



IDENTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES ANDALUZAS EN EL ÁMBITO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

Junio 2021

ÍNDICE

1. Resumen ejecutivo	3
2. Capacidades de las entidades andaluzas en IA	6
2.1 Contexto.....	6
2.2 Metodología	8
2.3 Áreas de especialidad IA y estado actual de las capacidades	9
3. Áreas de investigación de las universidades andaluzas	33
3.1 Metodología.....	33
3.2 Resultados.....	34
4. Mapa geográfico de capacidades	41
5. Oportunidades de mercado	46
5.1. Contexto.....	46
5.2. Sectores de aplicación	46
5.3. Identificación de oportunidades por sector de aplicación	52
6. Oportunidades en el ámbito de la I+D+i.....	77
6.1. Introducción.....	77
6.2. Marco regional, nacional y europeo y organismos relacionados.....	77
6.3. Identificación de oportunidades de financiación.....	82
7. Anexos: Catálogo de entidades IA.....	88
7.1 Anexo 1- Catálogo de Entidades A1.....	88
7.2 Anexo 2- Catálogo de Entidades A2	90
7.3 Anexo 3- Catálogo de Entidades A3.....	91
7.4 Anexo 4 – Catálogo de Entidades B.....	92
7.5 Anexo 5 – Catálogo de Entidades C	94

1. Resumen ejecutivo

El presente informe es un resumen del resultado final de los trabajos realizados para la **“Identificación de las entidades andaluzas con capacidades en Inteligencia Artificial (IA)”**, desarrollados por la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades y SANDETEL, y en el que se ha contado con la colaboración de la Corporación Tecnológica de Andalucía y el Instituto Andaluz de Investigación en *Data Science and Computational Intelligence* (DaSCI). El objetivo de estos trabajos es identificar las capacidades andaluzas en el ámbito de la IA, incluyendo tanto a entidades pertenecientes al sector tecnológico andaluz, como al sistema andaluz del conocimiento y que desarrollan actividad en el ámbito de la inteligencia artificial. De igual forma, se han identificado aquellas infraestructuras científicas y tecnológicas existentes en la región, que son posibles activos a considerar de cara al desarrollo de políticas públicas de fomento de la IA.

La Inteligencia Artificial (IA) es una de las tendencias tecnológicas más prometedoras de los últimos tiempos. Tras décadas de investigación, se ha avanzado científica y tecnológicamente en disciplinas como el aprendizaje automático, el análisis predictivo, algoritmos genéticos, sistemas expertos, visión artificial o procesamiento del lenguaje natural, entre otras. Sin embargo, no ha sido hasta hace unos años cuando el mundo empresarial, la sociedad y las administraciones han podido comprobar la transversalidad y potencialidad de esta tecnología. Gracias al avance en computación y almacenaje y también a la disponibilidad de grandes cantidades de datos, nos encontramos en un momento ideal para que la **IA y todas sus aplicaciones despeguen definitivamente** y todos veamos sus beneficios de manera directa y cercana.

El nuevo marco europeo de ayudas a la I+D+i pone el foco en la IA y todas sus aplicaciones, siendo uno de los pilares tecnológicos, junto con la ciberseguridad y la computación de altas prestaciones. Sin embargo, la realidad en la actualidad es que **el nivel de implantación a nivel empresarial es aún reducido** en Europa, y también en España. En concreto, nuestro país, aunque cuenta con un posicionamiento adecuado con respecto a la media europea en cuanto a su adopción, tiene grandes retos por delante, ya que el 92% de las pymes españolas no incorporan ningún sistema de IA¹.

España ya está trabajando para incentivar la adopción de la IA por parte del sector productivo, la administración y la sociedad. A finales de 2020, se lanzó la **Estrategia**

¹ Dossier “Indicadores de uso de Inteligencia Artificial en las empresas españolas”, publicado por el ONTSI, basado en datos de 2020 y 2021

Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA), cuyo objetivo es su integración en toda la cadena de valor de los diferentes sectores productivos y sociales y que ello pueda suponer un crecimiento económico y una mejora para la sociedad actual. Las medidas concretas para abordar todos los ejes de trabajo están siendo desarrolladas a lo largo de estos meses por lo que debemos estar muy atentos a esta estrategia y la ejecución concreta de todas sus medidas.

En Andalucía, la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades ya ha comenzado a trabajar en el diseño de políticas públicas para impulsar la IA en nuestra región, contexto en el que se enmarca el presente informe.

El mapa andaluz de capacidades en IA que se ha desarrollado como parte de los trabajos ha identificado **189 entidades** con capacidades en materia de IA, de las que **110 son de ámbito empresarial** (Empresas TIC con establecimiento operativo en Andalucía que desarrollan actividad en el ámbito de la IA, así como empresas no TIC que han incorporado tecnologías de IA en sus procesos, productos o servicios), **56 son entidades generadoras de conocimiento y 23 son infraestructuras** científicas y/o tecnológicas.

En el marco de los trabajos se ha analizado, catalogado y caracterizado a este conjunto de entidades, con lo que se ha conseguido una foto actual (a fecha de mayo de 2021) de la **oferta tecnológica andaluza en materia de IA**, así como de la **oferta investigadora o científica en IA**.

Todas las empresas que componen el mapa actual, independientemente de su tamaño o actividad, **apuestan por la I+D** para ser más competitivas en sus sectores. Casi la totalidad de las empresas han realizado proyectos de I+D+i en los últimos años y más de la mitad ha obtenido financiación externa para la ejecución de dichos proyectos, afirmando ser muy importante para la obtención exitosa de capacidades.

Con respecto a las áreas de especialidad en IA, en todos los grupos analizados destacan disciplinas como **análisis predictivo, aprendizaje automático y ciencia de datos**. También se encuentran entidades con capacidades y productos relevantes en otras áreas más singulares, como **procesamiento del lenguaje natural, visión artificial, automatización o robótica**.

Las tecnologías relacionadas con IA se aplican a prácticamente todos los sectores productivos, si bien en Andalucía se catalogan como áreas de trabajo con mayor oportunidad aquellas en las que ya existen productos o servicios disponibles por parte de las empresas de este mapa. Estas áreas son el sector **TIC** propiamente dicho, seguido de **biotecnología y salud, industria y procesos productivos, agroalimentación, administración pública, logística y transporte, aeroespacial o Retail**.

La situación observada en Andalucía es que, a pesar de que la implantación de IA en las empresas andaluzas es modesta, sobre todo en el segmento de las pymes, se cuenta en la comunidad con iniciativas y entidades con un alto conocimiento y experiencia y que disponen de soluciones listas para ser adoptadas por el tejido productivo, la administración

y la sociedad. El estudio concluye que, gracias a su actividad, más de **la mitad de las empresas** consultadas tienen **productos o servicios en estado comercial**.

Desde el punto de vista científico, Andalucía cuenta con una posición privilegiada en cuanto a publicaciones punteras en áreas de la IA, sumándose la gran trayectoria de colaboración entre muchos de estos agentes del conocimiento, acostumbrados a colaborar con empresas y transferir su conocimiento.

Este documento también contiene información detallada sobre **las disciplinas o campos de conocimiento dentro de la IA** en las que están especializadas las entidades andaluzas, **así como el estado actual de desarrollo de estas capacidades**. Para tratar de desgranar qué tipo de capacidades tienen las entidades andaluzas se ha definido una “taxonomía” propia, compuesta por 9 campos de conocimiento dentro de la Inteligencia artificial que incluye: *Machine Learning y Deep Learning, Data Science*, Análisis Predictivo, Sistemas Expertos, Visión Artificial, Procesamiento del Lenguaje Natural, Computación Cognitiva, Planificación Automática y Automatización o Robótica. Para conocer el estado de madurez tecnológica en la que se encuentran estas capacidades, se abordan desde capacidades de I+D+i hasta servicios o productos en estado comercial, pasando por capacidades en materia de consultoría. Las empresas que conforman el mapa andaluz han sido consultadas acerca de qué campos de conocimiento dentro de la IA dominan y en qué estado están estas capacidades, por lo que esta sección analiza toda esta información que, de primera mano nos aportan las entidades que conforman el mapa de capacidades IA.

Por otro lado, se ha incluido en este informe una sección con las oportunidades de mercado en cuanto a la realización de proyectos relacionados con IA. En este sentido, el análisis realizado **aborda siete macro sectores estratégicos**, que abarcan la práctica totalidad de sectores productivos: TICs, aeroespacial y procesos productivos, agroalimentario, biotecnológico y salud, edificación y obra civil, energía y medio ambiente y ocio y turismo. Para cada uno de ellos se han identificado **oportunidades concretas de mercado y las tendencias más disruptivas en el ámbito de IA** que tienen mayor grado de expectación para los próximos años.

Como último punto de este informe, se presentan las **oportunidades detectadas para las entidades que realizan proyectos de I+D+i relacionados con IA**. Se ha realizado un barrido por los programas regionales, nacionales y europeos identificándose oportunidades de financiación para la I+D+i en los próximos dos años para el desarrollo de proyectos innovadores en el ámbito de IA.

Se pretende que este documento contribuya al mejor entendimiento de la situación andaluza en materia de IA, así como de las oportunidades de mercado y de I+D+i existentes en la región. En cualquier caso, el objetivo es favorecer que las políticas públicas de fomento de la IA, que están siendo desarrolladas en este momento, se alineen a la realidad andaluza del sector de la inteligencia artificial.

2. Capacidades de las entidades andaluzas en IA

2.1 Contexto

El mapa andaluz de capacidades en IA está compuesto por tres tipologías de entidades cuya definición se expone a continuación:

Entidades tipo A	Empresas TIC con establecimiento operativo en Andalucía, que desarrollan actividad en el ámbito de la IA, así como empresas no TIC que han incorporado tecnologías de IA en sus procesos, productos o servicios.
Entidades tipo B	Entidades del sistema andaluz de conocimiento (Universidades y grupos de investigación, centros de I+D, centros tecnológicos, DIH...) generadoras de conocimiento en el ámbito de la IA.
Entidades tipo C	Infraestructuras científicas y tecnológicas que pudieran convertirse en activos de interés de cara al desarrollo e impulso de la IA en la región.

Tabla 1 - Tipología de entidades

En la tabla 2 se resumen las principales características del catálogo de entidades tipo A:

RESUMEN ENTIDADES TIPO A- EMPRESAS CON CAPACIDADES IA EN ANDALUCÍA			
Número de entidades	110		
Tipología de empresas (Denominación/Nº)	A1	Empresas TIC andaluzas que desarrollan actividad en el ámbito de la IA	79
	A2	Empresas TIC no andaluzas, pero que tienen en Andalucía centros operativos donde se desarrolle tecnologías en el ámbito de la IA.	22
	A3	Empresas cuyo sector principal no es TIC, pero que han incorporado/adaptado en sus productos/servicios/procesos tecnologías de IA, con equipos internos ya formados en materia de IA.	9

% de pymes	73% (80)
% de mujeres*	27% * (datos disponibles sobre el 41% del conjunto de entidades)
Distribución provincial	Almería (7), Cádiz (3), Córdoba (8), Granada (7), Huelva (2), Jaén (1), Málaga (30), Sevilla (52)
Sectores de aplicación más frecuentes:	TICs (60%), Industria y Procesos productivos (44%), Biotecnología y Salud (41%), Logística y Transporte (38%), Agroalimentario (37%) y Administración Pública (37%)
Áreas de especialidad IA Más frecuentes	Aprendizaje Automático; <i>Machine Learning</i> y <i>Deep Learning</i> , (73%), Ciencia de Datos (70%), Análisis Predictivo (68%), Sistemas Expertos (57%), Visión Artificial (44%)

Tabla 2- Resumen entidades tipo A

En la tabla 3 se resumen las principales características del catálogo de entidades tipo B:

RESUMEN ENTIDADES B- Agentes del sistema andaluz del conocimiento	
Número de entidades	56
Tipología de organismos	Grupos de investigación PAIDI (49), Instituto de Investigación (3), Fundación (3) y Centro tecnológico (1)
N.º investigadores implicados	2.165 investigadores
Doctores /doctorandos	Doctores (452) / doctorandos (239)
% de mujeres*	16,5% * (sobre el 87,5% de respuestas)
Representación provincial	Almería (2), Cádiz (5), Córdoba (5), Granada (11), Huelva (2), Jaén (6), Málaga (6) y Sevilla (19)
Sectores de aplicación más frecuentes:	Biotecnología y Salud (71%), TICs (63%), Energía (52%), Logística y Transporte (50%), Industria y procesos productivos (46%)
Áreas de IA más frecuentes:	Aprendizaje Automático (93%), Ciencia de Datos (80%), Análisis Predictivo (71%) y Sistemas Expertos (73%)

Tabla 3 - Resumen entidades tipo B

Por último, en la tabla 4 se resumen las principales características del catálogo de entidades tipo C:

Resumen Entidades C- Infraestructuras relevantes para IA	
Número de entidades	23
Tipologías de Infraestructuras identificadas	Laboratorios/centros de supercomputación (5), DIH (3), Centros Tecnológicos (2), Instituto de Investigación (2),

	Infraestructuras privada (1), Centros de computación universitarios (10)
Distribución provincial	Almería (1), Cádiz (2), Córdoba (1), Granada (3), Huelva (1), Jaén (2), Málaga (7) y Sevilla (6)
Sectores de aplicación más frecuentes:	TICs (96%), Administración Pública (83%), Energía (83%), Agroalimentario, Comercio, <i>Retail</i> , Logística y transporte y Medioambiente (78%)

Tabla 4 - Resumen entidades tipo C

Se han analizado y caracterizado según su tamaño, tipología, áreas de actividad y también según el sector al que destinan sus capacidades en materia de IA. Los catálogos con los nombres de estas entidades se encuentran también en los anexos de este documento.

De cara a proporcionar en este **informe información diferenciada** y seguir profundizado en el análisis de capacidades en materia de IA en Andalucía, en este apartado se ha analizado y caracterizado a este conjunto de entidades desde otra óptica más específica: **el estado de madurez de las tecnologías de IA de estas entidades.**

A continuación, se expone la metodología de identificación de estas capacidades por área de especialidad y estado de madurez de las tecnologías, así como los resultados obtenidos.

2.2 Metodología

Para el estudio de las capacidades andaluzas en materia de Inteligencia artificial y sus áreas de trabajo ha sido necesario, primero, establecer un conjunto cerrado de **áreas de conocimiento o dominios dentro de la IA** (taxonomía). Esta caracterización fue trasladada a las propias empresas que han formado parte del estudio para que ellas mismas diagnosticaran sus campos de especialidad, para poder posteriormente tratar y explotar toda esta información.

Para definir estas áreas o dominios dentro de la IA, se hizo una indagación en las taxonomías actuales existentes en el estado del arte, tanto de publicaciones científicas como de entidades reconocidas que aplican la IA a ámbitos como salud o industria, para que la taxonomía incluyera tanto áreas científicas como técnicas. Finalmente, las nueve áreas identificadas han sido las siguientes:

1. Machine Learning y/o Deep Learning
2. Ciencia de Datos
3. Análisis Predictivo
4. Sistemas Expertos
5. Visión Artificial
6. Automatización/Robótica (aplicaciones de IA a Hardware)
7. Procesamiento del Lenguaje Natural
8. Planificación Automática

9. Computación Cognitiva

Además, de cara a conocer el nivel de madurez de las tecnologías relacionadas con estas disciplinas, se realizó una división en cuanto al “estado de desarrollo o madurez de las tecnologías” teniendo en cuenta la cercanía al mercado o explotación de estas capacidades. De este modo, para cada una de las 9 áreas anteriores se diferencia, a su vez, entre:

- Existencia de capacidades de I+D+i.
- Existencia de capacidades para desarrollo de productos para terceros.
- Disponible un producto interno desarrollado por terceros.
- Servicio de consultoría disponible.
- Disponible un producto interno de desarrollo propio.

Con la definición de las 9 áreas o dominios dentro de las IA y los 5 estadios de madurez tecnológica expuestos anteriormente, se obtiene una matriz que muestra de manera detallada las capacidades de las entidades andaluzas en materia de IA.

En el siguiente apartado se aporta el **análisis realizado** a partir de esta información **para las entidades de tipo empresarial** (entidades tipo A) y **agentes del conocimiento** (entidades tipo B) que componen el estudio, ya que son las que más recorrido tienen en cuanto a la madurez tecnológica de sus aplicaciones o productos. Las entidades tipo C (infraestructuras) han sido excluidas de esta caracterización, puesto que en su mayoría son recursos de computación u otras infraestructuras, a su vez adscritas a un organismo público o privado, en algunos casos.

2.3 Áreas de especialidad IA y estado actual de las capacidades

Como se detallaba anteriormente, se ha realizado un análisis y caracterización de áreas de especialidad o dominios de trabajo dentro de la Inteligencia Artificial para entidades tipo A (empresas) y tipo B (agentes del conocimiento), que se detallan a continuación.

Caracterización de entidades empresariales: Tipo A

Se han identificado 110 empresas, no sólo empresas TIC andaluzas, sino también empresas nacionales o incluso internacionales con presencia en alguna provincia andaluza o con equipos de trabajo en Andalucía con capacidades en IA. Además, se han incluido también en el mapa un conjunto de empresas no necesariamente TIC pero con fuerte componente tecnológica, que han adoptado soluciones de IA o bien ofrecen servicios relacionados con IA.

Como se aprecia en la tabla 2, se denomina A1 a aquellas entidades TIC andaluzas, A2 a las entidades TIC no andaluzas, aunque con presencia en Andalucía, y A3 al conjunto de aquellas empresas que trabajan en otros sectores, pero que han incorporado/adaptado en sus servicios o procesos tecnologías de IA.

Como puede apreciarse en el gráfico 1, de las 110 entidades de tipo empresarial, 79 de ellas son de tipología A1 (un 72%). Es decir, hay **79 empresas TIC netamente andaluzas con capacidades en IA**. Además, estas empresas son **mayoritariamente pymes** (un 88% de ellas) y están distribuidas **por toda la geografía** andaluza.

Otras 22 empresas TIC nacionales y/o internacionales han apostado por nuestra región para desplegar equipos estables de trabajo con experiencia en IA. Se trata de la tipología de empresa A2. Estas empresas TIC que se instalan en Andalucía son mayoritariamente grandes (un 73% de ellas) y apuestan por Sevilla, Málaga o Córdoba para establecer sus sedes operativas.

