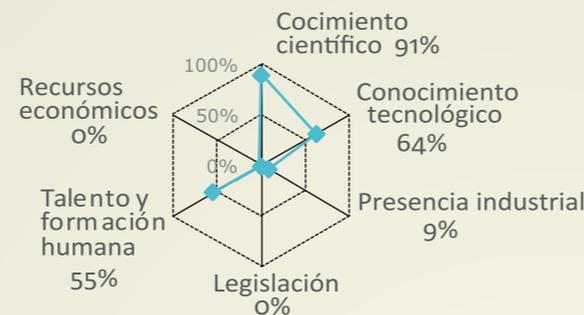
Tecnología 9. Desarrollo de vacunas y adyuvantes vacunales de manera coste/ efectiva. Micro y nanoencapsulación con nuevos polímeros para facilitar la liberación dirigida. Desarrollo de vectores universales (de especie) de expresión. Desarrollo de nuevas vacunas DIVA.

DESCRIPCIÓN
La vacunación es la medida más eficaz y rentable para el control de las enfermedades transmisibles animales. En la actualidad existe una necesidad urgente de desarrollo de nuevos productos vacunales frente a las principales enfermedades infecciosas y parasitarias de los animales domésticos y útiles, incluyendo a las enfermedades transfronterizas y de la producción. La posibilidad de distinguir animales infectados de vacunados (vacunas DIVA) es una ventaja añadida y necesaria en muchos programas de control y erradicación. La puesta en el mercado de nuevas vacunas necesita, entre otras herramientas, utilizar y desarrollar adyuvantes e inmunoestimuladores que induzcan una respuesta inmunitaria en el hospedador potente, dirigida y equilibrada e investigar nuevos vectores universales de expresión que faciliten el desarrollo de plataformas vacunales para las distintas especies animales.

Valoración global



Factores competitivos



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Sector privado en España escaso y en ocasiones, con poca capacidad de inversión. El sector en España no posee patentes sobre vacunas de nueva generación y está poco abierto a innovaciones. Pocas empresas internacionales han licenciado desarrollos de grupos españoles. - Falta de instalaciones para realizar experimentación animal en animales de renta con nivel de contención BSL1 o BSL2. - Legislación compleja y exceso de burocracia para llegar al mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada competencia con otros grupos europeos, norteamericanos y de países emergentes. - Retrasos en el proceso de registro.

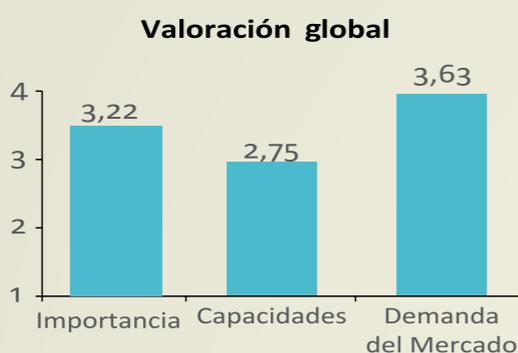
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de un centro público de control de enfermedades animales que coordine de forma eficaz la Sanidad Animal en España. Poca información pública proveniente del Ministerio de Agricultura - Ausencia de una agenda estratégica nacional y europea, compartida entre los agentes involucrados que defina aquellas enfermedades prioritarias para el desarrollo de productos vacunales. 	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso para llegar al mercado requiere elevada inversión en tiempo y dinero, por lo que las pérdidas en caso de fracaso son muy altas. - Poca conexión de grupos de investigación y pequeñas empresas españolas con empresas multinacionales

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Buenos grupos de investigación en esta área en investigación básica y aplicada. - Existencia de necesidades de nuevas vacunas para enfermedades animales de gran relevancia a nivel social por su carácter zoonótico o por su importancia económica. - Existencia del Sistema de Alerta Sanitaria Veterinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aparición de nuevas enfermedades y reemergencia de otras. - Existen muchas enfermedades relevantes para las que no existen vacunas eficaces. - España es un país frontera con África. - La retirada de algunos fármacos y el desarrollo de resistencias incrementa la necesidad de disponer de vacunas seguras y eficaces. - Existencia de instalaciones en desuso que podrían aprovecharse como fincas experimentales para grandes animales - Existencia de vacunaciones obligatorias para enfermedades sometidas a programas de control y erradicación

MEDIDAS
<ul style="list-style-type: none"> - Traslado de las necesidades del sector empresarial a la investigación. Coordinación entre los departamentos de I+D+i de las empresas y los grupos de investigación de las universidades y OPIs. - Elaboración de una agenda estratégica que resuma y priorice la necesidad de productos vacunales frente a las diversas enfermedades animales. - Creación de grupos de investigación multidisciplinares que agrupen a expertos en las distintas disciplinas necesarias para el desarrollo de vacunas. - Creación de un laboratorio central que coordine de forma efectiva la investigación en Sanidad Animal en el país con los laboratorios de diagnóstico autonómicos con objeto de dar una respuesta adecuada a las nuevas enfermedades y a las enfermedades reemergentes. - Facilitar la experimentación en animales de producción (porcino, vacunos, ovino, caprino, etc.).

Tecnología 10. Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.

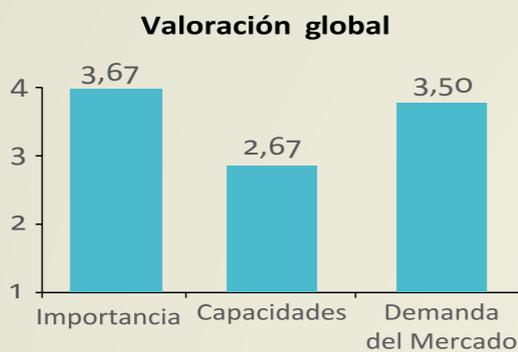
DESCRIPCIÓN
La productividad animal está ligada a la existencia o no de organismos patógenos en su tracto digestivo. La prohibición o restricción de uso de aditivos promotores del crecimiento de tipo antibiótico ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas entre las cuales se encuentran probióticos y prebióticos. A pesar de que existen distintos productos en el mercado, con diferentes resultados, todavía es necesario avanzar en el conocimiento de aspectos como mecanismos de acción, dosis, formulaciones, etc. que permitan desarrollar nuevos productos con alta eficacia.