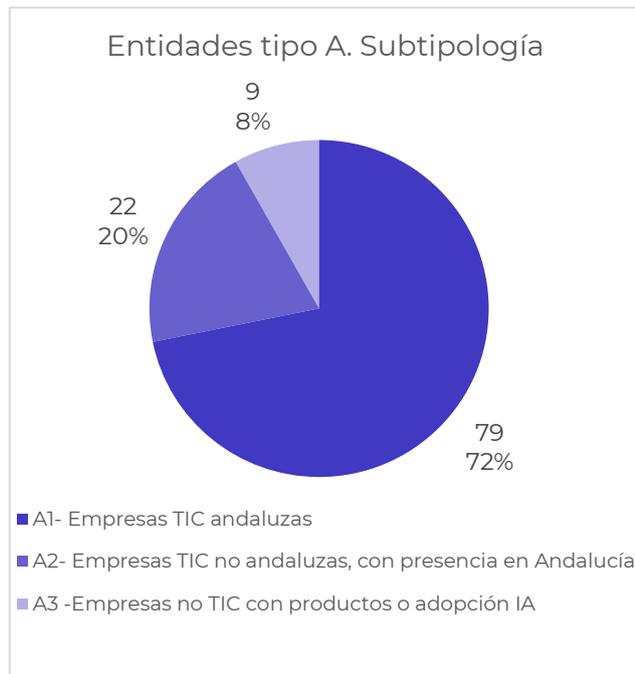
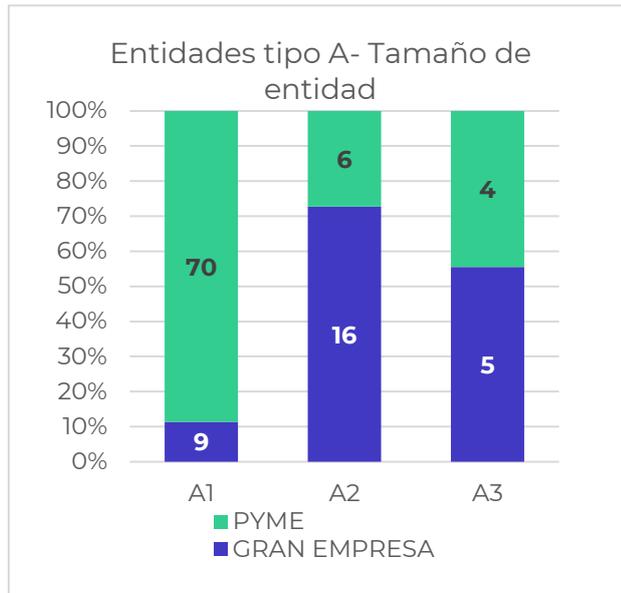


Gráfico 1 - Entidades A. Distribución por subtipología

Por último, se han identificado en nuestra región otras 9 entidades no TIC, pero con fuerte componente tecnológica, que operan en sectores como aeronáutico, procesos productivos o energía, que ya han adoptado la IA en sus procesos o productos, fruto del desarrollo de proyectos propios o en colaboración con terceros. Estas empresas también son mayoritariamente grandes (56%) y disponen de equipos de trabajo expertos formados en IA.

Analizando el tamaño según la tipología de empresa, encontramos una **mayoría de pymes** (73%, lo que supone 80 de las 110), frente a un 27% de grandes empresas (30 de las 110). Esta tendencia está alineada con el sector TIC en conjunto, donde encontramos mayormente pymes y micropymes, tanto a nivel español como a nivel andaluz. Puede observarse la distribución detallada de entidades tipo A y subtipologías en el gráfico 2.



Respecto a la representatividad provincial, encontramos **entidades con capacidades en IA en todas las provincias andaluzas** sin excepción, lo cual deja entrever una tendencia creciente a la descentralización de los habituales polos TIC andaluces, que tradicionalmente se encuentran en Sevilla y Málaga.

Gráfico 2- Distribución entidades A por tamaño de empresa

Más concretamente, la tipología de entidades A1 tiene representación en todas las provincias andaluzas, la tipología A2 está más localizada en Sevilla, Málaga y también Almería, y la tipología A3 la encontramos mayormente concentrada en los polos TICs y aeronáuticos andaluces. La distribución completa de subtipologías de entidad A por provincia puede verse en el gráfico 3.

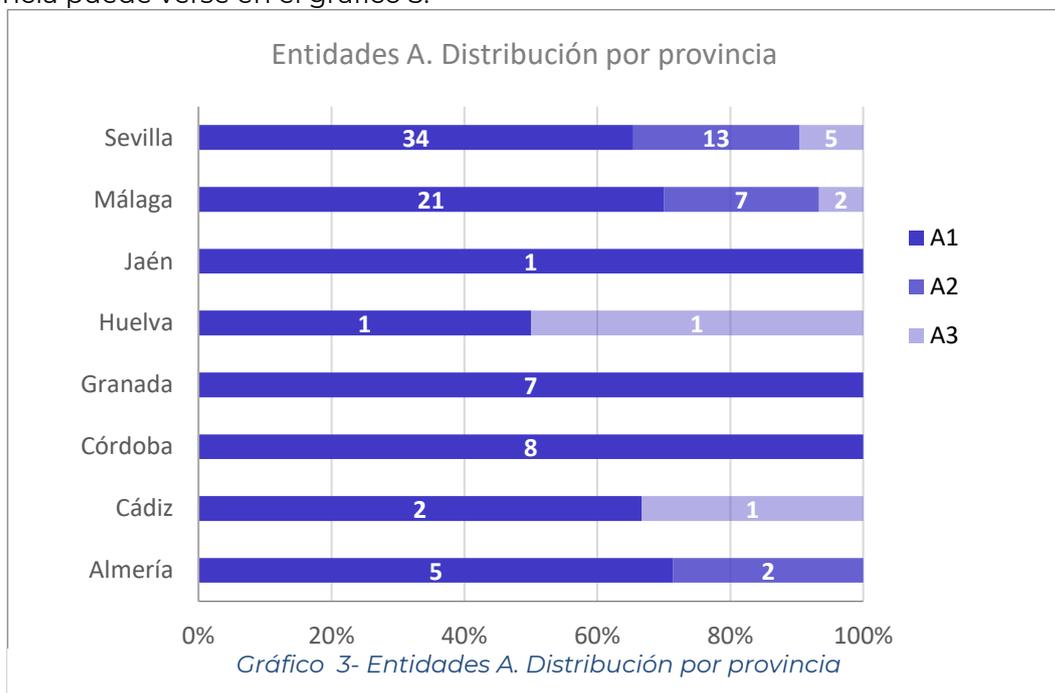


Gráfico 3- Entidades A. Distribución por provincia

Respecto a los datos de **género y la presencia de mujeres en el sector de la Inteligencia Artificial**, aunque no están disponibles los datos para el conjunto completo de empresas que componen el mapa andaluz, sí que se disponen datos para un subconjunto de él, conformado por 44 empresas que además son mayoritariamente pymes y donde las mujeres **representan el 27%** de la plantilla.

Sectores de aplicación de la IA y disponibilidad de soluciones: Tipo A

De las empresas que componen el mapa andaluz de capacidades en IA, casi un **68% de ellas afirman² tener productos o servicios disponibles** en estado comercial y listos para aplicar a sectores como **salud, industria, logística, transporte o agroalimentario, además del propio sector TIC.**

España, con una adopción de IA por parte del sector empresarial del 7%, figura por encima de la media de la Europa de los 27, que se sitúa en el 6% según un reciente informe publicado por ONTSI³. Esto implica que el sector productivo empieza a estar preparado para adoptar esta tecnología tan transversal.

Que más de la mitad de las empresas tecnológicas del catálogo andaluz de IA tengan productos listos para transferir al mercado es, sin duda, una gran oportunidad para el resto del tejido productivo, tanto andaluz como nacional. En la consulta realizada a las empresas que forman parte de este estudio, muchas de ellas exponían casos de éxito de proyectos relacionados con IA, bien a nivel de proyecto de I+D+i bien a nivel de implantación en cliente.

El gráfico 4 muestra los sectores de aplicación a los que se dirigen las empresas andaluzas con capacidades en IA. Las barras del gráfico representan qué % de las empresas tipo A trabajan en cada uno de los sectores.

² Según la consulta online realizada a la que han respondido 74 entidades tipo A.

³ Dossier ONTSI de Indicadores sobre el uso de la IA en España en 2020.

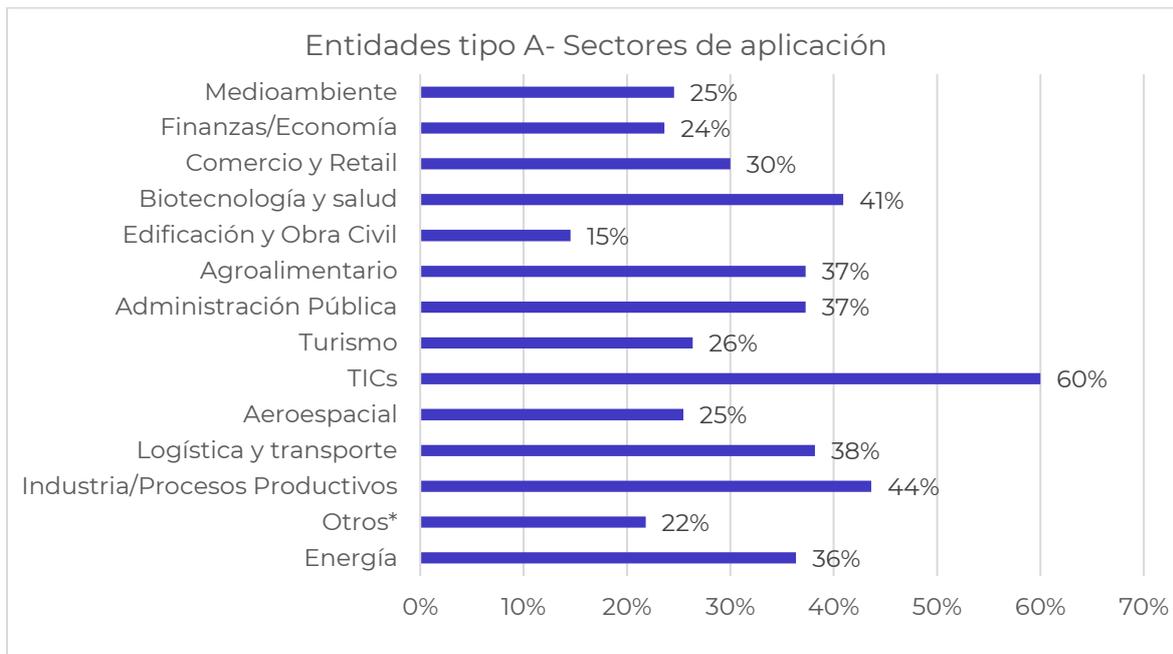


Gráfico 4 - % de entidades A que trabajan en los diferentes sectores de aplicación.

La primera idea que se desprende del anterior gráfico es que las capacidades existentes en la región en materia de IA **pueden aplicarse a prácticamente todos los sectores productivos**. El análisis se ha hecho con 13 sectores de aplicación entre los que figura energía y medioambiente, aeroespacial y procesos productivos, TICs, Industria, salud, turismo, ocio, *retail*, finanzas, edificación y obra civil, logística y transporte. Pero muchas de estas empresas marcaban otros posibles sectores de aplicación como seguridad, defensa, naval, ferroviario o *smart cities*. El estudio realizado a nivel andaluz confirma de nuevo la transversalidad de estas tecnologías y la gran oportunidad que representan para todo el ecosistema, que además dispone de “materia prima” para que estos proyectos se realicen dentro de la región.

Más concretamente, las empresas con especialización en IA **enfocan sus capacidades al sector TIC** mayoritariamente, pero también un 44% de ellas aplican sus capacidades al **sector industrial y procesos productivos**, un 41% al **sector biotecnología y salud**, un 38% al **sector logístico y el transporte** y un 37% al **sector agroalimentario y administración pública**. De estas cifras se desprende que en estos sectores productivos es donde mayor área de oportunidad encontramos para aplicar estas tecnologías basadas en IA. Como decíamos anteriormente, un 22% de las entidades trabajan en la categoría de “Otros” entre los que encontramos el sector ferroviario, bioinformática, *smart cities*, seguros o defensa.

Áreas de especialidad científico-técnica dentro de la IA: Tipo A

Para la elaboración de este mapa también se ha indagado en qué campos de conocimiento o disciplinas englobadas dentro del concepto de “Inteligencia Artificial” presentan capacidades las entidades analizadas. Si bien la IA es en sí misma transversal y confluye con otras muchas disciplinas científico-técnicas, se ha desarrollado en el marco de este servicio una **taxonomía propia o definición de ramas de la IA**, finalmente compuesta por 9 áreas de trabajo, que pueden verse en la figura siguiente.

Como puede observarse en el gráfico 5, entre las áreas de especialidad o disciplinas más frecuentes en las capacidades andaluzas encontramos todas las relacionadas con el *Machine Learning y Deep Learning* (73%), seguidas del análisis predictivo (un 68% de las empresas analizadas tienen capacidades) y la ciencia de datos (con un 70%).

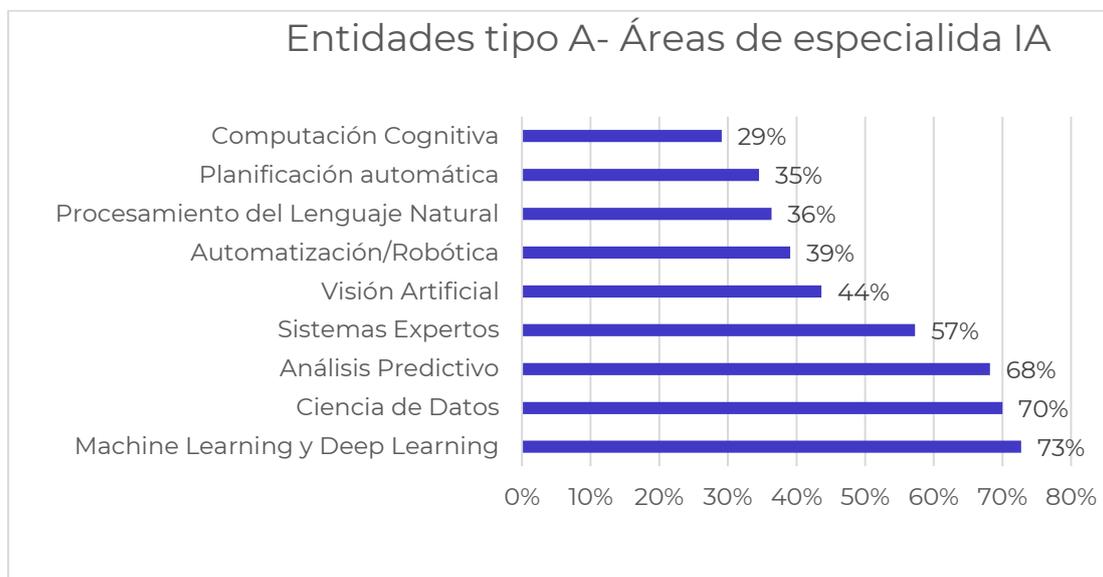


Gráfico 5 - % de entidades A por áreas de especialidad IA

También existen otros campos de conocimiento dentro de la IA muy frecuentes entre las entidades andaluzas como el desarrollo de sistemas expertos (un 57% de las empresas tienen estas capacidades), las técnicas de visión artificial, presente también casi en la mitad de las empresas analizadas (en el 44% de ellas), o la automatización y robótica (en un 39% de las mismas). Se han encontrado entidades en Andalucía dedicadas también a innovar en otros campos de conocimiento como el procesamiento del lenguaje natural (NLP hablado, escrito, supervisado, no supervisado), la planificación automática o la computación cognitiva, áreas también muy relacionadas con la automatización de procesos.

Estrategia de I+D+i y financiación pública: Tipo A

En la consulta llevada a cabo para la realización de este estudio se preguntaba también por la trayectoria de I+D+i de estas empresas con capacidades en IA. Más del 80% de las empresas que componen el mapa andaluz de capacidades IA ha desarrollado estas capacidades gracias a su estrategia de I+D+i y a la ejecución de proyectos en esta materia y más del 73% lo ha hecho en los últimos 5 años.

Las empresas consultadas coinciden en la **financiación pública como factor clave** para el desarrollo de sus proyectos de I+D+i.

Más concretamente, un 56% de las empresas que han recibido financiación externa lo ha hecho de organismos nacionales, mientras que un 31% lo han hecho de organismos andaluces. Los programas internacionales también empiezan a ser relevantes para las empresas andaluzas ya que un 33% de ellas financia sus proyectos de I+D+i mediante este tipo de programas como puede observarse en el gráfico 6.

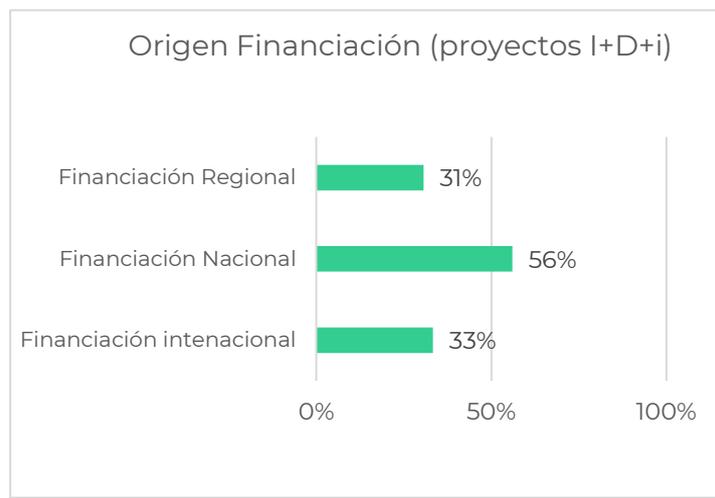


Gráfico 6- % entidades A por tipo de financiación

Colaboraciones: Tipo A

El estudio desprende también algunos datos interesantes respecto a la transferencia de conocimiento Universidad - Empresa cuando se trata de IA.

Existe una **tendencia natural a la colaboración de las entidades andaluzas expertas en IA con las universidades existentes en la región**. En el gráfico 7 puede observarse que el 71% de las empresas de la región colaboran en sus proyectos de I+D+i con universidades andaluzas. El 33% lo hace centros tecnológicos nacionales, el 28% con

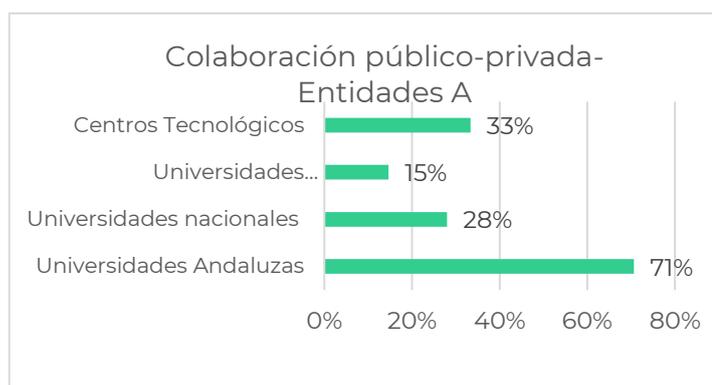


Gráfico 7- % entidades. Tipo de colaboraciones

universidades nacionales y sólo el 15% colabora con universidades internacionales.

Con respecto a la colaboración efectiva entre empresas, un 20% de las empresas analizadas colaboran con otras empresas andaluzas, un 12% con empresas nacionales y un 11% con otras empresas internacionales.

Además, para más de la mitad de las entidades de este tipo que han participado en el estudio, la IA tendrá una influencia transversal a todas las líneas de negocio de la empresa⁴, siendo clave para el desarrollo de sus capacidades el acceso a fuentes de financiación públicas y el fomento de la colaboración con el sector público, concretamente universidades y centros tecnológicos especialistas en la materia.

Por último, para finalizar la caracterización de empresas, se ha hecho también un análisis pormenorizado por subtipología de empresa (subgrupos A1, A2 y A3). A continuación, se aporta el resumen de cada una de ellas en las tablas 5, 6 y 7.

RESUMEN ENTIDADES A1- Entidades TIC andaluzas con capacidades en IA	
Número de entidades	79
% de pymes	88% (70)
% de mujeres*	26% (*sobre el 45% del conjunto de entidades tipo A1)
Distribución provincial	Almería (5), Cádiz (2), Córdoba (8), Granada (7), Huelva (1), Jaén (1), Málaga (21) y Sevilla (34)
Sectores de aplicación más frecuentes	TICs (56%), Industria y procesos productivos (41%) biotecnología y Salud (41%), Agroalimentario (38%)
Áreas de IA más frecuentes	Aprendizaje Automático (81%), análisis predictivo (68%), ciencia de datos (66%) y sistemas expertos (57%).
Catálogo completo en:	Anexo 1

Tabla 5 - Resumen catálogo entidades A1

RESUMEN ENTIDADES A2- Entidades TIC no andaluzas con presencia en Andalucía	
Número de entidades	22

⁴ Según la consulta online realizada a la que han respondido 74 entidades tipo A.

% de pymes	27,3% (6)
% de mujeres*	33% * (sobre el 32% del conjunto de entidades)
Distribución provincial	Almería (2), Málaga (7) y Sevilla (13)
Sectores de aplicación más frecuentes	TICs (91%), Administración Pública (59%), biotecnología y Salud (59%), Industria y procesos productivos (59%)
Áreas de IA más frecuentes	Ciencia de datos (82%) Aprendizaje Automático (73%), análisis predictivo (73%) y Sistemas Expertos (64%)
Catálogo completo en:	Anexo 2

Tabla 6 - Resumen catálogo entidades A2

RESUMEN ENTIDADES A3- Entidades no TIC con capacidades/adopción en IA	
Número de entidades	9
% de pymes	44% (4)
% de mujeres*	24,6% (*sobre el 11% del conjunto de entidades)
Distribución provincial	Cádiz (1), Huelva (1), Málaga (2) y Sevilla (5)
Sectores de aplicación más frecuentes	Energía (44%), Otros-aeronáutico, Defensa, Educación (44%), Industria y procesos productivos (33%)
Áreas de IA más frecuentes	Análisis predictivo (78%), Ciencia de Datos (56%), Visión Artificial (56%), Sistemas Expertos (44%)
Catálogo completo en:	Anexo 3

Tabla 7 - Resumen catálogo entidades A3

Del análisis pormenorizado de entidades se extraen algunas reflexiones:

- La tabla 5, que resume el catálogo de entidades A1, muestra que el mapa de capacidades IA se compone mayoritariamente de empresas TIC netamente andaluzas, suponiendo este subconjunto un 72% del total de entidades identificadas (79 entidades). Una gran mayoría (88%) de estas empresas son pymes y se

encuentran distribuidas entre todas las provincias andaluzas, aunque mayormente centradas en Sevilla, Málaga, Córdoba y Granada. El promedio de mujeres que trabajan en empresas con capacidades en IA sigue el promedio del sector TIC regional andaluz estando cercano al 30%. Además, estas empresas tienen una fuerte trayectoria en innovación y han ejecutado casi en su totalidad proyectos de I+D+i en esta materia en los últimos 5 años. Más de la mitad de estas empresas ha conseguido financiación externa para estos proyectos, y esta financiación es mayoritariamente nacional.

- La tabla 6, que resume el catálogo de entidades A2, muestra que existen en Andalucía más de una veintena de empresas TIC nacionales o internacionales con establecimiento operativo en Andalucía. Son en su mayoría grandes empresas (73% de ellas) y que abren sedes en una o varias provincias andaluzas con equipos formados en IA. Estas empresas se han establecido en Sevilla, Málaga y Almería, y trabajan para diferentes sectores de aplicación entre los que destacan TIC, administración pública, salud o procesos productivos. Entre este conjunto encontramos una media de mujeres un poco superior al primer subconjunto (un 33% de mujeres). Al igual que el primero, la mayoría financia externamente su I+D+i con financiación de origen nacional.
- La tabla 7, que resume el catálogo de entidades A3, muestra que existen otras 9 empresas trabajando en sectores diferentes al TIC (naval, aeronáutico, energético, educación...) que son un ejemplo de la incorporación efectiva de herramientas o aplicaciones de IA a sus productos, servicios o procesos, o bien tienen capacidades o equipos expertos formados en IA. Algo más de la mitad de ellas son grandes empresas (56%) y se encuentran en Cádiz, Huelva, Sevilla y Málaga. Estas empresas tienen una trayectoria de I+D+i muy fuerte gracias a la cual han obtenido estas capacidades y una mayoría colabora con grupos universitarios.
- Todas las empresas que componen el mapa, independientemente de su tamaño o sector de actividad, apuestan por la I+D como palanca para innovar y ser más competitivas en sus sectores. Casi la totalidad de las empresas ha realizado proyectos de I+D+i en los últimos años y más de la mitad además ha obtenido financiación externa para la ejecución de dichos proyectos, afirmando ser muy importante para la consecución exitosa de estas capacidades.
- La disponibilidad de fuentes públicas de financiación es un factor clave para el desarrollo y el éxito de estos proyectos de I+D+i. Actualmente las empresas solicitan en su mayoría financiación nacional, siendo la financiación regional minoritaria.
- Con respecto a las áreas de especialidad IA, en todos los grupos de entidades analizados hay capacidades en campos como análisis predictivo, aprendizaje automático y ciencia de datos. También se encuentran entidades con capacidades y productos relevantes en otras áreas más singulares como procesamiento del lenguaje natural, visión artificial, automatización o robótica.

- Las tecnologías relacionadas con IA se aplican a prácticamente todos los sectores productivos, si bien en Andalucía se detectan como áreas de trabajo con mayor oportunidad aquellas en las que ya existen productos o servicios disponibles por parte de las empresas de este mapa. Estas áreas son TICs propiamente dicha, biotecnología y salud, industria y procesos productivos, agroalimentario, administración pública, logística y transporte, aeroespacial, turismo y *retail*.

Como se comentaba en el apartado de metodología, en el transcurso de los trabajos se solicitó a las empresas, mediante encuesta online, no sólo que caracterizaran sus capacidades en estas áreas, sino que realizaran un autodiagnóstico sobre el **estado de desarrollo de estas capacidades**, contemplándose desde la existencia de capacidades de I+D+i (TRLs bajos⁵) hasta la existencia de soluciones o productos en estado comercial (TRLs altos).

El gráfico 8 muestra la “matriz de capacidades” de las entidades tipo A por área de especialidad. Las barras representan qué porcentaje de las empresas del estudio (de las 110) tienen capacidades en cada rama de la IA y en qué estado está dicha capacidad:

⁵ TRL o Niveles de Madurez tecnológica es la escala numérica en la que se mide la I+D. Ver <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/393/NOTAS.pdf>

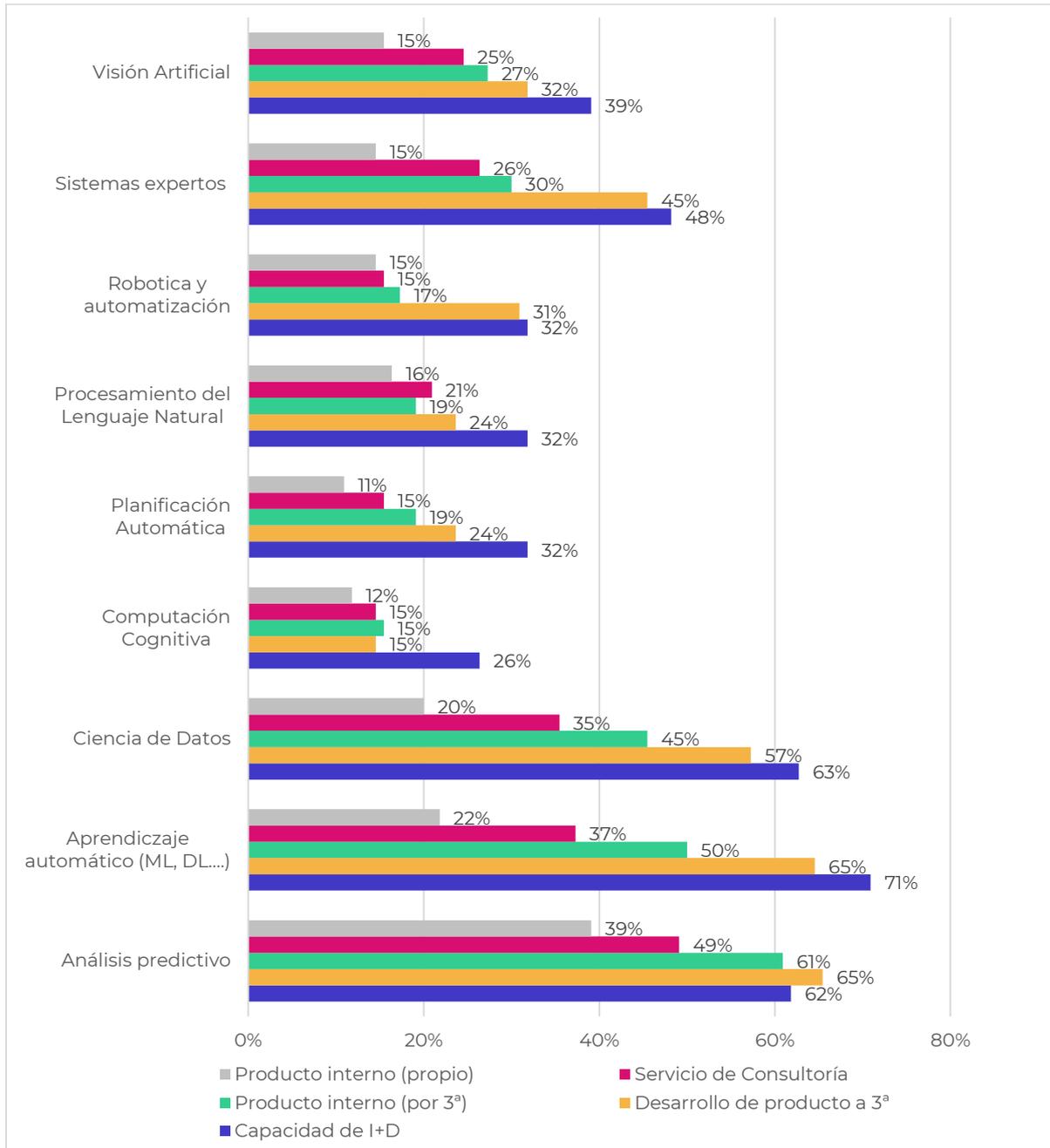


Gráfico 8- Caracterización entidades tipo A por área de especialidad IA y estado de estas capacidades.

A continuación, se detalla el análisis realizado por área de especialidad IA, destacando algunos aspectos llamativos que se desprenden de la lectura del gráfico 8.

1. Análisis predictivo

El análisis predictivo supone realizar predicciones basadas en un conjunto de datos, haciendo uso de una serie de técnicas de analítica, estadística y también de aprendizaje automático para crear un modelo y poder predecir eventos futuros. Se enmarca entre las disciplinas de aprendizaje automático y hace uso de la ciencia de datos, y junto con estas dos, son las tres áreas más frecuentes de trabajo.

En el caso de Andalucía, el 68% de las empresas del estudio tiene capacidades en análisis predictivo. Más de la mitad de ellas dicen tener capacidades para desarrollar productos a terceros (un 65%). Casi la mitad desarrolla consultoría en esta materia (49%) por lo que esta tecnología se encuentra ya en un estado maduro para ser aplicado a otros sectores, siendo además un área bastante transversal. Además, el 62% tiene capacidades para desarrollar proyectos de I+D+i. Es importante destacar también que hay un buen número de entidades que tienen aplicaciones dentro de la empresa (producto interno desarrollado por terceros) que hacen uso del análisis predictivo.

2. Técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning y Deep Learning)

En esta área de especialidad englobamos el aprendizaje automatizado o el aprendizaje máquina, un subcampo de las ciencias de la computación y una de las ramas de la Inteligencia Artificial más prometedoras y más transversal. El objetivo de este tipo de técnicas, que también incluyen aprendizaje profundo (Deep Learning) es desarrollar modelos que permiten a los computadores aprender de los datos.

El 73% de las empresas del estudio dice tener capacidades en aprendizaje automático; además un buen número de ellas (el 71%) sigue desarrollando sus capacidades de I+D+i en disciplinas como el *Machine Learning* o *Deep Learning*. Un 65% de las empresas desarrolla productos para terceros en materia de aprendizaje automático. Por otro lado, la mitad de las entidades empresariales que componen el estudio dice tener un producto interno desarrollado por terceros que hace uso de algunos de los algoritmos de aprendizaje automático, por lo que, a la vista de los números de este informe, sin duda esta es una disciplina que tiene un grado de madurez avanzado en la región.

3. Ciencia de Datos

Esta área de especialidad está muy relacionada con las anteriores, siendo en la práctica difícil de distinguir ciertas áreas de capacidad como Big Data. También es una de las capacidades más presentes en la región. Un 70% de las empresas que componen el estudio tiene conocimiento, aplicaciones o tecnología relacionado con la ciencia de datos. De entre ellas, además más de la mitad dicen estar preparadas para desarrollar productos a terceros (un 57%). Muchas de ellas tienen capacidades de I+D+i (un 63%) y algo más de la mitad de las entidades (un 57%) dicen tener un producto interno implantado relacionado con la ciencia de datos.

4. Computación Cognitiva

Sólo un 29% de las empresas que componen el estudio dice tener capacidades en el área de computación cognitiva. Es una de las disciplinas de la IA más primigenias y quizás está menos representada porque ha evolucionado notablemente hacia otras áreas, como la minería de datos, el reconocimiento de patrones o incluso el lenguaje natural para imitar, en este caso, el comportamiento del cerebro humano. De entre las entidades del estudio que tienen este campo entre sus capacidades, sólo hay un 26% que sigue desarrollando capacidades de I+D+i o proyectos en estas áreas. Un 15% de ellas afirman tener productos para implantar en terceras empresas o productos internos, y casi otro 15% de las entidades dice desarrollar consultoría en torno a la computación cognitiva.

5. Planificación Automática

La planificación automática tiene por objetivo la producción de planes para ser ejecutados por robots u otro tipo de agentes. Esta disciplina de la IA es una de las menos representadas entre el conjunto de capacidades andaluzas también debido a que ha evolucionado hacia otras disciplinas más complejas como la automatización y la robótica, siendo la base de ambas. El 35% de las empresas que componen el estudio están capacitadas para desarrollar aplicaciones que impliquen planificación automática. Un 32% de ellas sigue ejecutando proyectos de I+D+i en este ámbito, y casi una cuarta parte (el 24%) desarrolla productos a terceros.

6. Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP o PLN)

Esta disciplina forma parte del campo de la Inteligencia Artificial, pero también de las ciencias de la computación y de la lingüística, estudiando las interacciones entre los ordenadores y el lenguaje humano. NLP es una disciplina con una madurez importante en el mercado global, existiendo números asistentes virtuales por voz y texto, si bien sigue teniendo un amplio recorrido en I+D+i. También está muy relacionado con otras disciplinas de la IA, como el aprendizaje automático y el reconocimiento de patrones.

Un 36% de las entidades con capacidades en IA en nuestra región tiene específicamente capacidades en NLP. Un 32% de las empresas hace I+D+i en torno a esta disciplina, y casi una cuarta parte tiene desarrollos de productos para terceros (24%). Además, un 21% desarrolla servicios de consultoría en esta área, y sólo un 16% tiene productos internos propios.

7. Robótica y automatización

Muy relacionada con la disciplina de planificación automática, la automatización y la robótica está centrada en el uso de robots para la realización de procesos

automáticos, y está siendo muy usada en el ámbito industrial en la actualidad. Casi un 40% de las empresas del estudio tiene capacidades en este ámbito, por lo que puede afirmarse que en Andalucía existe potencial para continuar desarrollando proyectos y aplicaciones en esta área.

Alrededor de un 30% de las empresas del estudio tiene capacidad para desarrollar proyectos de I+D y transferirlo a terceros, un 15% desarrolla labores de consultoría en torno a ella y sólo un 15% de las empresas del estudio tiene producto propio.

8. Sistemas expertos

Un sistema experto es un sistema informático que emula el razonamiento humano y actúa tal y como lo haría un experto en el área de conocimiento en cuestión. Se considera una rama de la Inteligencia Artificial, y tiene un grado de madurez alto en el mercado, estando muy relacionada con los sistemas de apoyo a la toma de decisiones y la ciencia de datos. Un 57% de las empresas que conforman el estudio regional tiene capacidades para desarrollar sistemas expertos. Casi la mitad de ellas, además, ejecuta proyectos de I+D+i en la actualidad (un 48%). Un 45% dice tener disponibles productos para implantar a terceros relacionados con sistemas expertos, y sólo un 26% dice tener servicios de consultoría en esta línea.

9. Visión Artificial

La visión artificial o visión por computador es una disciplina científica que procesa imágenes del mundo real, las analiza y las interpreta, con el fin de producir información que pueda ser tratada o explotada posteriormente. Está muy relacionada con otras disciplinas, como el reconocimiento de objetos o patrones y el aprendizaje automático.

El 44% de las empresas con capacidades IA de nuestra región tiene, además, capacidades de visión artificial, siendo esta disciplina también bastante transversal y transferible a sectores como la industria, la salud o la seguridad. Es destacable que un 39% de las empresas del estudio sigue desarrollando sus capacidades de I+D+i en torno a la visión artificial. Además, un 32% tiene desarrollo de productos para terceros, y un 25% servicios de consultoría, siendo una disciplina que se encuentra presente en la región a nivel de capacidades empresariales.

Caracterización de agentes del conocimiento: Tipo B

Se han identificado en nuestra región **56 entidades** dentro del sistema andaluz de conocimiento que tienen capacidades en IA y **que involucran a más de 2.000 investigadores andaluces**. Dentro de este grupo existen diferentes tipologías de agentes, pero abundan los grupos de investigación públicos andaluces, seguidos de institutos de investigación, centros tecnológicos y fundaciones orientadas a la investigación. En el gráfico 9 puede verse la distribución de estos agentes por tipología.

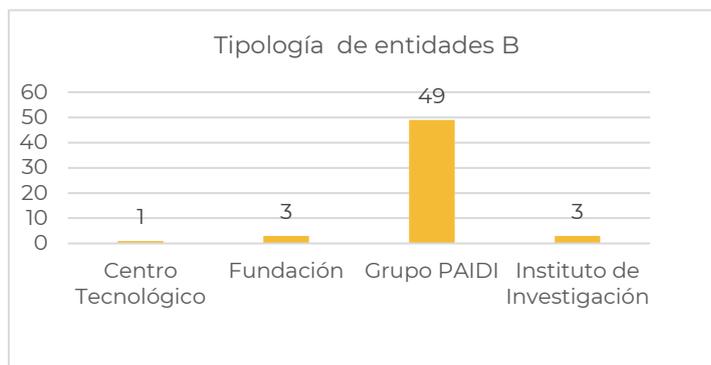


Gráfico 9 - Entidades B por tipología.

Como puede verse en el gráfico 9, un total de 49 de las entidades tipo B son grupos de investigación pertenecientes a las 9 universidades andaluzas. Existe otro conjunto de 7 entidades entre las que se encuentran los institutos de investigación, centros tecnológicos o fundaciones a menudo centradas en otras disciplinas como la salud, el espacio, el metal o matemáticas, que también disponen de grupos de trabajo y capacidades en el ámbito de la IA.

La consulta realizada arroja también datos sobre doctores y doctorandos trabajando en IA en la región, si bien este dato no es exhaustivo. Entre estas entidades de investigación, concretamente dentro los grupos de investigación públicos andaluces hay al menos 452 doctores y 239 doctorandos trabajando en materia de IA.

Con respecto a los datos de género, y si consideramos el sector de la investigación en IA, la cifra de mujeres investigadoras se sitúa en algo más del 16,5%, cifra inferior a la que puede verse en el sector productivo a la vista de los datos de este estudio. Los datos de género están disponibles para un conjunto representativo de entidades tipo B (para un 87,5% de ellas).

Si analizamos la representación provincial, encontramos entidades del conocimiento con capacidades IA en todas las provincias andaluzas, si bien Sevilla y Granada son las provincias con mayor concentración de este tipo de agentes, como puede verse en el gráfico siguiente.



Gráfico 10 - Entidades B por provincia

Como puede verse en el gráfico 10, en general todas las universidades andaluzas tienen adscritos grupos de investigación en áreas y disciplinas alineadas con la Inteligencia Artificial perteneciente a diferentes departamentos relacionados con las telecomunicaciones, la informática, las matemáticas, ingeniería industrial, robótica, etc. En este sentido hay que destacar que **el análisis presentado en este informe no es exhaustivo y caracteriza sólo a estas 56 entidades**, que han formado parte del mismo.