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de conocimiento y publicaciones en el campo animal. - Diferencias entre especies. - No existen buenos estudios de eficacia. - Problemas tecnológicos no superados, como encapsulación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de propiedad industrial fuerte por la facilidad de copia de los probióticos.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de grupos de investigación tanto en monogástricos como en rumiantes. - Alternativa a antibióticos y quimioterápicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de productos específicos para fines determinados. - Posibilidad de disminuir gases de efectos invernadero. - Existe una alta demanda no cubierta. - Aplicaciones poco reguladas por el momento.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Investigar en probióticos dirigidos a un fin concreto. 	

Tecnología 11. Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal

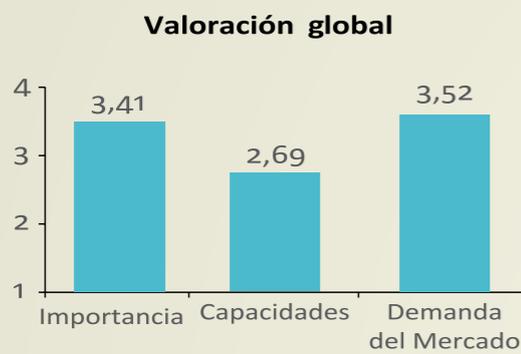
DESCRIPCIÓN
En el ámbito animal, se deberán desarrollar nuevos aditivos o sustancias alternativas a los quimioterápicos con efectos comparables que favorezcan la optimización en la producción y que sean seguras para los animales y el hombre: prebióticos, probióticos, ácidos orgánicos, enzimas y extractos vegetales. En el ámbito vegetal las nuevas tecnologías irán encaminadas a desarrollar productos alternativos con actividad plaguicida. En ambos casos la utilización de la genómica química será útil ya que permitirá identificar nuevas dianas terapéuticas



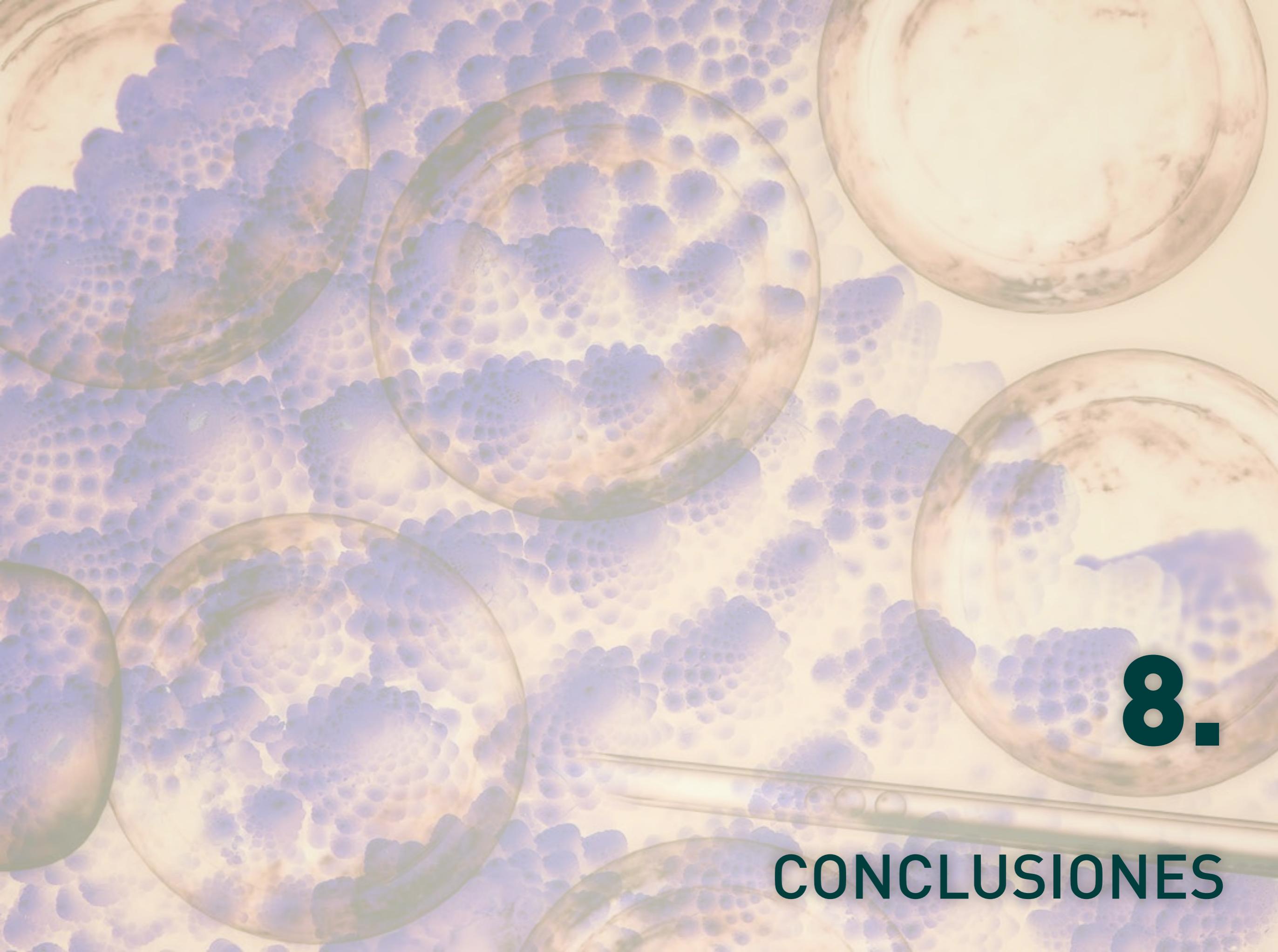
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de investigación. - La composición de los extractos de plantas no suele estar definida. - Al no conocerse los compuestos se desconocen los mecanismos de acción. 	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Existen grupos de investigación básica en plantas. - Existen iniciativas de cribado de librerías de compuestos de farmas para su uso en plantas como promotores de crecimiento y contra patógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de pro y prebióticos. - Uso de derivados de plantas. - Existe una enorme demanda de alternativas a antibióticos

Tecnología 12. Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo portátiles, rápidos y económicos, que determinen estados patológicos y enfermedades, así como que establezcan situaciones de estrés abiótico o biótico, en animales y plantas.