Respecto a las áreas de especialidad dentro de la Inteligencia artificial, el estudio muestra una **gran variedad de campos de conocimiento** entre los agentes del conocimiento, existiendo capacidades en todas las disciplinas de la taxonomía que ha sido diseñada para el estudio. Como se puede apreciar en el gráfico 11, es muy significativo el % de entidades que tiene capacidades en **Machine Learning o Deep Learning** (un 93% de ellos), por lo que esta disciplina es una de las más “ofertadas” desde el punto de vista científico-técnico.

Otras especialidades como la ciencia de datos, los sistemas expertos o el análisis predictivo predominan también en una amplia mayoría de las entidades identificadas, como se aprecia en la gráfica 11. No obstante, más adelante en este informe se presenta un estudio bibliométrico sobre las publicaciones de todas las universidades andaluzas relacionadas con la Inteligencia Artificial, basado en un conjunto de palabras clave directamente relacionadas con estas disciplinas científico-técnicas.

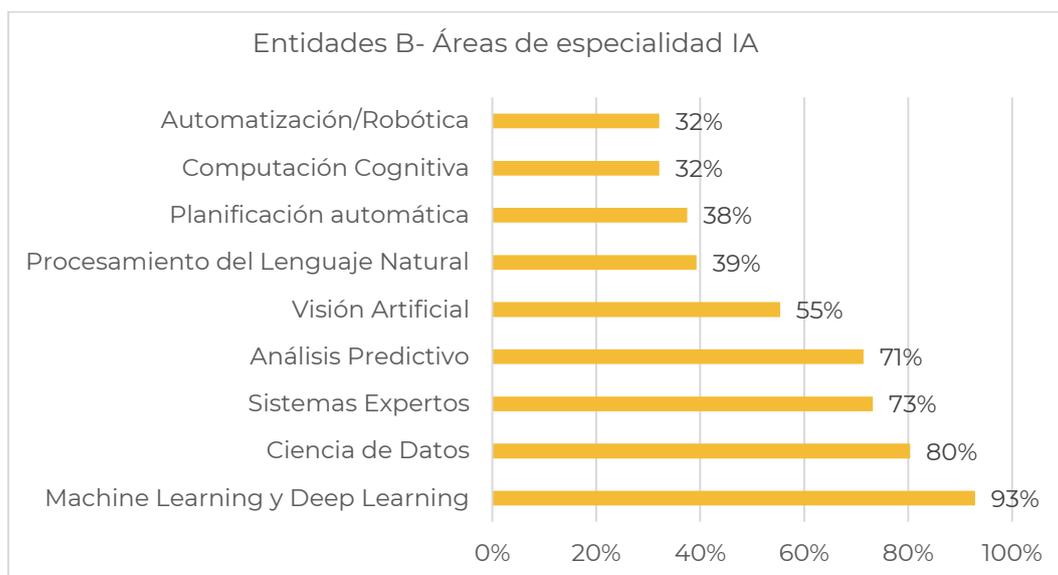


Gráfico 11- % entidades tipo B por área de especialidad IA

Trayectoria de I+D+i, financiación pública y colaboración: Tipo B

La consulta realizada arroja también datos muy interesantes con respecto a la trayectoria de I+D+i de estos agentes del conocimiento:

- Casi el **90% de estas entidades tienen en la actualidad proyectos de I+D+i en ejecución**, para seguir desarrollando sus capacidades en IA.
- **Casi la totalidad de ellas** (50 entidades) **acceden a financiación pública externa** para sus trabajos de investigación o sus proyectos relacionados con IA.
- Sobre el conjunto de entidades que financian externamente sus proyectos de I+D+i, la financiación más frecuente es la nacional, seguida de la financiación regional (42%) y de la internacional (40%).
- El 43% de las entidades tipo B colaboran con otros organismos del sector público andaluz (otros grupos de investigación universitarios, en su mayoría). El 41% lo hacen con otros organismos de investigación a nivel nacional y el 20% con centros tecnológicos nacionales.

Colaboración con el sector productivo. Transferencia de conocimiento: Tipo B

Más de la mitad de las entidades que componen el sistema andaluz del conocimiento colaboran con el tejido productivo andaluz, algo muy llamativo y que supone un gran avance para la colaboración universidad-empresa. Hay un 55% de las entidades tipo B que afirman colaborar habitualmente con empresas tanto nacionales como en algunos casos

internacionales (en un 15% de los casos). El tipo de empresas con la que colaboran es mayoritariamente empresa andaluza, seguida de empresa nacional.

Por último, los proyectos en los que trabajan o transfieren sus investigaciones están enmarcados en muchos de los sectores productivos, como puede observarse en el gráfico 12 que muestra qué % de los agentes del conocimiento aplican sus capacidades a diferentes sectores productivos.

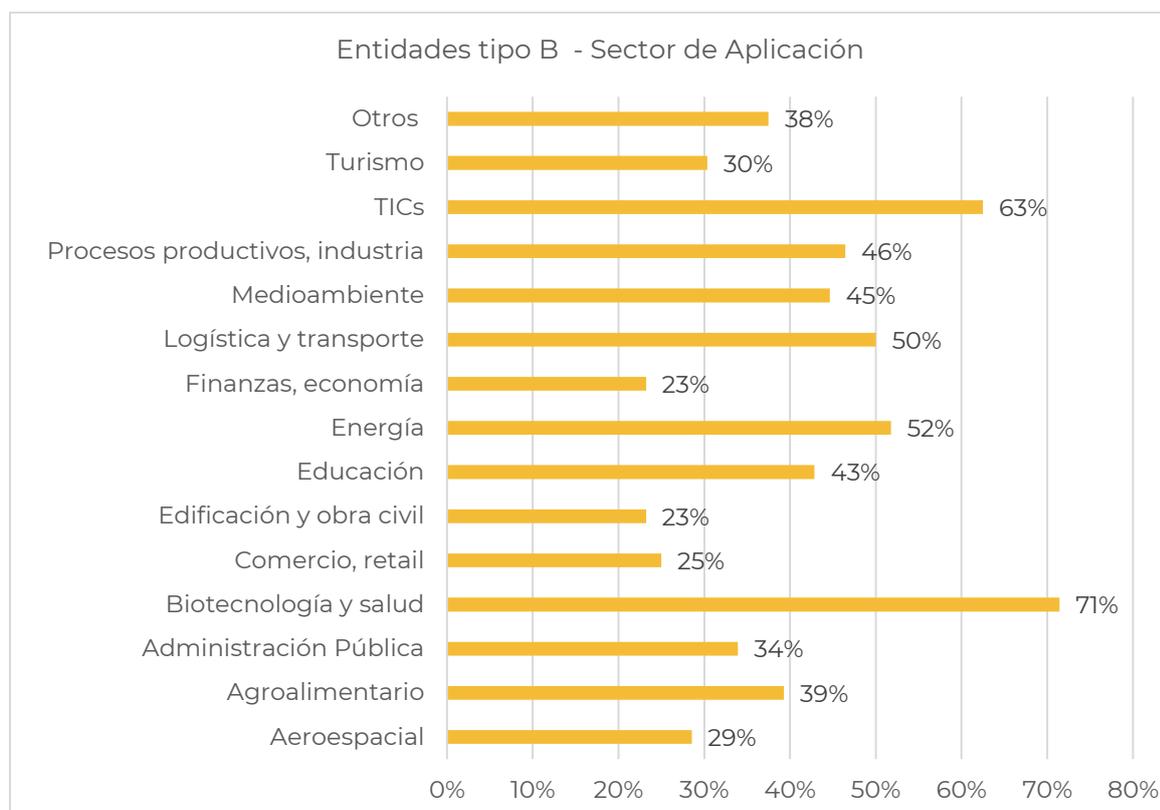


Gráfico 12 - % entidades B por sector de aplicación

Destacan el sector biotecnología y salud (el 71% de los grupos consultados tienen este sector entre sus prioritarios), el sector TIC (con el 63%) o el sector Energía (con el 50% de las entidades). Si bien, como se decía anteriormente, existe una gran representatividad de agentes del conocimiento en todos los sectores.

Hay que tener en cuenta que esta foto de la oferta científica andaluza en materia de **IA puede no ser exhaustiva** ya que se ha invitado a participar a un conjunto de agentes del conocimiento del sector TIC y, dentro de él, a los especialistas en Inteligencia Artificial, normalmente adscritos a departamentos universitarios relacionados con informática, telecomunicaciones, matemáticas o ramas de ingeniería industrial o médica. Podría haber en otras disciplinas académicas grupos de investigación no TICs pero con líneas de investigación en este sentido que no formarían parte de este estudio.

El gráfico 13 muestra el % de entidades tipo B que afirman tener capacidades en las diferentes áreas de conocimiento de la IA. El estudio de agentes del conocimiento **se ha realizado sobre 56 entidades**, entre las que se encuentran mayoritariamente grupos de investigación universitarios, pero también Institutos de investigación, fundaciones públicas y DIH.

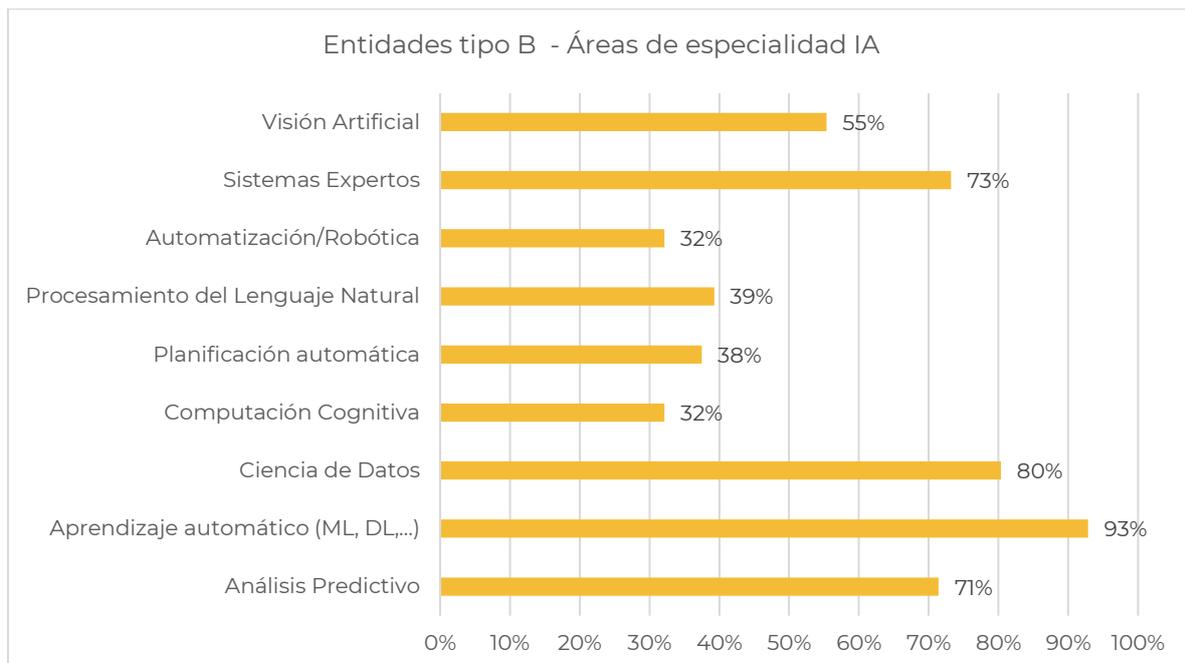


Gráfico 13 - % entidades B en cada área de especialidad

En líneas generales, como se observa en el anterior gráfico, un amplio porcentaje de agentes del conocimiento tiene capacidades en **Aprendizaje automático (un 93%), seguido de ciencia de datos (80%), sistemas expertos (73%) y análisis predictivo (71%)**. También existen otros dominios de la IA en las que los agentes andaluces del conocimiento tienen sobradas capacidades, aunque en menor proporción, como son visión artificial (con un 55% de las entidades con capacidades), la automatización y robótica (con un 32%), el procesamiento del lenguaje natural (con un 39%), la planificación automática (con un 38%) y por último la computación cognitiva (con un 32%).

Los agentes del conocimiento que han participado en la consulta (encuesta online) se han auto diagnosticado en relación al estado de desarrollo de estas capacidades. Para este tipo de entidades la consulta ofrecía las siguientes posibilidades:

- Existencia de capacidades I+D+i, lo más frecuente en este conjunto.
- Productos/servicios listos para transferir fruto de desarrollos previos.

- Servicios de consultoría.

En el diagrama siguiente aparece, de manera agregada, el porcentaje de entidades tipo B que tienen capacidades en las distintas áreas, y qué estado de desarrollo tecnológico tienen:

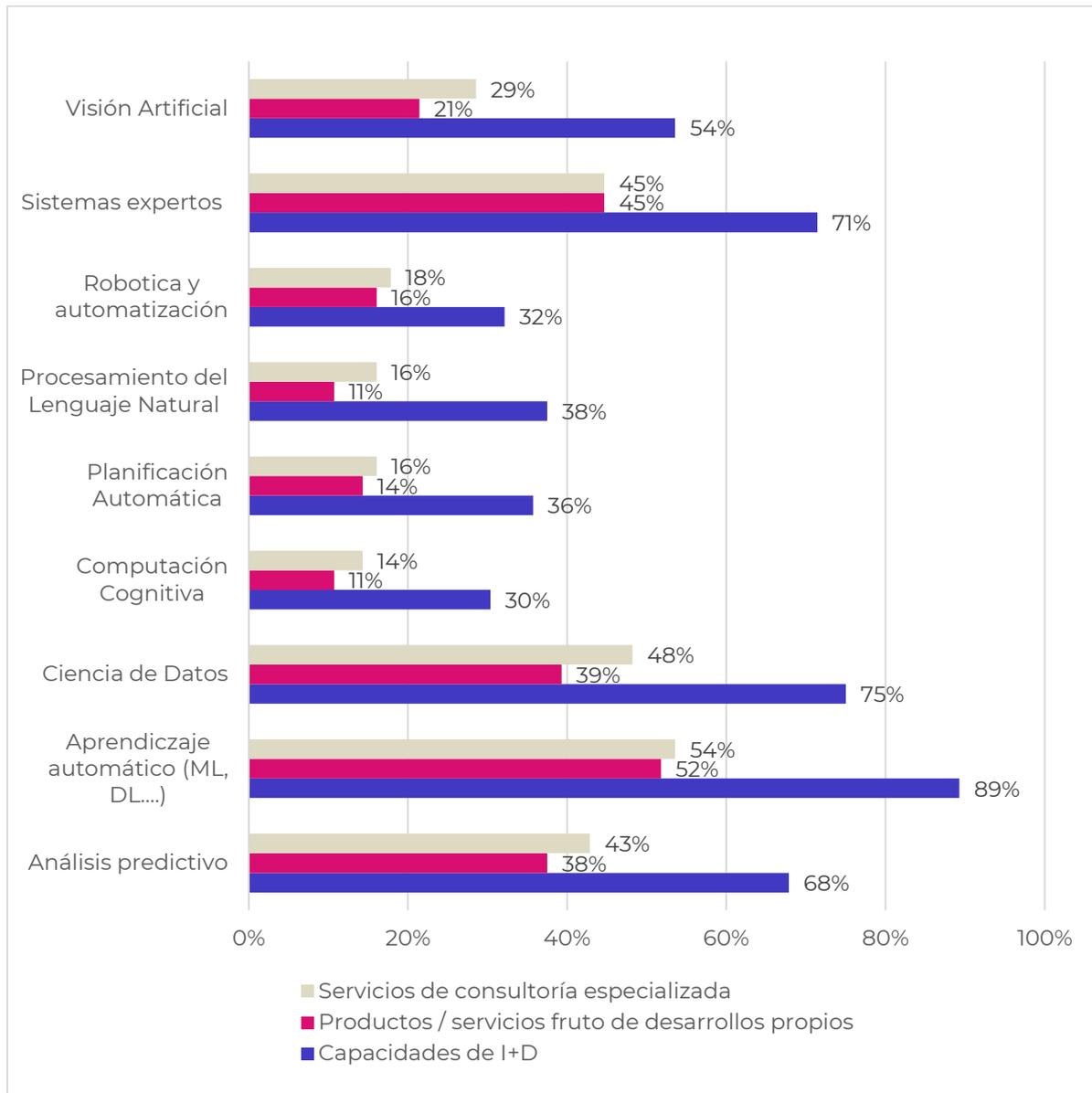


Gráfico 14 - % de entidades B que tienen capacidades en las distintas áreas y estado de las capacidades

Más allá de la lectura del gráfico anterior se exponen algunas conclusiones del análisis de la matriz de capacidades de los agentes del conocimiento:

- Hay 5 disciplinas con mayor representación en la oferta científica andaluza a nivel de I+D, como son el aprendizaje automático (con un 89% de las entidades analizadas con capacidades), seguidas de la ciencia de datos (con un 75% de las capacidades), sistemas expertos (con un 71%) y análisis predictivo en un 68% de las entidades. Por último, más de la mitad de las entidades (un 54%) dice tener capacidades de I+D en visión artificial.
- Hay 4 ramas de la IA con menor representación en el mapa andaluz de capacidades de investigación, que son la computación cognitiva, la planificación automática, el procesamiento del lenguaje natural y la robótica y la automatización. Lo anterior no implica que no existan investigadores e investigadoras de referencia en Andalucía en estas materias, sino que la representatividad en número de estas entidades con respecto a las que tienen capacidades en otras áreas o ramas de la IA es menor.
- En todas las ramas de IA, como es de esperar, las entidades del conocimiento dicen tener mayoritariamente capacidades para desarrollar proyectos de I+D+i (capacidades de investigación).
- La mayoría de las entidades realiza también consultoría especializada y la transferencia de sus desarrollos al mercado, lo cual es un valor fundamental para los sectores de actividad que puedan demandar este tipo de capacidades. Por ejemplo, es de reseñar que más de la mitad de las entidades (un 52% de ellas) tiene productos o desarrollos propios listos para transferir al sector privado en la rama de aprendizaje automático, o casi el 40% en la rama de ciencia de datos o análisis predictivo, disciplinas muy transversales dentro de los campos de la IA. Esto implica que existe una oferta científica importante en estas materias listas para transferirse al sector privado.

Caracterización infraestructuras relevantes para la IA: Tipo C

Existen en nuestra región infraestructuras científico-tecnológicas que son activos de interés de cara al desarrollo e impulso de la IA en Andalucía, y que forman parte de este mapa de capacidades en materia de IA. En concreto, el estudio arroja que existen al **menos 23 ubicaciones o instalaciones** de este tipo entre las que se encuentran incluidas las 9 universidades andaluzas, que disponen de laboratorios para validación y testeo, centros de computación o infraestructuras TIC relevantes. Además, se encuentran en este grupo de entidades otros laboratorios o centros de supercomputación, Hubs de innovación digital (algunos de ellos ya constituidos y en marcha) y otras entidades como Institutos de Investigación.

El gráfico 15 muestra las tipologías de infraestructuras identificadas. El estudio involucra, en su mayoría, a infraestructuras gestionadas por el sector público, aunque muchas de ellas son de uso compartido o mixto. Sin embargo, en la región existen también otras infraestructuras TIC de uso totalmente privado y pertenecientes a empresas que no han

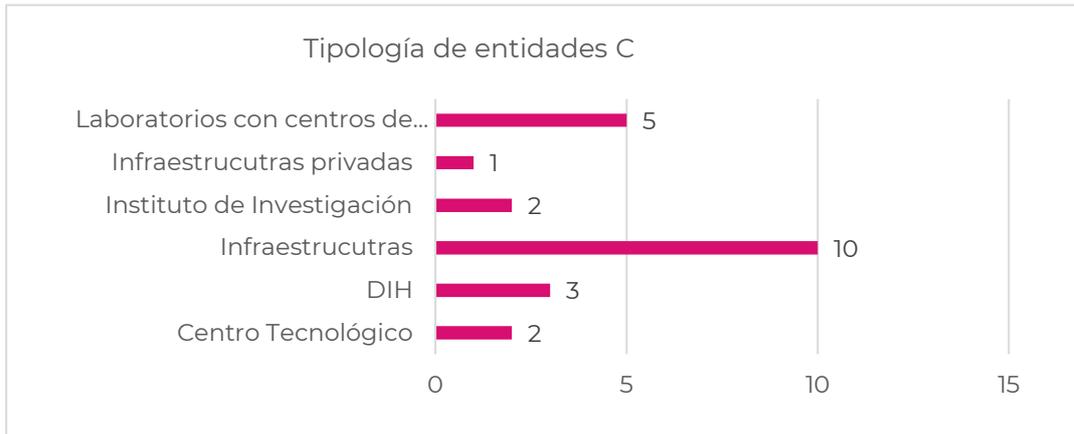


Gráfico 15 - Tipología de entidades C

sido tenidos en cuenta en este estudio, por cuestiones de competitividad tecnológica y disponibilidad de datos sobre estas infraestructuras.

En lo que respecta a la distribución geográfica de estas instalaciones, encontramos presencia en todas las provincias andaluzas, como puede verse en el gráfico 16:

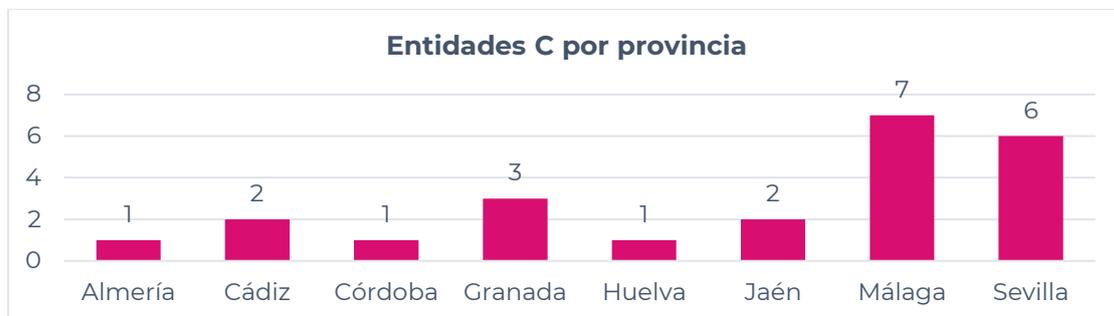


Gráfico 16 - Entidades C por provincia

Por último, en relación a los sectores de aplicación a los que sirven o hacen uso de estas infraestructuras, como se ve en el gráfico 17, el estudio arroja que las instalaciones dan servicio a cualquier tipo de proyecto empresarial de cualquier sector. Es decir, las instalaciones disponibles no son específicas de un sector de aplicación, sino que podrían aplicarse a cualquier tipo de proyecto.

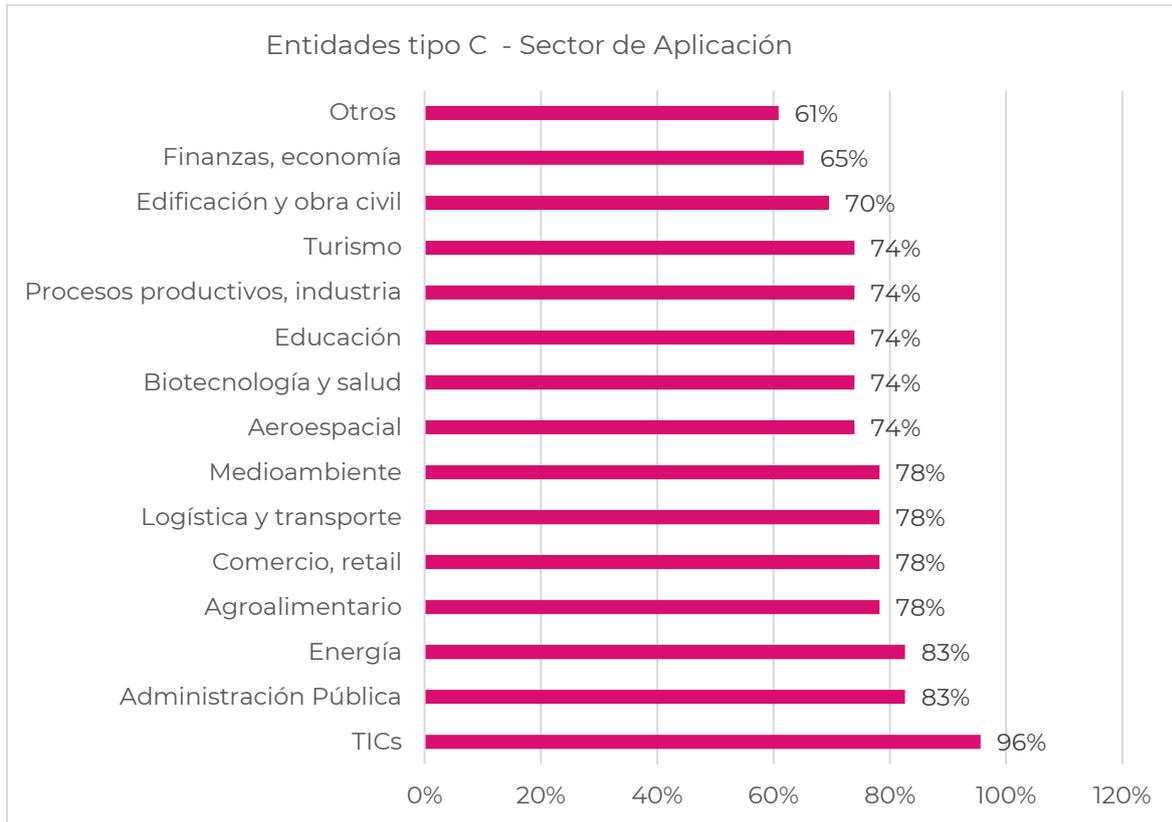


Gráfico 17 - % Entidades C por sector de aplicación

Como conclusiones más relevantes en este apartado, se destacan:

- La existencia de instalaciones o infraestructuras relevantes en todas las provincias andaluzas, con un marcado carácter público, si bien existen numerosas infraestructuras TIC de carácter privado, que sin duda son relevantes para la ejecución de proyectos en el ámbito de la IA.
- La región de Andalucía está preparada para albergar proyectos de validación o testeo de aplicaciones de Inteligencia Artificial aplicada, además en casi cualquier sector productivo.

Especial atención merecen los Hubs de Innovación Digital o Digital Innovation Hubs (DIH), cuya labor principal es dotar de recursos e infraestructuras al ecosistema innovador de Andalucía. Concretamente en Andalucía existen varios DIHs muy alineados con la Inteligencia Artificial, que disponen de recursos de alta computación o de laboratorios de validación de aplicaciones basadas en IA.

3. Áreas de investigación de las universidades andaluzas

Para este informe se ha llevado a cabo un trabajo de búsqueda de todas las publicaciones en IA realizadas por las personas investigadoras de las universidades andaluzas. De esta forma tenemos la visión del “mapa de capacidades científicas” en materia de IA, en este caso enfocado a publicaciones adscritas a las 9 universidades andaluzas.

Se expone a continuación dicho mapa, no sin antes explicar la metodología llevada a cabo para la extracción de los resultados.

3.1 Metodología

Los investigadores e investigadoras de las 9 universidades andaluzas relacionados con el área de la inteligencia artificial publican la mayor parte de sus resultados en revistas científicas de primer nivel, indexadas en las principales bases de datos bibliográficas. Por este motivo, se han utilizado estas bases de datos bibliográficas como principal fuente para determinar las capacidades y líneas de trabajo de dichas universidades.

A partir de esta información, se han analizado todas las publicaciones en el área de inteligencia artificial en el periodo 2016-2020 (5 años) usando técnicas propias del área del análisis de mapas científicos⁶, con el fin determinar las **capacidades reales del personal investigador andaluz en inteligencia artificial, y mostrar qué líneas temáticas tienen mayor importancia en la comunidad**, cuáles se están empleando más, cuáles tienen un mayor interés, o cuáles han perdido interés para la comunidad científica.

⁶ Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146–166. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>

En este sentido, se ha diseñado una metodología que nos permite responder a las cuestiones anteriormente planteadas. Todo el proceso se realiza mediante el software SciMAT⁷ que permite automatizar este proceso.

3.2 Resultados

Tras la aplicación de la metodología expuesta, se detectaron las principales líneas temáticas en inteligencia artificial, en las que están actualmente trabajando los investigadores e investigadoras de las universidades andaluzas.

En primer lugar, se ha analizado la producción científica por universidad. El análisis de publicaciones por universidad aportado en el gráfico 19 muestra el número y distribución de publicaciones en IA de cada una de las universidades andaluzas en el periodo 2016-2020.

Así, podemos observar como la **Universidad de Granada** se encontraría muy **por encima** del resto de universidades, doblando a la siguiente universidad. A continuación, tenemos un **segundo grupo formado por las Universidades de Málaga y Sevilla**. El tercer grupo en producción científica en inteligencia artificial lo forman las universidades de Jaén, Córdoba y Cádiz. Finalmente, las universidades de Pablo Olavide, Almería y Huelva son las que tienen una producción científica más baja en esta materia.

En segundo lugar, se analizan las diferentes líneas temáticas que abarcan las publicaciones científicas en inteligencia artificial de las universidades andaluzas. Así, el gráfico 18 muestra el diagrama estratégico con los diferentes temas en inteligencia artificial de las universidades andaluzas.

Los temas detectados se clasifican en cuatro categorías. En primer lugar, los temas motores son los que se emplazan en el cuadrante superior derecho y son los más importantes dentro de la comunidad andaluza. Así, podemos apreciar como la comunidad andaluza principalmente se centra en temas relacionados con la **toma de decisiones en grupo y técnicas asociadas como la escala numérica**. Por otro lado, la comunidad se centra también en **algoritmos genéticos** y técnicas específicas de Big Data como **Mapreduce y selección de prototipos**.

⁷ Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609–1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>

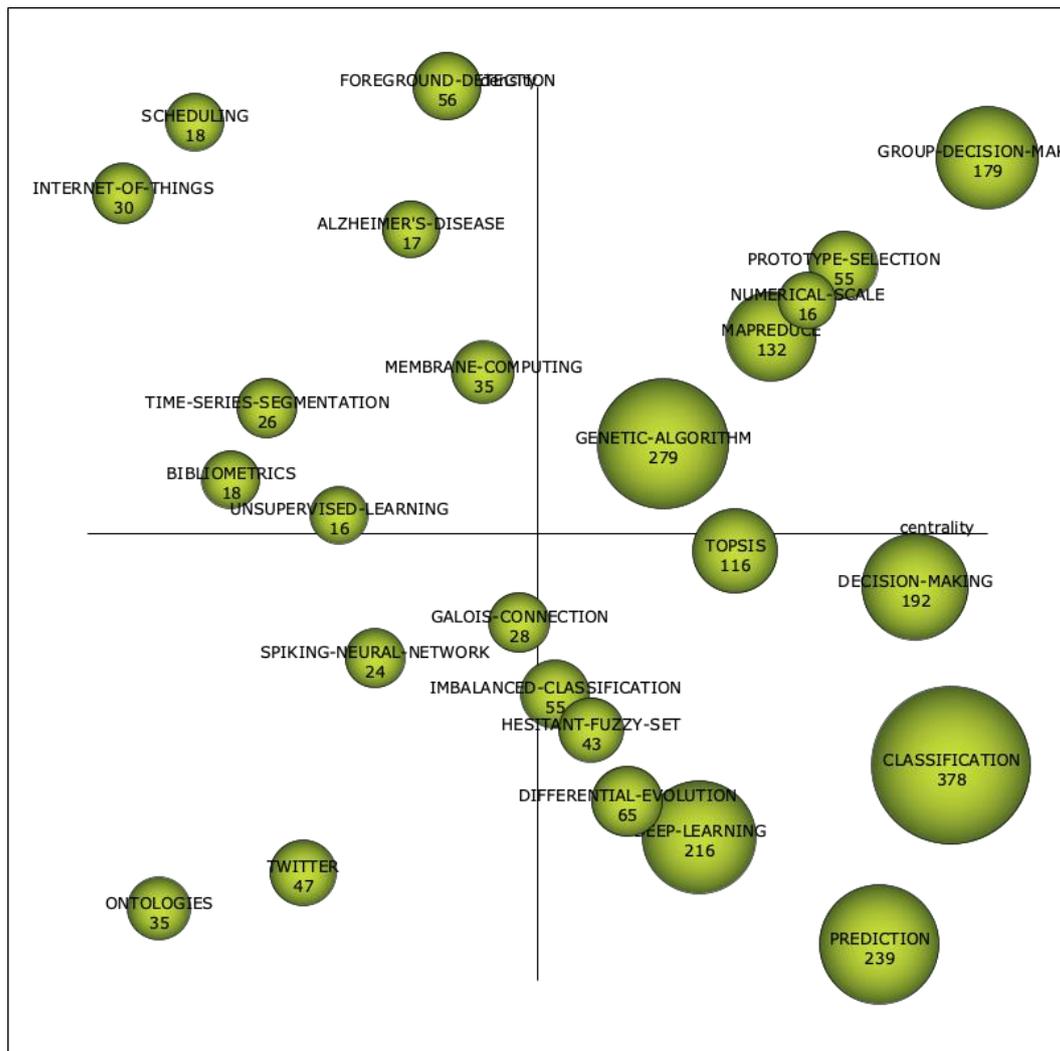


Gráfico 18 - Diagrama estratégico de las temáticas en inteligencia artificial en el periodo 2016-2020 por parte de las universidades andaluzas

Respecto a los **temas transversales** (situados en el cuadrante inferior derecho del gráfico 18), cabe recordar que estos representan los temas usados por la comunidad, pero con un desarrollo no específico. Es decir, se usan para desarrollar el resto de las temáticas. Así, podemos observar de nuevo temas relacionados con el proceso **de toma de decisiones** (*decision-making*, *TOPSIS* y *Hesitant-Fussy-Set*), y temas relacionados en general con la **ciencia de datos y el Big Data**, como *classification*, *prediction* y *deep-learning*. También apreciamos temas relacionados con el **aprendizaje bioinspirado** como *differential-evolution*. Respecto a los temas muy desarrollados, pero con poca permeabilidad en la comunidad global (cuadrante superior izquierdo), podemos observar temas relacionados con el internet de las cosas, visión por computador (*foreground-detection*), planificación, series temporales, y análisis bibliométrico mediante técnicas de inteligencia artificial. Finalmente, en el cuadrante inferior izquierdo se emplazan los temas que o bien están emergiendo, o bien parece que están perdiendo el interés de la comunidad. Entre los temas

emergentes destaca *spinking-neural-network*, y entre los que tienen tendencia negativa aparecen las ontologías y el análisis de sentimientos (*Twitter*).

Este diagrama estratégico se puede complementar con diversas medidas de rendimiento por cada tema, como el número de documentos, el índice h y el número de citas (ver tabla 8).

De este modo, podemos observar cómo, sin duda, los temas que más citas atraen son los relacionados con la toma de decisiones en grupo (*group-decision-making* y *decisión-making*). Además, los siguientes temas destacan debido a su gran número de citas (más de 1000): *mapreduce*, *classification*, *genetic-algorithm*, *prediction*, *deep-learning*, *TOPSIS* y *Hesitant-fuzzy-set*.

En general, podemos observar como las diferentes temáticas en inteligencia artificial tratadas por las universidades andaluzas tienen un gran impacto científico.

Tema	Documentos	h-index	Citas
GROUP-DECISION-MAKING	179	39	5,182
MAPREDUCE	132	22	1,841
CLASSIFICATION	378	33	4,372
DECISION-MAKING	192	29	3,258
GENETIC-ALGORITHM	279	24	2,244
PREDICTION	239	23	2,383
DEEP-LEARNING	216	25	2,339
TOPSIS	116	23	2,170
PROTOTYPE-SELECTION	55	13	680
FOREGROUND-DETECTION	56	13	369
HESITANT-FUZZY-SET	43	16	1,321
MEMBRANE-COMPUTING	35	10	400
DIFFERENTIAL-EVOLUTION	65	14	682
ALZHEIMER'S-DISEASE	17	7	257
INTERNET-OF-THINGS	30	6	115
IMBALANCED-CLASSIFICATION	55	15	779
NUMERICAL-SCALE	16	12	721
UNSUPERVISED-LEARNING	16	5	77
BIBLIOMETRICS	18	6	179
SCHEDULING	18	6	174

TIME-SERIES-SEGMENTATION	26	7	243
TWITTER	47	11	391
GALOIS-CONNECTION	28	6	131
SPIKING-NEURAL-NETWORK	24	8	257
ONTOLOGIES	35	8	201

Tabla 8 - Medidas de rendimiento

Una vez analizados los temas y sus medidas de rendimiento, podemos detectar qué temas tienen más influencia en las diferentes universidades andaluzas. Así, en el gráfico 19 podemos observar el porcentaje de contribución (medido en número de documentos) de cada universidad para cada tema del diagrama estratégico. Cabe destacar como las Universidades de Jaén y Granada son las que más contribuyen a las áreas de **toma de decisiones en grupo**, la cuál es una de las mayores dentro de la inteligencia artificial andaluza.

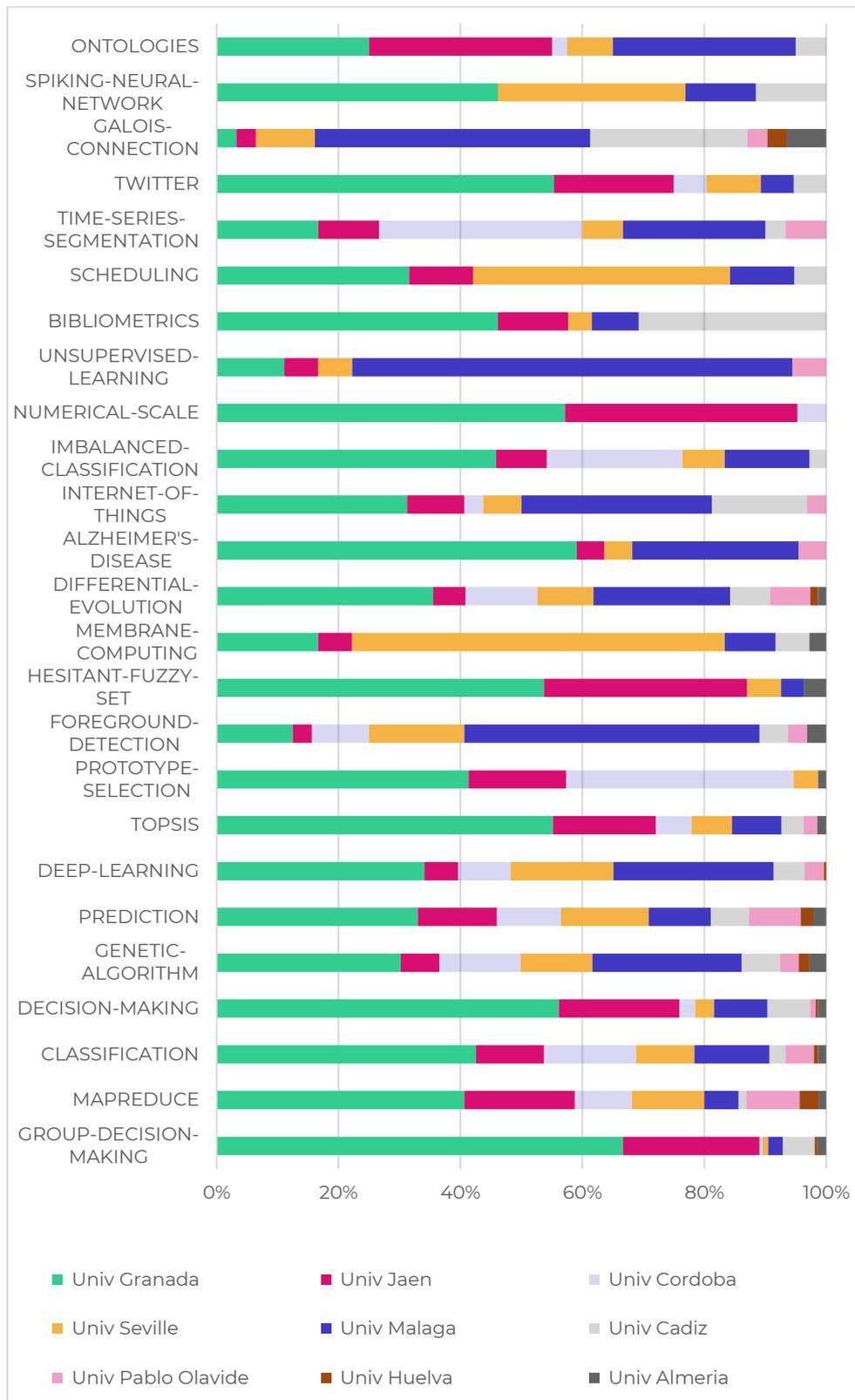


Gráfico 19 - Distribución de universidades en las diferentes temáticas

Finalmente, para concluir este estudio sobre las capacidades científicas en materia de IA por parte del personal investigador andaluz, faltaría relacionar los temas de búsqueda bibliográfica con la taxonomía usada en este servicio compuesto por 9 áreas de especialidad. La siguiente tabla muestra cómo se encuadra cada tema dentro de las grandes áreas de la inteligencia artificial.