DESCRIPCIÓN
Identificación de secuencias genéticas, bien DNA o RNA, que permitan de manera rápida sensible y específica determinar la presencia de patógenos (o sus productos) en muestras de origen animal o vegetal, asociando en su caso la detección con el estado o fase del proceso y su repercusión en la producción. Estas tecnologías se están miniaturizando e integrando en dispositivos de fácil uso e incluso portátiles.



DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Obtención de resultados falsos positivos. - Obtención de resultados falsos negativos. - Necesidad de personal entrenado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obtención de diagnósticos erróneos, particularmente durante la cuarentena de enfermedades relevantes para el comercio y/o la producción. - Disminución del conocimiento sobre las enfermedades y sus patógenos. - Riesgo de falta de detección de errores en el diagnóstico.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Mayor rapidez y economía que en técnicas tradicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de mayor número de muestras. - Rapidez. - Utilización en frontera.
MEDIDAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Fiabilidad mediante "ring test" debidamente contrastados. 	

The background of the slide features a collage of petri dishes containing cell cultures. The cultures are shown in various stages of growth, with some appearing as dense, multi-layered clusters of cells. The color palette is a mix of light blue and yellow, giving it a scientific and clean appearance. A pipette tip is visible in the lower right quadrant, pointing towards the bottom right.

8.

CONCLUSIONES

8. Conclusiones

Los principales retos a los que se enfrenta la producción primaria en los próximos años están relacionados con el aumento de la población mundial y las nuevas preferencias de consumo. Las estimaciones que se han realizado indican que para alimentar a los 9.000 millones de personas que se espera que habiten el planeta para el año 2050 será necesario doblar la producción de alimentos.

Las mejoras producidas en las últimas décadas en la mecanización, en la mejora de los sistemas de riego, etc., junto con el aumento de los terrenos de cultivo, han permitido que la productividad aumente, de modo que la producción global de alimentos ha sido capaz de hacer frente a los aumentos de población sucedidos en los últimos años. Sin embargo, las necesidades de producción a las que nos enfrentaremos en las próximas décadas requerirán unas mejoras en la producción que solo pueden alcanzarse aumentando los terrenos cultivables y la productividad de la agricultura y la ganadería. Sin embargo, los terrenos cultivables se están reduciendo, debido a distintas causas, entre las que se pueden mencionar la presión agrícola, que produce degradación y empobrecimiento de los suelos, o el cambio climático que está provocando un aumento de la desertificación y la erosión. Además, la conciencia por la protección del medio ambiente y la sostenibilidad hacen que este camino no parezca el más adecuado. Por tanto, el aumento de la producción de alimentos debe pasar forzosamente por la innovación tecnológica.

Por otra parte, también es importante tener en cuenta las nuevas preferencias de consumo, relacionadas con aspectos personales, pero también con aspectos demográficos como el envejecimiento de la población en los países desarrollados. Es conocido que la alimentación desempeña un papel fundamental en la prevención de determinadas enfermedades e incluso en su tratamiento, lo que ha provocado que aumente la demanda de alimentos funcionales o que concentren determinados compuestos activos. Conseguir cultivos o animales que concentren

estos compuestos permitiría evitar tratamientos posteriores de estas materias primas y, por tanto, abaratar costes.

La agricultura y la ganadería deberían ser sectores estratégicos en todas las economías, pero más en la economía española, en la que según los datos de la Encuesta de Población Activa (EPA), elaborada por el INE, el número de personas ocupadas en el sector agrario superó las 700.000 en 2012 y las exportaciones del sector agrario y pesquero aumentaron en 2011 un 9% y un 5,3% respectivamente.

En este contexto, la agrobiotecnología puede desempeñar un papel fundamental, y resulta, por tanto, de interés conocer cómo puede evolucionar esta importante área tecnológica a lo largo de la próxima década, realizando este ejercicio de prospectiva, que ayude a identificar las tendencias tecnológicas, las oportunidades de desarrollo y las medidas a tomar para facilitar su implantación. En la persecución de este objetivo se ha realizado el presente ejercicio de prospectiva, que se asienta sobre un ejercicio similar realizado en el año 2004, titulado Impacto de la Biotecnología en los Sectores Agrícola, Ganadero y Forestal, elaborado por la Fundación Genoma España junto con la Fundación OPTI.

En el año 2004 estaban muy presentes las denominadas tecnologías ómicas y, de hecho, resultaron seleccionadas como tecnologías críticas la metabolómica, la proteómica y la transcriptómica. Además, resultaron seleccionadas otras tecnologías en las que se han conseguido avances importantes, alcanzándose total o parcialmente, como la selección asistida por marcadores, el desarrollo de mapas genéticos, genotecas y colecciones de ESTs, así como la identificación y separación de proteínas. En otros campos como la bioinformática, aunque los avances han sido enormes, continúan estando vigentes, siendo de importancia capital continuar con su desarrollo.

Pasados nueve años, una vez realizado de nuevo el ejercicio de prospectiva con la misma metodología, nos encontramos con que algunas de las propuestas tecnológicas siguen vigentes para la próxima década, mientras que otras tecnologías han perdido o ganado interés, apareciendo además nuevas tecnologías y tendencias de desarrollo.