	Aprendizaje automático	Análisis predictivo	Ciencia de datos	Computación cognitiva	Planificación automática	Procesamiento del Lenguaje	Robótica/Automatización	Sistemas expertos	Visión artificial
GROUP-DECISION-MAKING								x	
MAPREDUCE			x						
CLASSIFICATION	x		x				x		x
DECISION-MAKING								x	
GENETIC-ALGORITHM	x								
PREDICTION	x	x	x				x		x
DEEP-LEARNING	x		x						
TOPSIS								x	
PROTOTYPE-SELECTION	x								
BACKGROUND-DETECTION									x
HESITANT-FUZZY-SET								x	
MEMBRANE-COMPUTING	x								
DIFFERENTIAL-EVOLUTION	x								
ALZHEIMER'S-DISEASE	x								x
INTERNET-OF-THINGS	x		x					x	
IMBALANCED-CLASSIFICATION	x								
NUMERICAL-SCALE								x	
UNSUPERVISED-LEARNING	x								
BIBLIOMETRICS								x	
SCHEDULING					x				
TIME-SERIES-SEGMENTATION	x								
TWITTER						x			
GALOIS-CONNECTION								x	

SPIKING-NEURAL-NETWORK	x								
ONTOLOGIES						x			

Tabla 9 - Distribución de los temas dentro de las grandes áreas

Del cruce de palabras clave de búsqueda bibliográfica y áreas de especialidad IA se **concluye que las áreas dentro de la IA en las que existe una mayor producción científica**, y por tanto una mayor oferta científica e investigadora en Andalucía son:

- Aprendizaje automático (Machine Learning, Deep Learning...)
- Sistemas expertos/Sistemas de apoyo a la toma de decisiones
- Ciencia de datos
- Análisis predictivo
- Visión artificial
- Robótica/Automatización

Estas especialidades están bastante alineadas con las áreas de capacidad más frecuentes entre las entidades tipo A (empresas). Lo anterior quiere decir, entre otras cosas, que **la producción científico-técnica de las universidades andaluzas está alineada con las áreas de especialidad de las empresas TIC presentes en la región**. Teniendo en cuenta la cantidad de empresas de este mapa que colaboran con universidades andaluzas, puede afirmarse que la transferencia de conocimiento universidad-empresas en materia de Inteligencia Artificial ha sido satisfactoria en Andalucía, estrechando la brecha entre academia e industria que se había venido produciendo años atrás.

Además de este estudio bibliométrico se desprende que existe **conocimiento y potencial científico-técnico muy elevado en la región en el campo de la IA**. Esta importante oferta científica favorece la transferencia de conocimiento en materia de IA al tejido productivo y por tanto favorece la adopción de la IA por parte de las empresas andaluzas.

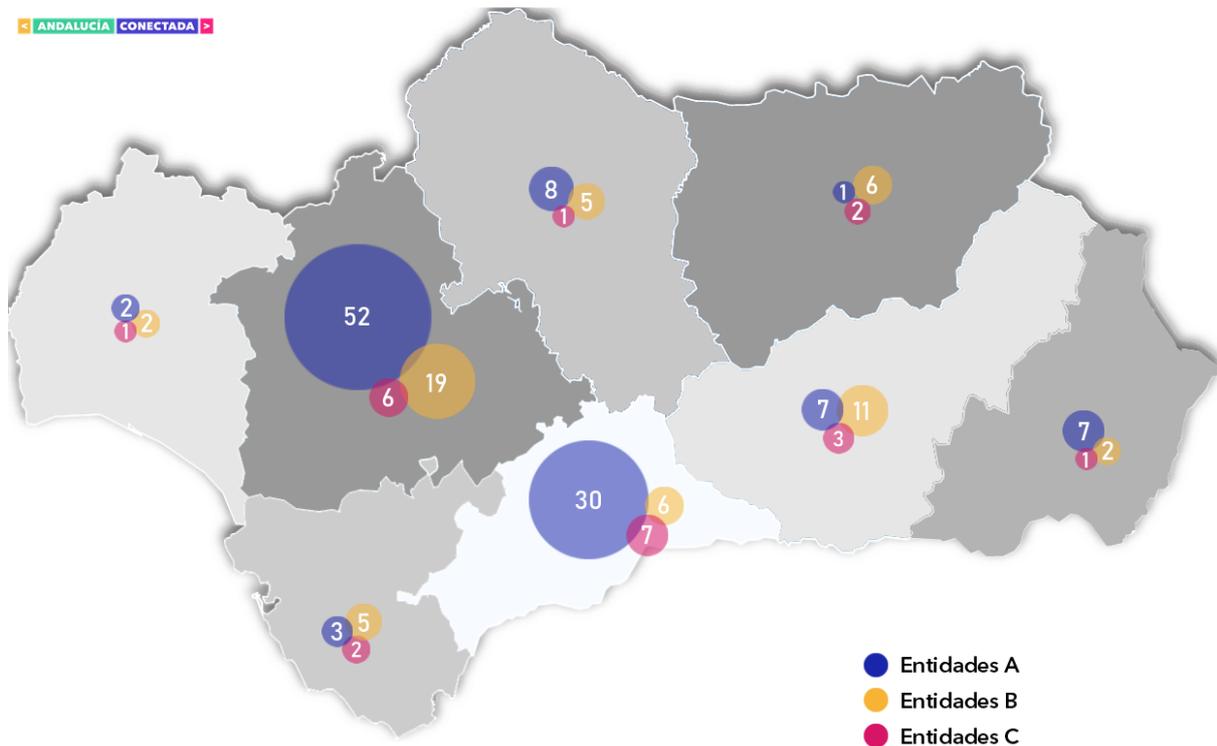
4. Mapa geográfico de capacidades

En este apartado se expone de manera gráfica la **representatividad provincial del mapa de capacidades en materia de IA presentes en la región**. Como se ha comentado en el apartado 2 de este informe, el mapa andaluz de capacidades IA lo componen **189 entidades**, clasificadas en las tipologías siguientes:

Entidades tipo A	Empresas TIC con establecimiento operativo en Andalucía, que desarrollan actividad en el ámbito de la IA, así como empresas no TIC que han incorporado tecnologías de IA en sus procesos, productos o servicios.	110
Entidades tipo B	Entidades del sistema andaluz de conocimiento (Universidades y grupos de investigación, centros de I+D, centros tecnológicos, DIH, ...) generadoras de conocimiento en el ámbito de la IA.	56
Entidades tipo C	Infraestructuras científicas y tecnológicas que pudieran convertirse en activos de interés de cara al desarrollo e impulso de la IA en la región.	23

Tabla 10 - Número de empresas por tipología

La distribución provincial de estas entidades se muestra en el siguiente mapa.



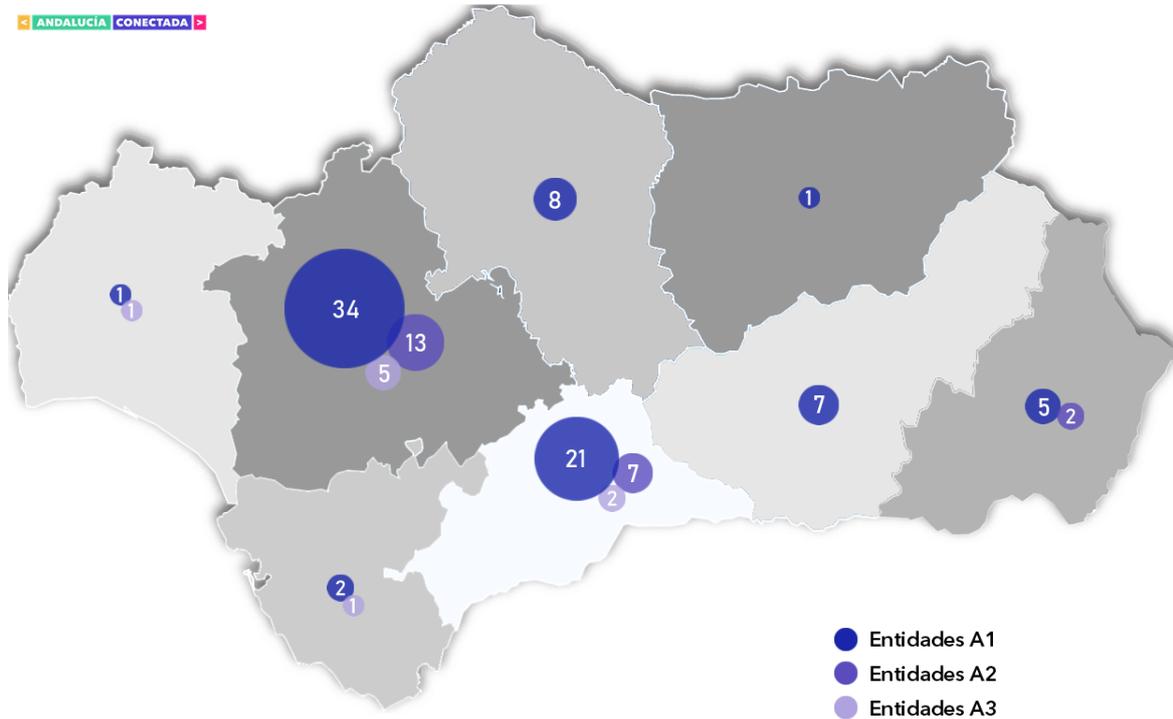
Mapa geográfico 1- Capacidades IA en Andalucía por tipo de entidad. Mayo 2021

El mayor grupo de entidades lo encontramos en la categoría A, correspondiente a empresas. Esta categoría, a su vez está formada por las siguientes tipologías de empresas:

Categoría	Descripción	Número de Empresas
A1	Empresas TIC andaluzas que desarrollan actividad en el ámbito de la IA	79
A2	Empresas TIC no andaluzas, pero que tienen en Andalucía centros operativos donde se desarrolla tecnologías en el ámbito de la IA.	22
A3	Empresas cuyo sector principal no es TIC, pero que han incorporado/adaptado en sus productos/servicios/procesos tecnologías de IA, con equipos internos ya formados en materia de IA.	9

Tabla 11- Número de empresas de tipo A

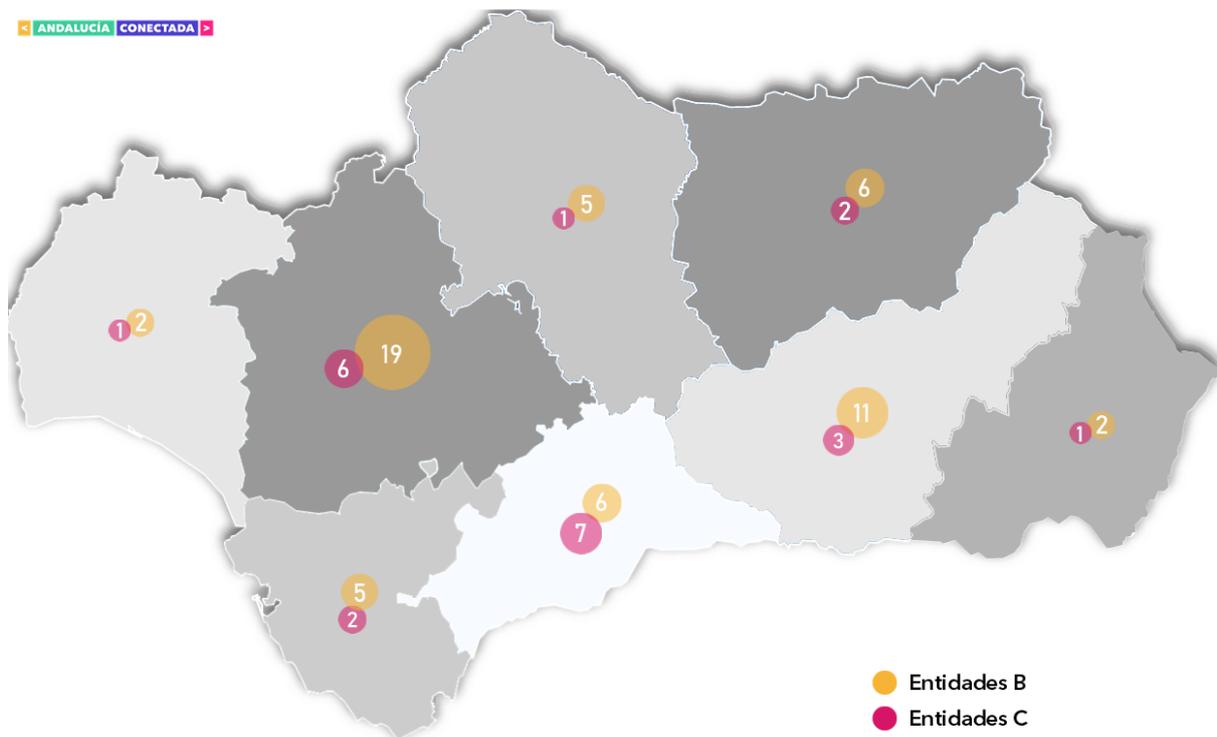
La distribución provincial de las empresas por cada una de las anteriores tipologías se muestra en el siguiente mapa.



Mapa geográfico 2- Entidades A por subtipología. Mayo 2021

Los resultados del análisis y caracterización de estas entidades ha sido aportado en los puntos anteriores de este informe.

Por otro lado, con respecto a los **agentes del sistema andaluz del conocimiento** encontramos entidades especialistas en IA en todas las provincias andaluzas, como se muestra en el siguiente mapa.



Mapa geográfico 3- Entidades tipo B y C. Mayo 2021

La caracterización y análisis de estas entidades se han descrito en los puntos anteriores de este informe. El número de agentes y grupos de investigación no es exhaustivo y se limita en este caso a las 56 entidades que han participado en la consulta y cuyas líneas de investigación o proyectos están directamente ligadas a la IA.

Por último, se destacan por provincia **las áreas de aplicación de IA o sectores donde se han localizado más capacidades empresariales**. Aunque en las secciones anteriores de este documento se han caracterizado todos los sectores de trabajo, se destacan en el mapa geográfico 4, las tres áreas de aplicación sectorial con mayor “oferta de capacidades en IA” ya que son los sectores mayoritarios de trabajo del catálogo de empresas con capacidades en IA por provincia. El mapa informa del % de empresas del mapa de capacidades (tipo A) que aplican sus productos o servicios a los diferentes sectores.

5. Oportunidades de mercado

5.1. Contexto

Se entiende que una oportunidad de mercado es una tendencia favorable al desarrollo, implantación o comercialización de un determinado producto o solución basada en IA. Este estudio se centra en oportunidades desde un **punto de vista estratégico**, mostrando líneas de trabajo y tendencias en el corto y medio plazo con potencial de suponer un **avance significativo a nivel de I+D+i** en áreas de conocimiento consideradas estratégicas, o suponer un impacto y beneficio relevante a nivel comercial.

Las **oportunidades comerciales en IA** son necesidades no resueltas o con un margen de mejora significativo respecto a las soluciones actualmente instauradas, que pueden ser abordadas mediante soluciones y herramientas de IA. Para la identificación de estas oportunidades comerciales ha sido fundamental la **perspectiva sectorial**: dado que la IA es una disciplina transversal, su potencial de aplicación es muy amplio en muy diversos sectores.

5.2. Sectores de aplicación

La Inteligencia Artificial, alimentada por la explosión del Big Data, es una de las herramientas que actualmente más demandan las empresas. De acuerdo con un estudio realizado por McKinsey, en 2030 se estima que un 70% de las empresas habrán incluido al menos un tipo de IA en sus operaciones. El impacto de esta tecnología se espera que sea desproporcionado para aquellos que la adopten en los próximos cinco años frente a los que no lo hagan⁸. Queda así de manifiesto cómo la IA es transversal a una gran variedad de sectores de aplicación, por lo que en este informe se recogerán aquellos con un mayor potencial, y en los que la IA esté teniendo y pueda tener a medio plazo un impacto significativo. También se prestará especial atención a los sectores con relevancia en Andalucía, dado el carácter regional del presente informe.

⁸ McKinsey, «Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy». <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy#>.

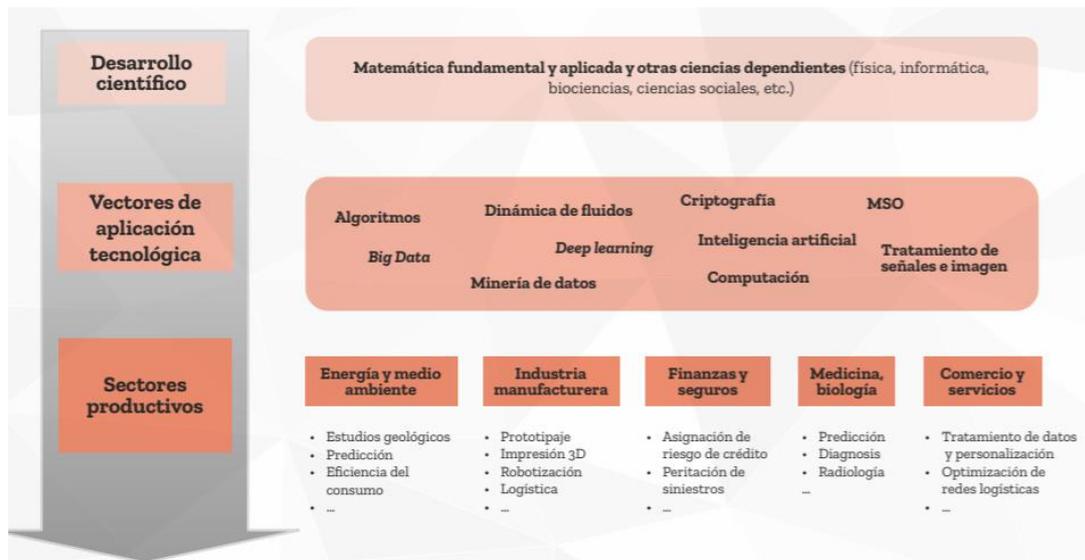


Ilustración 1 - Transferencia de la base de datos científico-técnica de la IA y aplicación a sectores productivos⁹

A continuación, para cada sector de trabajo se describe las principales tendencias de innovación y su relación con la inteligencia artificial.