Como resultado de este ejercicio, llevado a cabo con la colaboración de expertos de los sectores agrícola y ganadero, se han seleccionado 12 tecnologías críticas para el desarrollo de la agrobiotecnología en los próximos 10 años.

Los avances producidos en los últimos años en las tecnologías ómicas han sido enormes. Así, las mejoras en las técnicas para el análisis masivo del genoma han permitido que se hayan completado las secuencias de las especies de mayor interés productivo, tanto en animales (pollo, vaca, oveja o cerdo, entre otros) como en vegetales (arroz, maíz, melón, trigo, vid o manzana, entre otros) y otras tantas se encuentran en vías de finalización. Sin embargo, es necesario continuar avanzando en los análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos, o en el estudio de los caracteres físicos y bioquímicos de los organismos, en relación a su genotipo o fenómica.

La cantidad de datos que se producen con las tecnologías ómicas hacen imprescindible el desarrollo de herramientas que permitan su análisis. Si ya la bioinformática resultó seleccionada como tecnología crítica en 2004, nueve años después esta necesidad continúa vigente. Si bien los avances en esta tecnología han sido muy importantes, en muchas ocasiones el acceso a análisis bioinformáticos llevados a cabo por personal especializado se ha convertido en un cuello de botella. Finalmente han sido seleccionadas tecnologías relacionadas con aplicaciones directas de los datos obtenidos mediante tecnologías ómicas e ingeniería genética. Se han seleccionado nueve tecnologías, de aplicación en el sector agrícola o ganadero, así como otras de aplicación más horizontal:

- Mejora de las tecnologías de mutagénesis dirigida.
- Mejora de las tecnologías de identificación de mutantes.
- Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.
- Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.
- Desarrollo de vacunas y adyuvantes vacunales de manera coste/efectiva. Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.
- Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.
- Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo.

El análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades realizado para cada tecnología, junto con los resultados de la encuesta y el debate realizado por los expertos que forman el panel, revelan que las principales fortalezas de nuestro país en agrobiotecnología se encuentran en la existencia de buenos grupos en investigación básica y, en algunos campos, en investigación aplicada, con buenos conocimientos de las tecnologías. En el caso de las tecnologías referidas a aplicaciones en animales, además, se ve como una fortaleza la posibilidad de que la experimentación realizada en los mismos pueda trasladarse al ámbito humano, como en el caso del diagnóstico preimplantacional. En el caso de enfermedades animales que pueden transmitirse al hombre, el interés en desarrollar tratamientos o vacunas va más allá del beneficio económico o del bienestar animal, convirtiéndose en una cuestión de salud pública, que favorece que se investigue en estos campos.

En el otro lado, las principales debilidades y amenazas se deben a la falta de recursos económicos, pero también a la competencia que se produce desde otros países, tanto desde la investigación básica, como desde la investigación que se produce en la industria.

Un punto importante señalado por los expertos son las dificultades debidas a la legislación vigente en materia de transgénicos en la Unión Europea. A diferencia de lo que ocurre en otros países, en el ámbito de la UE solo es posible cultivar dos

variedades de transgénicos, una para consumo animal y humano, e importar un número limitado de variedades transgénicas. Esto supone una desventaja clara y una pérdida de competitividad para los agricultores europeos. Por una parte solo pueden beneficiarse del cultivo de una única variedad transgénica, que es el maíz resistente al taladro, cuyo cultivo permite unos beneficios frente al convencional de 195 €/hectárea; por otra, tienen que competir con cultivos transgénicos procedentes de terceros países, cuya importación está autorizada. En el caso de los ganaderos, se ven obligados a importar materias primas para la alimentación, lo cual no solo produce su encarecimiento sino que, en ocasiones, genera problemas de disponibilidad por los requisitos legales para importar este tipo de materias.

No obstante, aunque en el ámbito de la UE no se puedan cultivar ni comercializar transgénicos, es importante continuar investigando y protegiendo los desarrollos tecnológicos realizados en este campo, ya que en el resto del mundo sí se puede hacer, y esto permitiría no perder el tren de la innovación.

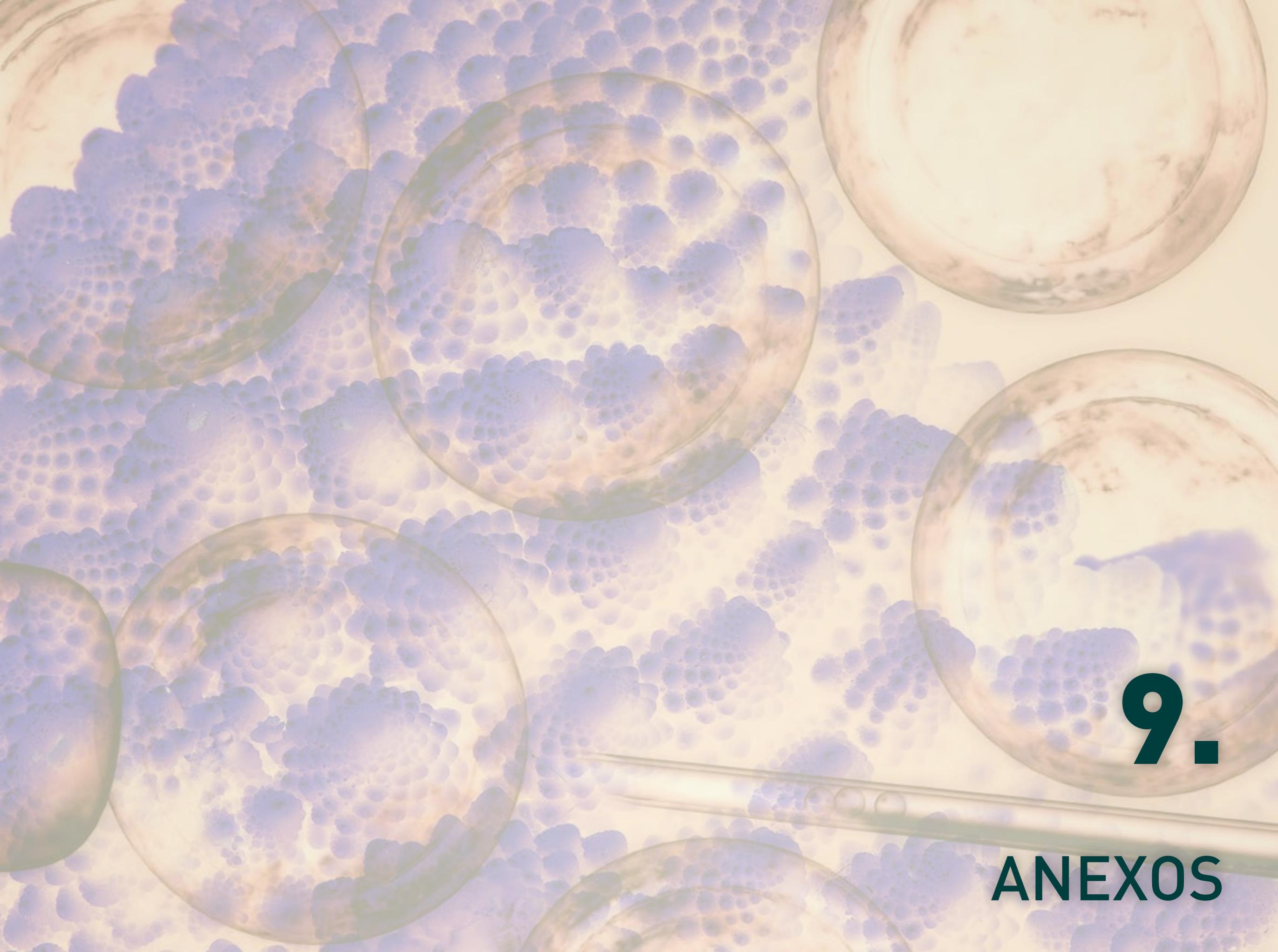
En otras aplicaciones de la biotecnología, como las relacionadas con el tratamiento y prevención de enfermedades o el diagnóstico temprano de enfermedades, a la dificultad del desarrollo de este tipo de productos en lo que se refiere a I+D, se unen los requisitos necesarios para ponerlos en el mercado, ya que requieren de ensayos y el proceso de autorización es largo y complejo.

Estos hechos dificultan enormemente que los resultados de investigación procedentes de los centros públicos alcancen el mercado. Por una parte desde el

ámbito público es difícil realizar los ensayos necesarios para que un producto alcance la autorización. Por otra, la transferencia de estos resultados a terceros que se encarguen de su desarrollo no siempre es fácil, en muchos casos por desconocimiento de los cauces a seguir y, en otros, por falta de personal especializado. Por tanto, para conseguir una explotación adecuada de los resultados generados es necesario realizar una política de protección de los derechos de propiedad industrial que permita que esos resultados puedan ser explotados por los propios grupos de investigación o por terceros. Para ello es importante contar con expertos en propiedad industrial y transferencia de tecnología que puedan asesorar a los grupos de investigación y facilitarles los trámites necesarios para poder proteger adecuadamente sus descubrimientos, y su transferencia posterior.

Otras medidas que permitirán mejorar la posición de España en agrobiotecnología serían el traslado de las necesidades del sector empresarial a la investigación, coordinando los departamentos de I+D+I de las empresas y los grupos de investigación de las universidades y OPIs o la creación de grupos de investigación multidisciplinares que agrupen a expertos en distintas disciplinas permitiendo aprovechar al máximo las capacidades de nuestros investigadores.

Finalmente, sería importante el desarrollo de programas, proyectos y plataformas que permitan favorecer algunos de los campos en los que existen oportunidades y contamos con fortalezas.



9.

ANEXOS

9. Anexos

ANEXO I.

ESTUDIOS E INFORMES CONSULTADOS PARA IDENTIFICAR TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS CRÍTICAS

Para la síntesis de tendencias y tecnologías se han analizado artículos científicos y estudios nacionales e internacionales, entre los que cabe destacar los siguientes:

- A Green Growth Strategy for Food and Agriculture. Preliminary Report (2011) OECD.
- El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012 (2012) FAO. Roma.
- European Commission (2004) Plants for the future – 2025 a European vision for plant genomics and biotechnology.
- European Commission (2009) II scar foresight exercise. New challenges for agricultural research: climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems.
- European Technology Platform for Global Animal Health. (2005) Vision 2015.
- F. J. Gallego, A. Sánchez-Bonastre, P. Arús, M. A. Toro, P. Martínez-Portela (2011) Informe de Vigilancia Tecnológica sobre Selección Genética y Genómica en Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Acuicultura. Fundación Genoma España.
- Foresight. The Future of Food and Farming (2011) Final Project Report. The Government Office for Science, London.
- Papatryfon, E. Zika, O. Wolf, M. Gómez- Barbero, A. J. Stein, A.K. Bock (2008) Consequences, Opportunities and Challenges of Modern Biotechnology for Europe. The analysis Report.
- M. Lusser, C. Parisi, D. Plan, E. Rodríguez-Cerezo (2011) New plant breeding techniques. State of the art and prospects for commercial development.
- M. Vega (2004) Impacto de la Biotecnología en los Sectores Agrícola, Ganadero y Forestal. Fundación Genoma España y Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial.
- Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible. (2010) Agenda Estratégica de Investigación.
- Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible. (2011) Indicadores de sostenibilidad de la agricultura y ganadería españolas.
- Plataforma Tecnológica Española de Sanidad Animal. (2009) Documento Visión 2015.
- OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021, OECD Publishing and FAO (2012) OECD/FAO.