TIC. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

El sector TIC es, junto con el energético, uno de los sectores de mayor actividad en proyectos de I+D+i en Andalucía. Además, al ser un campo de trabajo transversal, juega un papel estratégico o vehicular en prácticamente todos los demás sectores, por lo que puede considerarse un “hipersector”.

Se trata del sector que muestra una mayor tasa de implantación de herramientas de IA, solo detrás del Ocio y Turismo, fuertemente impulsado por operadores turísticos y grandes empresas del ramo. Así lo muestra el informe publicado por el ONTSI¹⁰, en relación a los indicadores de uso de la Inteligencia Artificial en el tejido empresarial español. Así, se recoge que el 13% de las empresas del sector TIC habían adoptado en 2020 sistemas o herramientas de IA.

El papel del sector TIC en la implantación de la IA a nivel empresarial es doble: por un lado, se trata de empresas que, por su perfil, se ven abocadas a la implantación de herramientas de este tipo en sus procesos internos, dada la creciente necesidad de optimización y adaptación a las demandas del cliente en un entorno de alta competitividad. Por otro lado,

⁹ Afi y R. E. e. M., «Impacto socioeconómico de la investigación y la tecnología matemáticas en España,» 2019.

¹⁰ <https://www.ontsi.red.es/es/dossier-de-indicadores-pdf/indicadores-uso-inteligencia-artificial-empresas-espanolas>

las empresas TIC son el vehículo a través del cual la tecnología se introduce en entidades de otros sectores, por lo que la incorporación paulatina de herramientas o componentes de IA en su prestación de servicios es una realidad a día de hoy. En ocasiones, esto ocurre de forma transparente para sus clientes, que simplemente ven mejorado el servicio recibido, con funcionalidades más avanzadas. Por lo tanto, tiene un efecto palanca para la innovación en otros sectores, como la salud, la industria, la banca, etc.

A esto, se suma su potencial en cuanto a capacidad de inversión, ya que se trata de un sector que crece año a año, y que supone ya más del 3,5% del PIB nacional. Esto ocurre sin que aún los efectos de la aceleración de la transformación digital forzada por la alerta sanitaria en 2020 hayan mostrado sus importantes efectos a medio y largo plazo en ámbitos como el *e-commerce*, la virtualización de los espacios de trabajo, etc. Sin embargo, a pesar de este potencial, el sector tiene algunas limitaciones que dificultan la incorporación masiva de la IA, como es su gran atomización, ya que más del 90% de estas empresas son pymes.

Ocio y turismo

Además de ser un sector clave en Andalucía, en los últimos años su evolución se ha visto fuertemente impulsada por la demanda de una oferta más depurada y avanzada por parte de los consumidores, así como la necesidad de optimizar procesos y lograr una clara diferenciación.

Desde soluciones específicas para grandes empresas, como herramientas de gestión de *revenue* o de predicción de oferta y demanda, hasta herramientas enfocadas al usuario final, actualmente existe un importante movimiento de digitalización del sector. Sin embargo, la aplicación de técnicas avanzadas de Inteligencia Artificial es aún más limitada, en parte por la granularidad del mercado y el reducido tamaño de la mayoría de las empresas, con escasa capacidad de invertir e incorporar tecnología. Algunas soluciones específicas, como los chatbots y asistentes virtuales, la realidad aumentada o la visión artificial, han mostrado ya experiencias exitosas de aplicación. Sin embargo, no existe en la región un tejido empresarial relevante que aplique técnicas de inteligencia artificial al turismo o al ocio, según se ha identificado en fases anteriores. De igual modo, tampoco las empresas andaluzas son especialmente activas en la adopción de estas herramientas. Se trata, tanto desde el extremo de la oferta como de la demanda, de un sector liderado por grandes actores: grandes empresas de soluciones especializadas, posicionadas desde hace años (gestores de reservas, buscadores, soluciones de gestión hotelera, *revenue management*, etc.), y grandes empresas consumidoras (cadenas hoteleras o de transporte de pasajeros).

Edificación y obra civil

El sector de la edificación actualmente se encuentra en un proceso de profunda transformación digital, fruto de la irrupción de las tecnologías de la información en un sector de carácter tradicional hasta hace pocos años. La aplicación de tecnología BIM (Building Information Modeling) en la construcción se está imponiendo, y con ella se están creando repositorios de información fácilmente accesibles que hasta hace pocos años eran

impensables. Sin embargo, la explotación de esos datos está lejos de alcanzar todo su potencial, existiendo aún mucho margen para profundizar en su análisis mediante algoritmos más avanzados.

Así, el sector de la edificación y obra civil presenta características que lo hacen especialmente interesante para la introducción de soluciones de Inteligencia Artificial y *Data Science*, con un importante enfoque a optimización de procesos de diseño, construcción y mantenimiento, si bien la seguridad y gestión de riesgos son también líneas de aplicación interesantes. En la siguiente ilustración se presentan algunos ejemplos donde la Inteligencia Artificial y la Ciencia de Datos pueden influir en la cadena de valor del sector Edificación y Obra civil.

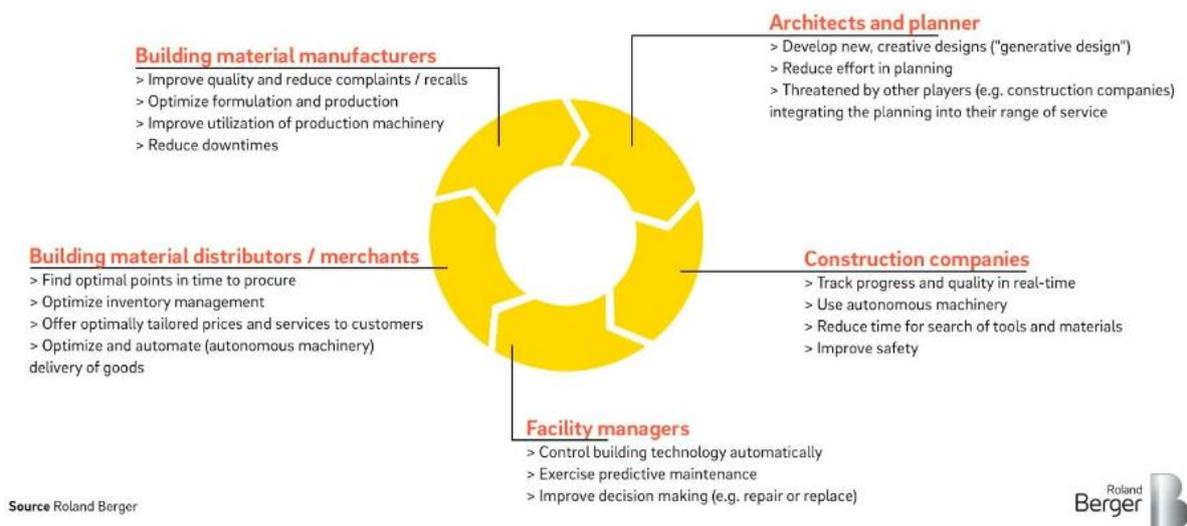


Ilustración 2- Puntos de actuación sobre cadena de valor del sector Edificación y Obra civil¹¹.

Procesos productivos

El sector productivo o industrial se encuentra en un proceso de cambio, buscando ser más competitivo mediante la búsqueda de nuevos productos, procesos industriales o fórmulas de gestión que los diferencie de la competencia. Por otro lado, se trata de un sector con un amplio margen de mejora en cuanto a la optimización de procesos enfocada a la reducción de costes, especialmente en entornos de baja automatización y digitalización.

En industrias con un mayor nivel de tecnificación, son especialmente interesantes las iniciativas relacionadas con el desarrollo de la industria 4.0, ciber industria e industria del

¹¹<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Artificial-intelligence-in-the-construction-industry.html>

futuro. De nuevo, la aplicación de la Inteligencia Artificial es fundamental en este proceso de evolución.

La industria 4.0 trae consigo un cambio de paradigma en el sector productivo y busca mejorar los resultados de negocio. Este nuevo paradigma apuesta por mayor automatización, conectividad y globalización. Para conseguir esto, se nutre de distintas herramientas, como son realidad virtual y aumentada, IoT, asistentes virtuales, cloud computing, simulación de procesos y ciberseguridad. La inteligencia artificial está presente de una u otra manera en esta evolución, por lo que se trata de un sector clave en este análisis.

Si bien no se contemplaba inicialmente el análisis del **subsector logístico**, se ha considerado de interés recogerlo en el presente estudio, ya que el sector logístico tiene un carácter transversal y juega un papel importante en muchos otros sectores, como el industrial, el agroalimentario, etc. Teniendo en cuenta el contexto andaluz, dentro del mundo de la logística, merece especial mención el **entorno portuario**. Es un sector fuertemente marcado por la optimización de recursos y con la necesidad de incrementar su competitividad, eficiencia y sostenibilidad constantemente. Además, en Andalucía existen importantes puertos, que, además, como en el caso de Algeciras, cuenta con una ambiciosa estrategia de tecnificación y digitalización.

Aeroespacial

El sector aeroespacial tiene en Andalucía un amplio tejido industrial. El clúster formado en torno a las factorías de Airbus Group es referente a nivel internacional, en el marco de su *supply chain*. Este sector cuenta con empresas representativas de todos los tamaños, y es muy activo en la ejecución de actividades de I+D+i. Sin embargo, siguen existiendo actividades que, dada la carga procedimental del sector por los estrictos controles de calidad que se han de cumplir, tienen aún un importante margen de mejora, en cuanto a su optimización. De hecho, la trazabilidad y monitorización exhaustiva del proceso podría beneficiarse de manera importante de soluciones de automatización y análisis automático. De igual modo, algunos de los proveedores de la *supply chain*, en los niveles inferiores, realizan una labor de ingeniería tradicional, cuyos procesos podrían optimizarse gracias a diferentes técnicas de IA.

Biotecnología

El sector biotecnológico puede llegar a ejercer un efecto palanca sobre otros sectores en el desarrollo de la innovación, acelerando su competitividad. Así, el impacto de la biotecnología en procesos industriales de diferente naturaleza, en el ámbito sanitario o en la agricultura lo convierte en un sector clave a nivel científico-técnico.

Debido a la inmensa cantidad de datos que se están generando en el sector, utilizar herramientas de Inteligencia Artificial, y concretamente de Ciencia de Datos, es fundamental para analizarlos y extraer conocimiento de gran valor para los negocios. No en vano, la **bioinformática** es un campo en auge, con grandes necesidades de contribución de

profesionales con una base matemática sólida. Cualquier estudio relacionado con la genética, por ejemplo, requiere de un alto nivel de especialización para el adecuado manejo y tratamiento de datos.

Agroalimentario

El sector agroalimentario tiene una gran influencia en la economía andaluza. Si bien la digitalización de este sector no es comparable con la de otros sectores, como el sector TIC o el energético, cada vez es más necesaria la ejecución de actividades de I+D+i dentro del sector para evolucionar hacia un modelo más autosuficiente y competitivo y digitalizado. No en vano, en los últimos años se ha abordado la progresiva incorporación de tecnología en diferentes planos de actividad dentro del sector, como puede observarse en la ilustración 3, que muestra algunas de las líneas de trabajo en la aplicación de tecnología al sector agroalimentario y su estado de madurez:

MAP OF TECHNOLOGIES AND MATURITY

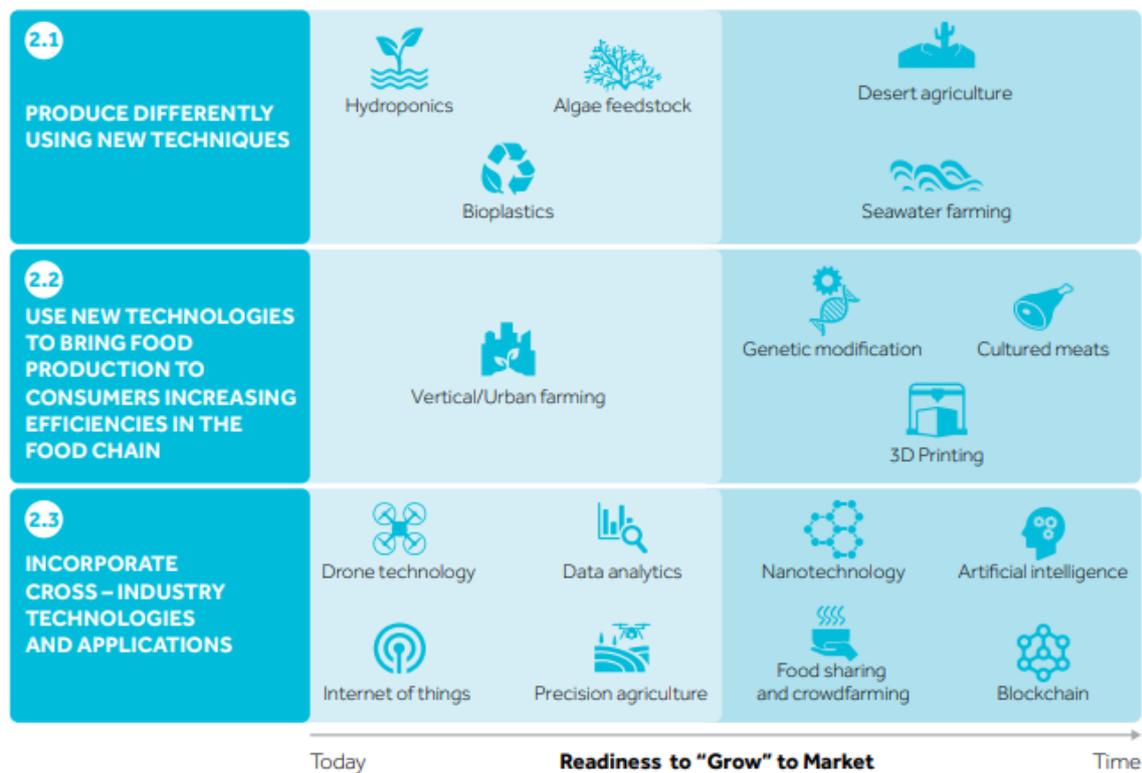


Ilustración 3 - Mapa de tecnologías y madurez en el sector agroalimentario¹²

¹² M. De Clercq, A. Vats y A. Biel, «Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology» World Government Summit, 2018.

Se trata de un sector con una importante necesidad de modernización, en el que la entrada de la IA será aún reducida, ya que se requiere previamente incorporar elementos que proporcionen una base sobre la que construir las funcionalidades. Así, la presencia de tecnología IoT es creciente, lo cual permite desarrollar sistemas expertos cada vez más útiles y avanzados. Por otro lado, existen empresas de perfil biotecnológico con foco en el sector agroalimentario, con capacidades científico-técnicas relevantes, que son a su vez catalizadores de la innovación en este ámbito, introduciendo sus productos y servicios.

Energía y Medio ambiente

El sector Energía y Medio ambiente, es un sector fuertemente involucrado en procesos de I+D+i, por lo que lo posiciona como uno de los más interesantes para avanzar en la incorporación de tecnología. No en vano, tradicionalmente ha tenido un papel muy relevante en Andalucía, contando actualmente con el impulso adicional que supone el auge de las energías renovables.

La necesidad de las empresas energéticas de adaptarse a los nuevos retos de sostenibilidad supone un impulso para la adopción de herramientas innovadoras, que abran nuevas vías de oportunidad. Se trata, de base, de un sector muy tecnificado, en el que la adopción de nuevas soluciones es ágil, con especial interés en la optimización.

5.3. Identificación de oportunidades por sector de aplicación

A continuación, para cada uno de los sectores de aplicación anteriormente enumerados, se abordarán las oportunidades de mercado detectadas, con el objetivo de dar una visión de las necesidades e intereses que manifiestan las entidades de cada sector, en relación con el potencial de la IA para ofrecer soluciones.

TIC. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

La transversalidad de este sector dificulta en cierta forma la identificación de oportunidades específicas del mismo, sin abordar la aplicación en diversos ámbitos de actividad. Sin embargo, sí es posible detectar las 5 grandes tendencias tecnológicas del sector en los próximos meses:

- Inteligencia Artificial “extendida”
- Nube distribuida y Edge Computing
- Ciberseguridad
- Hiperautomatización
- NDL y blockchain

Es importante indicar que la IA tiene un impacto transversal de por sí, ya que juega un cierto papel relevante en las demás líneas de trabajo. Por ejemplo, la **hiperautomatización** tiene un estrecho vínculo con la inteligencia artificial.

Por otro lado, el sector TIC provee al resto de sectores de la tecnología de base sobre la que, posteriormente, se construyen multitud de aplicaciones, por lo que las oportunidades en este ámbito tienen el objetivo de proveer la “**infraestructura tecnológica**” que en otros sectores tendrá aplicaciones concretas. Es por ello que estas oportunidades toman un cariz más teórico, alineado con las grandes áreas científico-técnicas de la IA:

Procesamiento de lenguaje natural (NLP): los asistentes virtuales y chatbots continúan evolucionando y creciendo en funcionalidad y versatilidad. Se trata de una necesidad claramente asentada en el mercado, que se extenderá conforme la calidad conversacional de las soluciones se vea incrementada. En la línea de trabajo del NLP, además de asistentes virtuales, existe un claro interés por la generación automática de textos normalizados, la traducción de idiomas con un elevado estándar de calidad o la clasificación automática de textos. Esto requiere un importante avance en el nivel de inteligencia de las soluciones actuales, para, por ejemplo, resolver anaforismos o incorporar al diálogo información contextual.

A nivel de I+D, la tendencia es trabajar sobre **interfaces multimodales**, es decir, capaces de interactuar en diferentes planos comunicativos (por ejemplo, no solo verbal, sino también gráfico, por ejemplo, con un asistente capaz de interpretar información visual y de generar una respuesta visual acorde, que acompañe al diálogo). Se trata de un campo complejo a nivel tecnológico, que se encuentra aún en un TRL bajo. El **análisis de sentimientos** es una línea de trabajo de gran interés en este contexto, con el objetivo de extraer conclusiones acerca del estado de ánimo de un interlocutor a través del análisis de su imagen, de su voz o los textos que está escribiendo. Se trata de información de gran valor para una gran diversidad de aplicaciones, fundamental para el adecuado desarrollo de las interfaces multimodales. En Andalucía existen empresas TIC especializadas en estas líneas de trabajo, con desarrollos y productos de alta calidad, así como con capacidades técnicas muy relevantes. De igual modo, existen grupos de investigación con una alta especialización en la materia.

Visión artificial: de nuevo, se trata de una línea de trabajo con potencial de aplicación en multitud de sectores. Habitualmente se ha asociado este campo al **análisis de imagen** con objetivos de **seguridad e identificación de personas**, ya sea a través de imagen de vídeo o de dispositivos biométricos. Sin embargo, cada vez cobra más relevancia la aplicación de la **visión artificial al ámbito industrial**. La **inspección y control de calidad automatizado** de ciertas piezas o elementos, el control de procesos de llenado o la **detección de anomalías** de manera automatizada son algunas de las líneas de trabajo más habituales, y que resuelven problemas específicos de diferentes industrias en su proceso de transformación hacia la industria 4.0.

También es muy interesante la aplicación de estas tecnologías al ámbito agroalimentario, para **la monitorización del estado de los cultivos, la calidad o calibre de los frutos, etc.**

Mediante la captura de imágenes, con frecuencia mediante drones, es posible realizar una planificación más eficiente de los diferentes procesos de riego, abono o recolección.

Otras aplicaciones de gran interés son las vinculadas **al tratamiento de imágenes médicas**. La creciente tendencia hacia el empleo de técnicas de diagnóstico por imagen constituye una oportunidad para optimizar los procesos, aportando al profesional sanitario un primer análisis automático de las diferentes imágenes, agilizando los procesos y reduciendo el impacto de posibles errores humanos.