ANEXO II. PANEL DE EXPERTOS

NOMBRE	ORGANISMO
Antonio Granell	Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas
Matilde Moro	Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne
José Ángel M. Escribano	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
Luis Ortega	Universidad Complutense de Madrid
Paloma Melgarejo	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
Pedro Rubio	Universidad de León
Francesc Piferrer	Instituto de Ciencias del Mar
Alfonso Gutiérrez	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
Esteban Alcalde	Syngenta
Javier Paz Ares	Centro Nacional de Biotecnología
Juan Colomina	COEXPHAL
Javier Lopez	Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne

ANEXO III. ÍNDICES ESTADÍSTICOS

Para la realización de análisis estadístico se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$IGI = (4A+3B+2C+D)/N$$

Siendo:

IGI = Índice del Grado de Importancia.

A= Número de respuestas que consideran que la tecnología es Prioritaria.

B= Número de respuestas que consideran que la tecnología es Importante.

C= Número de respuestas que consideran que la tecnología es Poco Relevante.

D= Número de respuestas que consideran que la tecnología es Irrelevante.

N= Número total de respuestas.

$$IGC = (4A+3B+2C+D)/N$$

Siendo:

IGC = Índice del Grado de Capacidades.

A= Número de respuestas que consideran que la Posición Competitiva de España en esta tecnología es Altamente Competitiva.

B= Número de respuestas que consideran que la Posición Competitiva de España en esta tecnología es Competitiva.

C= Número de respuestas que consideran que España posee en esta tecnología Algunas Capacidades.

D= Número de respuestas que consideran que España no posee en esta tecnología.

N= Número total de respuestas.

$$IGD = (4A+3B+2C+D)/N$$

Siendo:

IGD = Índice del Grado de Demanda (IGD).

A= Número de respuestas que consideran que la demanda del mercado es Alta.

B= Número de respuestas que consideran que la demanda del mercado es Media.

C= Número de respuestas que consideran que la demanda del mercado es Baja.

D= Número de respuestas que consideran que no existe demanda.

N= Número total de respuestas.

$$\mathbf{IGP = (4A+3B+2C+D)/N}$$

Siendo:

IGP = Índice del Grado de Proximidad (IGP).

A= Número de respuestas que consideran que el horizonte temporal de implementación de la tecnología en el mercado es en la actualidad.

B= Número de respuestas que consideran que el horizonte temporal de implementación de la tecnología en el mercado será 2015-2020.

C= Número de respuestas que consideran que el horizonte temporal de implementación de la tecnología en el mercado será 2020-2025.

D= Número de respuestas que consideran que el horizonte temporal de implementación de la tecnología en el mercado será >2025.

N= Número total de respuestas

ANEXO IV. ENCUESTA

TENDENCIA I. EXPLORACIÓN DE LA VARIABILIDAD NATURAL MEDIANTE TECNOLOGÍAS OMICAS	Autoevaluación (Nivel de conocimiento sobre la tecnología)			Grado de importancia de la tecnología			Posición competitiva			Factores positivos competitivos de España para esta tecnología						Demanda del mercado			Horizonte temporal de implementación en el mercado						
	Alto	Medio	Bajo	Prioritaria	Importante	Poco relevante	Irrelevante	Altamente competitiva	Competitiva	Algunas capacidades	Sin capacidades	Cocimiento científico	Conocimiento tecnológico	Presencia industrial	Legislación	Talento y formación humana	Recursos económicos	Alta	Media	Poca	Sin demanda	Actualmente	2015-2020	2020-2025	>2025
T1. Tecnologías de alto rendimiento para la secuenciación de genomas completos de manera rápida y económica.	39	69	46	57	78	4	3	6	58	72	1	105	55	15	3	85	2	38	55	33	0	67	47	8	1
T2. Análisis de alta resolución de la diversidad intraespecífica mediante la resecuenciación de regiones y genomas completos.	33	54	48	36	77	11	0	6	50	64	0	87	52	13	4	78	4	24	46	41	2	52	46	12	1
T3. Genotipado masivo embrionario e integración en esquemas de selección.	9	22	79	14	47	15	0	4	23	44	2	47	29	11	5	44	5	15	29	25	1	23	26	9	5
T4. Tecnologías de RNAseq para el análisis de la expresión génica	28	54	28	33	52	9	0	8	44	41	1	77	41	11	2	63	4	24	44	24	1	53	23	11	3
T5. Tecnologías de análisis masivo del proteoma y de las interacciones proteína-proteína que permitan un análisis más sencillo y reproducible.	15	51	49	18	48	14	0	2	31	42	3	62	39	7	1	46	6	11	32	29	3	17	30	13	7
T6. Automatización de la metabolómica.	9	29	66	15	52	7	0	2	26	44	0	56	34	7	2	46	1	17	28	26	2	24	33	8	6
T7. Tecnologías de alto rendimiento que permiten analizar el epigenoma y cambios epigenómicos, interacción genotipo y ambiente, variación genética no aditiva, e información genómica de nuevos elementos de variación del DNA (variaciones en el número de copias, SNPs de baja frecuencia, retrotransposones, etc).	15	36	49	21	53	8	0	3	25	51	0	62	24	5	2	49	1	15	30	26	4	16	39	12	5
T8. Desarrollo de plataformas automáticas de fenotipado ("phenomics")	12	32	52	24	37	13	0	1	14	40	13	42	23	3	2	41	1	13	29	26	1	14	35	12	5
T9. Genómica química.	3	7	70	2	22	21	2	1	5	31	6	18	12	2	1	28	0	2	14	26	2	3	21	11	8
T10. Análisis de la funcionalidad génica en microorganismos. Tecnologías que permitan explorar las relaciones planta-suelo-microorganismos.	15	18	54	13	35	13	0	4	21	28	0	50	14	1	1	36	0	7	23	28	1	14	29	11	4

TENDENCIA II. ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO Y COMPUTACIONAL	Autoevaluación (Nivel de conocimiento sobre la tecnología)			Grado de importancia de la tecnología				Posición competitiva				Factores positivos competitivos de España para esta tecnología					Demanda del mercado				Horizonte temporal de implementación en el mercado				
	Alto	Medio	Bejo	Prioritaria	Importante	Poco relevante	Irrelevante	Altamente competitiva	Competitiva	Algunas capacidades	Sin capacidades	Cocimiento científico	Conocimiento tecnológico	Presencia industrial	Legislación	Talento y formación humana	Recursos económicos	Alta	Media	Poca	Sin demanda	Actualmente	2015-2020	2020-2025	>2025
T11. Desarrollo de modelos virtuales de predicción de estructura- función de proteínas a partir de la secuencia y otros datos (cristalografía, etc.)	4	22	60	10	33	14	1	4	17	33	1	38	18	5	1	37	0	5	18	26	6	25	19	6	3
T12. Desarrollo de bases de datos de análisis transcriptómico. Mapas transcriptómicos.	14	29	40	15	42	7	0	5	30	25	1	50	27	8	1	37	1	21	24	15	0	25	29	4	1
T13. Desarrollo de modelos bioinformáticos que integren datos genéticos, epigénéticos y de rendimiento, con variedades ecofisiológicas y ambientales, para la caracterización de la adaptabilidad de nuevas variedades	11	20	56	24	36	8	0	2	17	40	6	52	20	4	0	38	0	14	28	19	2	6	35	18	3
T14. Desarrollo de programas que integren los datos de OMICS (genomic, transcriptomic, proteomic, metabolomic, etc) en la evaluación genética.	16	28	41	34	31	4	1	1	25	36	3	52	29	5	1	40	1	21	24	16	1	10	36	10	6
T15. Desarrollos estadísticos y algoritmos adaptados a los nuevos caracteres y fenotipos.	9	13	50	12	28	11	0	1	16	26	4	32	14	14	0	24	0	6	27	15	2	11	25	4	5
T16. Desarrollo de programas que exploten la variación genética no aditiva.	4	19	48	2	25	16	1	0	18	19	5	29	14	2	0	23	0	1	17	23	1	5	18	8	7
T17. Desarrollo de software más adecuado al usuario no especializado (“amigable”)	6	20	44	22	25	5	1	3	14	27	3	32	23	2	0	23	1	20	19	7	2	13	24	4	2
T18. Biología computacional	5	13	46	8	22	5	0	0	15	17	2	24	13	3	0	15	0	9	16	10	0	8	15	4	4

TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS OMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA	Autoevaluación (Nivel de conocimiento sobre la tecnología)			Grado de importancia de la tecnología			Posición competitiva			Factores positivos competitivos de España para esta tecnología						Demanda del mercado				Horizonte temporal de implementación en el mercado					
	Alto	Medio	Bajo	Prioritaria	Importante	Poco relevante	Irrelevante	Altamente competitiva	Competitiva	Algunas capacidades	Sin capacidades	Cocimiento científico	Conocimiento tecnológico	Presencia industrial	Legislación	Talento y formación humana	Recursos económicos	Alta	Media	Poca	Sin demanda	Actualmente	2015-2020	2020-2025	> 2025
T19. Mejora reversa	17	17	36	9	26	10	0	3	16	22	3	33	18	5	0	26	1	11	16	14	2	12	18	12	1
T20. Tecnologías para la obtención de haploides y doble-haploides	15	24	30	8	34	9	0	4	23	22	0	41	29	9	1	31	2	12	28	11	0	27	21	2	0
T21. Explotación de la poliploidización en la producción vegetal y acuícola	10	17	39	3	29	6	0	2	20	15	1	32	22	5	1	25	1	3	21	13	0	21	11	4	0
T22. Tecnologías que permitan la incorporación de apomixia en especies y variedades de interés comercial, permitiendo su reproducción asexual por medio de semillas.	6	16	41	2	20	10	0	2	12	15	3	25	13	1	0	15	0	4	11	14	2	13	12	4	3
T23. Nuevos métodos de transformación no mediados por <i>Agrobacterium</i>	20	20	30	10	33	4	1	3	25	17	1	42	22	3	2	27	1	5	22	16	2	14	22	6	2
T24. Optimización de las técnicas alternativas a la resistencia a antibióticos para la selección en transgénesis	18	23	25	13	31	3	1	3	29	14	1	43	25	5	3	30	0	13	19	10	3	11	25	4	2
T25. Optimización de protocolos y vectores de transformación. Promotores inducibles y promotores específicos de tejido y estadio de desarrollo para controlar la expresión de los genes que se introducen en tiempo y lugar	19	24	22	12	30	3	0	5	26	13	0	42	25	3	0	27	0	8	25	10	1	12	23	5	1
T26. Transplantómica. Transformación de orgánulos	6	12	42	2	19	8	1	1	7	19	2	22	10	2	0	13	0	2	12	10	4	4	16	5	3
T27. Inserción y delección dirigidas y específicas en microorganismos, plantas y animales.	9	26	28	12	20	8	0	3	15	18	2	33	15	3	0	23	1	9	17	10	1	8	20	6	2
T28. Mejora de las tecnologías de mutagénesis dirigida (ZNF, TALENs, mutagénesis dirigida con oligonucleótidos)	7	24	34	10	23	5	0	2	13	20	2	30	11	0	0	17	0	5	20	8	2	0	0	0	0

TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS OMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA	Autoevaluación (Nivel de conocimiento sobre la tecnología)			Grado de importancia de la tecnología			Posición competitiva			Factores positivos competitivos de España para esta tecnología						Demanda del mercado				Horizonte temporal de implementación en el mercado					
	Alto	Medio	Bajo	Prioritaria	Importante	Poco relevante	Irrelevante	Altamente competitiva	Competitiva	Algunas capacidades	Sin capacidades	Cocimiento científico	Conocimiento tecnológico	Presencia industrial	Legislación	Talento y formación humana	Recursos económicos	Alta	Media	Poca	Sin demanda	Actualmente	2015-2020	2020-2025	>2025
T29. Mejora de las tecnologías de control de la expresión génica mediante el uso de RNAs (RANi, RNAsi, RNAsH, etc)	21	28	24	16	37	4	0	6	34	17	0	56	31	5	1	33	1	13	23	16	1	20	26	4	3
T30. Mejora de las tecnologías de identificación de mutantes (tilling).	15	21	28	11	27	4	0	0	20	19	1	35	22	6	2	24	0	9	17	12	0	18	16	4	1
T31. Cisgénesis e intragénesis.	6	16	37	6	17	7	0	2	10	17	1	26	13	1	0	15	0	4	10	14	0	5	15	7	1
T32. Tecnologías de modificación epigenética (ambiental, tratamiento con inhibidores de DNA metiltransferasas y metilación de ADN dependiente de ARN)	5	17	35	6	14	9	1	3	8	18	3	28	9	1	1	15	1	3	9	13	3	3	12	8	5
T33. Organismos biofactoría como sistemas de expresión de proteínas.	16	19	27	14	25	2	0	7	19	14	0	36	28	16	2	26	2	14	19	5	0	20	14	2	1
T34. Biología sintética.	4	12	39	5	19	5	0	1	9	16	2	24	10	0	0	15	1	3	13	10	2	1	15	7	4
T35. Tecnologías de cromosomas artificiales	2	6	43	1	9	9	1	0	2	17	0	16	4	0	0	5	0	2	4	12	1	1	9	5	4
T36. Puesta a punto de técnicas de manipulación genética y clonación de animales	2	8	41	1	13	6	1	1	3	13	3	13	8	2	1	8	1	2	9	7	3	8	5	4	2
T37. Desarrollo de tecnologías que permitan el uso extensivo de las técnicas de manipulación de gametos y/o embriones.	6	7	42	3	18	3	1	2	9	13	0	19	19	5	2	9	3	5	15	4	0	8	11	3	2
T38. Diagnóstico preimplantacional, selección de gametos y embriones.	6	6	40	8	11	2	1	5	5	9	1	19	13	5	3	8	5	5	14	4	0	9	9	3	1
T39. Sexado de esperma y embriones; modificación de la determinación y/o diferenciación sexual.	6	6	43	4	17	5	0	3	3	18	0	21	14	1	2	6	2	6	11	6	1	9	10	3	1
T40. Desarrollo de vacunas y adyuvantes vacunales de manera coste/efectiva. Micro y nanoencapsulación con nuevos polímeros para facilitar la liberación dirigida. Desarrollo de vectores universales (de especie) de expresión. Desarrollo de nuevas vacunas DIVA.	3	8	39	9	12	1	0	2	8	11	0	17	11	2	0	8	0	6	10	2	1	6	9	1	1
T41. Desarrollo de tecnologías que permitan la liberación dirigida de fármacos en tejidos y órganos mediante reconocimiento molecular.	3	3	40	7	12	0	0	1	8	7	1	16	7	0	0	8	0	9	5	1	1	1	9	3	1

TENDENCIA III. APLICACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS OMICAS E INGENIERÍA GENÉTICA	Autoevaluación (Nivel de conocimiento sobre la tecnología)			Grado de importancia de la tecnología			Posición competitiva				Factores positivos competitivos de España para esta tecnología					Demanda del mercado				Horizonte temporal de implementación en el mercado					
	Alto	Medio	Bajo	Prioritaria	Importante	Poco relevante	Irrelevante	Altamente competitiva	Competitiva	Algunas capacidades	Sin capacidades	Cocimiento científico	Conocimiento tecnológico	Presencia industrial	Legislación	Talento y formación humana	Recursos económicos	Alta	Media	Poca	Sin demanda	Actualmente	2015-2020	2020-2025	>2025
T42. Desarrollo y valoración del uso de probióticos y prebióticos en producción y sanidad animal.	3	6	35	4	13	3	1	1	7	11	1	15	8	1	1	7	1	8	8	3	0	8	9	0	1
T43. Sistemas integrados de identificación de resistencias frente a agentes quimioterápicos basados en mutaciones genéticas en cis y trans, y cambios epigenéticos.	1	4	39	2	10	1	0	0	3	11	0	13	2	1	0	3	0	3	5	5	0	1	9	1	1
T44. Alternativas al uso de quimioterápicos en sanidad y producción animal.	2	5	41	9	5	2	0	1	4	11	0	13	6	2	2	8	2	8	5	2	1	2	9	3	1
T45. Desarrollo de pruebas que permitan la detección precoz del sexo en especies piscícolas	0	2	41	1	8	3	0	0	4	9	0	10	5	2	0	6	0	2	3	5	0	6	4	1	1
T46. Selección, integración, y normalización de técnicas de genotipado de organismos patógenos de especial relevancia basados en polimorfismos genéticos o epigenéticos asociados a virulencia que permitan el seguimiento epidemiológico y el pronóstico clínico de la infección, así como, la selección de cepas y aislados patrón.	7	13	28	12	13	0	0	5	14	6	1	24	11	4	2	19	2	13	10	2	0	13	8	3	1
T47. Desarrollo de tecnologías de diagnóstico molecular en campo portátiles, rápidos y económicos, que determinen estados patológicos y enfermedades, así como que establezcan situaciones de estrés abiótico o biótico, en animales y plantas.	9	23	27	15	22	0	0	5	15	17	1	33	25	7	2	25	1	23	13	3	0	13	18	4	2
T48. Desarrollo de fitosanitarios en base al conocimiento genómico	6	16	31	9	24	0	0	1	11	16	3	27	16	3	1	17	0	12	14	5	0	1	17	8	3
T49. Tecnologías de manejo, mejora genética y selección de insectos utilizados en invernadero que permitan su uso en biocontrol (obtención de estériles, etc.)	3	10	35	6	16	2	0	3	11	9	1	20	15	6	0	16	1	9	12	2	0	11	7	1	2