Un reto que afecta a la visión artificial de manera general es la posibilidad de realizar este procesamiento avanzado de imágenes *on the edge*, es decir, en un dispositivo local, frente al procesamiento en la nube (por la dependencia de recursos de conectividad, la latencia o las limitaciones en cuanto a seguridad o privacidad, en función de la aplicación).

Machine Learning/Deep Learning: se trata de un área muy vinculada al modelado y optimización de determinados procesos, a los que se incorpora un proceso de aprendizaje automático que se caracteriza en función de la aplicación concreta. Cabe destacar que en esta línea de trabajo en particular existe un importante condicionante sectorial: para implementar procesos de *Machine Learning*, es fundamental, no solo el conocimiento técnico, sino un profundo conocimiento del proceso en cuestión. Es por ello que la incorporación de este tipo de herramientas implica una estrecha colaboración con las entidades receptoras de la tecnología, como conocedoras de su negocio y procesos internos.

Las aplicaciones del *Machine Learning* son innumerables, pero de manera general, existe un amplio interés por la **detección de patrones** y tendencias en muy diversos sectores, la implementación de motores de recomendación en base a estos patrones, **modelos predictivos** etc. A modo de ejemplo, la aplicación de estas técnicas al análisis del comportamiento de los usuarios en entornos virtuales, en los que se genera abundante información y se produce una enorme variabilidad de patrones, es muy interesante actualmente en el ámbito del **e-commerce** y el **marketing online**.

También es interesante la aplicación de estas técnicas para su aplicación a soluciones de **optimización dinámica de procesos** en función de determinados eventos en tiempo real, como, por ejemplo, en la replanificación de rutas de reparto en tiempo real para la recogida de residuos, o la replanificación automática de un proceso de producción industrial en caso de incidencias de diferente naturaleza.

Ciencia de datos y analítica predictiva: se trata de una de las líneas que más oportunidades ofrece actualmente. En los últimos años se ha puesto el foco en la captación de datos de diferente naturaleza, monitorizándose todo tipo de procesos, tanto físicos (IoT) como virtuales. Si bien ésta es la base necesaria para avanzar, la mera recolección de datos carece de valor en sí misma, y de ahí la relevancia de esta línea de trabajo. El objetivo es explotar grandes volúmenes de datos que las empresas tienen actualmente a su disposición, procesándolos y extrayendo conclusiones valiosas para la toma de decisiones. La complejidad de estas soluciones es muy variable, desde aplicaciones sencillas de

Business Intelligence, muy enfocadas a la visualización de datos, hasta soluciones muy complejas basadas en algoritmos avanzados y que requieren técnicas de procesamiento muy específicas.

Se trata de una línea de trabajo completamente transversal, aplicable prácticamente a cualquier proceso de negocio en el que exista recolección de datos de cualquier naturaleza.

Una de las líneas de trabajo más específicas del sector TIC es el de **la ciberseguridad**, que se ha convertido en un nicho de mercado muy valioso para las empresas de este ámbito. Las potenciales aplicaciones de IA son muy numerosas en esta línea de trabajo, permitiendo la implementación de soluciones cada vez más sofisticadas, enfocadas a la **detección temprana de amenazas gracias a la identificación de patrones**. Por lo tanto, es fundamental la aplicación de técnicas de *Machine Learning*, para dar lugar a sistemas predictivos. El uso de técnicas NDL o blockchain entra también en juego en esta línea de trabajo, además de **técnicas criptográficas avanzadas**, que complementan a las herramientas basadas en IA para componer un entorno ciberseguro.

Ocio y Turismo

Como se ha indicado anteriormente, el análisis de oportunidades para la aplicación de tecnologías de IA al sector **Ocio y Turismo** se enlaza con el sector TIC. Se trata de un mercado de soluciones tecnológicas mayormente ofrecidas por grandes empresas ubicadas fuera de Andalucía. Existen experiencias puntuales que constituyen casos de éxito en la región, pero con un carácter minoritario, que no se consideraría como una oportunidad en el amplio sentido.

De manera general, se identifican las siguientes líneas de trabajo:

- **Chatbots en el sector turismo:** NLP aplicado a la atención al cliente, con casos de éxito con un alcance acotado.
- **Motores de Revenue Management:** existen algunas experiencias desarrolladas en Andalucía, que cuentan con un posicionamiento interesante, porque se relacionan de manera muy cercana con el sector hotelero.
- **Realidad aumentada en el sector turismo:** la aplicación de IA se centra en los motores de visualización, pero existen algunas experiencias de éxito en Andalucía al respecto.
- **Perfilado y segmentación de clientes/turistas:** Se aplica IA para perfiles avanzado de usuarios (sistemas expertos, segmentación) en grandes actores del sector.
- **Motores de recomendación** turísticos que instalados en las Agencias de viaje online (OTAs)

El sector Ocio en Andalucía, si bien está presente a nivel de consumidores (actividades lúdicas, videojuegos, contenidos digitales, entretenimiento online, audiovisuales), no cuenta con grandes *stakeholders* andaluces. Hay que destacar la reciente apuesta por el sector de los contenidos digitales y los videojuegos de algunas provincias andaluzas, como Málaga o Sevilla, lo que resulta en la presencia de varias empresas desarrolladoras de

videojuegos en nuestra región, aunque aún se trata de un ámbito de trabajo minoritario. En cualquier caso, cabe destacar que esta industria cuenta con una importante adopción de la IA, tanto en la lógica como en la física de los juegos. Además, los motores gráficos usan grandes cantidades de datos para conseguir tan altas calidades. Sin embargo, de nuevo, estas grandes empresas se encuentran normalmente localizadas en EEUU, Canadá o Reino Unido, seguido de algunos países asiáticos como India o Japón. Por lo tanto, **no se han encontrado oportunidades** reales de mercado en materia de IA para empresas TIC andaluzas, ya que los competidores en este ámbito son grandes grupos empresariales muy localizados y específicos que copan gran parte del mercado global.

Ocio y Turismo

- Chatbots para atención al cliente/dudas/recomendaciones
- Perfilado y segmentación avanzada de turistas (Big Data y sistemas de recomendación)
- Motores de recomendación de ofertas/viajes

Ilustración 4 - Oportunidades de mercado en IA en sector Ocio y Turismo Andaluz

Edificación y obra civil

Como se ha indicado anteriormente, se trata de un sector eminentemente tradicional, en el que la incorporación de la tecnología está teniendo lugar de forma paulatina, y en cierta manera desigual. En este mercado conviven grandes constructoras con empresas de muy pequeño tamaño, por lo que la adopción de la tecnología sigue ritmos diferentes.

El sector, de forma general, tiene una clara necesidad: optimizar costes para aumentar su margen comercial, ya que éste se encuentra a niveles muy bajos. Por lo tanto, la incorporación de tecnología que permita optimizar planificaciones o consumo de recursos es una de las necesidades del sector, que requiere un incremento de su productividad para la sostenibilidad de muchas de sus empresas.

En este sentido, las tecnologías BIM cuentan actualmente con un nivel de adopción significativo, siendo especialmente interesante el papel de las pequeñas empresas consultoras especializadas en BIM, que permiten a otras pymes del sector incorporarla progresivamente en su negocio. Además, a nivel normativo, se ha ido imponiendo progresivamente la obligatoriedad del uso de esta tecnología en los procesos de diseño. De manera general, **la IA no tiene un papel relevante en las soluciones BIM**, si bien comienzan a observarse ejemplos de aplicación interesantes:

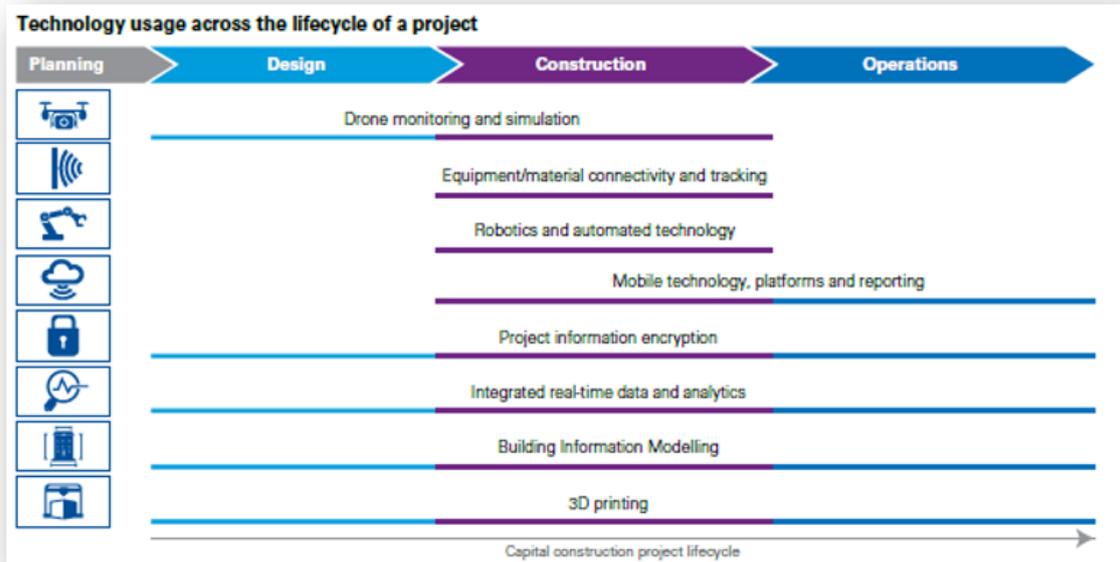


Ilustración 5 - Aplicaciones tecnológicas en las diferentes fases del ciclo de vida del sector de la construcción¹³

- Por ejemplo, existe un creciente interés por las herramientas de **diseño automatizado de instalaciones e infraestructuras complejas** con el objetivo de lograr diferentes alternativas que optimicen el resultado en términos de coste, material, proceso constructivo, etc. Se trata de un concepto más avanzado que el BIM entendido de manera general, que aporta un gran valor añadido en cuanto a optimización y reducción de costes.
- Otra oportunidad en torno a las herramientas BIM es la integración en las mismas de funcionalidades avanzadas para el modelado y simulación de **estructuras de alta complejidad**, incorporando análisis de vientos, lluvias, temperaturas, etc. Habitualmente, se trata de análisis solicitados ad-hoc por las empresas constructoras, ya que sus habituales herramientas de trabajo no permiten alcanzar este nivel de detalle, ni incorporar en el proceso de diseño este tipo de factores. Por lo tanto, se identifica una oportunidad en el enriquecimiento de las funcionalidades de estas herramientas mediante técnicas de IA.

¹³ KPMG "Building a technology advantage, 2016". Global Construction Survey 2016

- Soluciones avanzadas de **mantenimiento y conservación de grandes infraestructuras**. Si bien se trata de una actividad focalizada en un número relativamente reducido de empresas, se trata de una línea de trabajo con un gran potencial, y una oportunidad para incorporar tecnología a un campo de corte tradicional. El mantenimiento de estas infraestructuras (puentes, presas, despliegues ferroviarios, etc.) tiene un coste muy elevado, y se realiza de acuerdo a planificaciones cerradas, que con frecuencia son poco eficientes, e incluso poco eficaces. Así, se comienzan a dar pasos en la línea de soluciones de mantenimiento predictivo, si bien son aún escasas las experiencias que apliquen todo el potencial de la IA. Se trabaja con frecuencia únicamente en base a ciencia de datos, analizando históricos y tendencias. Sin embargo, existe una importante oportunidad en cuanto a aplicación de **modelos predictivos** más avanzados, basados en modelado de componentes y elementos, en línea con el concepto de **gemelo digital**.

Existen en Andalucía interesantes capacidades investigadoras en este sentido, y el tejido empresarial tiene un importante interés en este tipo de soluciones, cuyos beneficios impactan directamente en la cuenta de resultados.

- Además del mantenimiento de grandes infraestructuras, existe una oportunidad creciente para las herramientas de **optimización del mantenimiento de edificios** cada vez más complejos: edificios de consumo cero, o con usos específicos en el sector terciario, que tienen una infraestructura compleja, desde sus instalaciones a sus sistemas, y que progresivamente incrementarán los costes de mantenimiento. Por lo tanto, se trata de una línea de trabajo de interés, que aplica técnicas de análisis predictivo mediante *Machine Learning*, o ciencia de datos para el tratamiento del gran volumen de datos generado en estos entornos fuertemente sensorizados.
- **Asistentes virtuales avanzados**: se trata de una oportunidad existente en la fase de operaciones, tanto en construcción como en mantenimiento, con un importante potencial. El trabajo que actualmente se está realizando en NLP para ofrecer capacidades conversacionales avanzadas es una contribución de gran valor como **soporte a las labores a pie de obra**.

La incorporación de herramientas de gestión de la operación en obra, mediante dispositivos móviles, facilita enormemente la monitorización de los procesos, la gestión de recursos y el acceso a planos, manuales, *datasheets*, etc. La incorporación de IA a estas herramientas, como sería el caso de un asistente virtual avanzado, es un salto cualitativo en entornos complejos (en cuanto a tecnología, equipamiento, criticidad o accesibilidad). Existe un creciente interés en estas herramientas, cuyo uso empieza a extenderse, y existe un importante margen para la incorporación de funcionalidades avanzadas.

- En el actual contexto de digitalización progresiva del sector, cada vez son más frecuentes las herramientas que facilitan una **gestión de los procesos a pie de obra**, mediante dispositivos portátiles, interfaces adecuadas al contexto y perfil de los usuarios, que permiten incrementar el control de la construcción en tiempo. Sobre

esta base, es de gran interés incorporar, progresivamente, funcionalidades adicionales que optimicen los diferentes procesos, incluyendo aspectos de gestión de RRHH, seguridad, uso de EPIs, control de accesos, etc., con requerimientos más restrictivos en función del contexto en el que nos encontremos. Empiezan a plantearse soluciones que aplican visión artificial para monitorizar el cumplimiento de las medidas de seguridad, por ejemplo, o para controlar de manera transparente al usuario el acceso o utilización de determinado equipamiento.

A modo de resumen, se aporta en el siguiente diagrama las líneas o áreas que cuentan con más oportunidades de mercado en el sector Edificación y Obra civil, relacionadas con la aplicación de técnicas de IA:

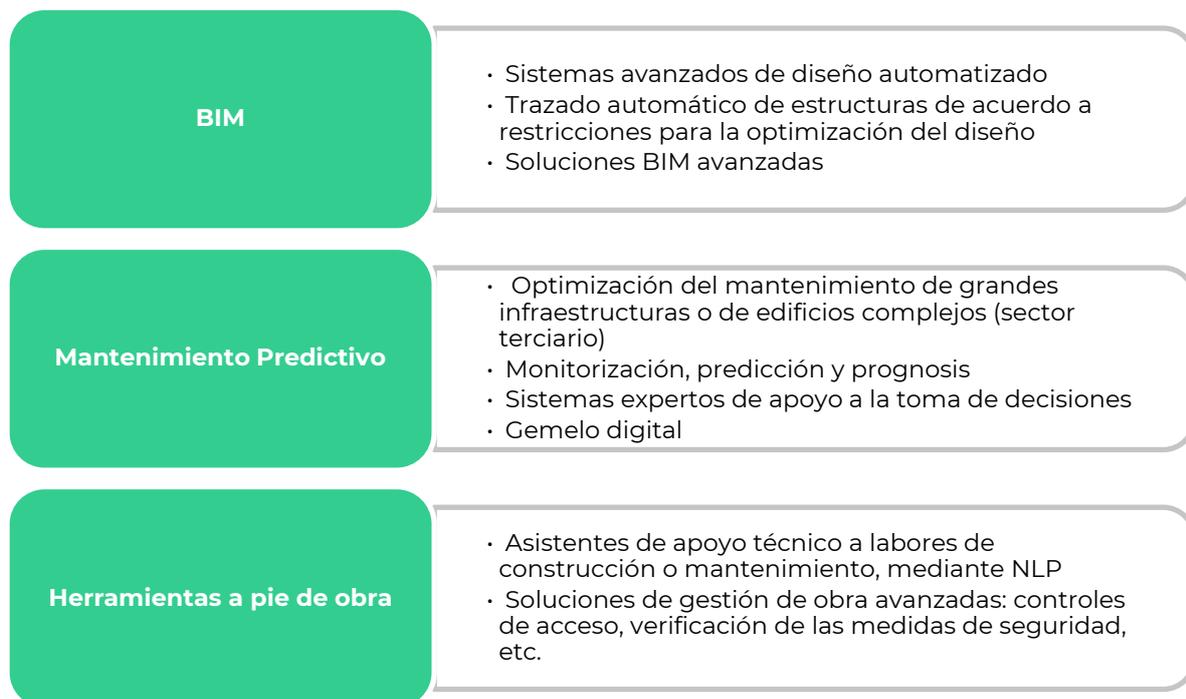


Ilustración 6 - Resumen Oportunidades de mercado en IA dentro del Sector Edificación y Obra Civil

Procesos productivos

El sector industrial se encuentra actualmente inmerso en la transición hacia los modelos de industria 4.0, aún con un grado de implantación desigual, al tratarse de un sector con una gran diversidad. La digitalización se abre camino progresivamente, lo cual permite comenzar a dar pasos hacia funcionalidades más avanzadas. Así, en industrias de corte más innovador, o empresas de mayor tamaño, existe una clara oportunidad para el desarrollo e implantación de soluciones en línea de la industria 4.0, aplicando diferentes técnicas de IA.

De hecho, en los sectores técnicamente más avanzados se acuña ya el concepto de industria 5.0¹⁴. Algunas áreas de trabajo que despiertan actualmente especial interés son:

- **Visión artificial:** por un lado, está ampliamente aplicada a **inspección y control de calidad** de componentes o piezas: en piezas estéticas es especialmente relevante, así como en elementos con grandes superficies o de difícil acceso para la inspección manual. Se trata de una labor que requiere especialización y entrenamiento relevante por parte del personal, por lo que la incorporación de estas técnicas permite reducir costes, tiempos y probabilidades de error humano. Existen empresas con capacidades relevantes en esta línea en Andalucía.

Por otro lado, la visión artificial se emplea para supervisar y controlar determinados procesos industriales que no pueden monitorizarse fácilmente mediante sensorización, como puede ser llenado de envases, adecuada terminación de productos, orientación de determinados componentes, etc.

- **Optimización de procesos productivos:** más allá de la monitorización, cada vez más presente en la industria gracias a las soluciones IoT y la sensorización del entorno, el siguiente paso consiste en el procesamiento de los datos recogidos para soportar la toma de decisiones basadas en evidencia. Se trata de un área de trabajo tan amplia y diversa como la enorme cantidad de procesos a estudiar, con diferentes grados de complejidad:
 - Optimización en la distribución de turnos de trabajo.
 - Optimización en el consumo de materiales o recursos.
 - Optimización del consumo energético.
 - Cuadros de mando integrales para el control de procesos.

En estas aplicaciones, una etapa fundamental del trabajo es el modelado de los procesos, sobre el que después se construyen los algoritmos de optimización.

Una línea de trabajo especialmente interesante es la relativa a la **gestión de las cadenas de suministro**, desde un punto de vista integral, estrechamente vinculada con la logística. Se integran, así, los procesos de suministro de materias primas, contemplando variables de precio, disponibilidad, calidad, tiempo de transporte o huella medioambiental, y los procesos de gestión de stock, incluyendo, de nuevo variables de demanda y precio, coste de almacenamiento, durabilidad del producto, etc. Se trata de procesos complejos, en los que la aplicación de técnicas de *Machine Learning* aporta resultados muy interesantes de optimización.

Una aplicación avanzada en esta línea es la **replanificación dinámica de procesos**: gracias a la disponibilidad de datos acerca de los procesos en la industria, además de ofrecer información valiosa, es posible diseñar algoritmos que realicen correcciones automáticas en tiempo real. De este modo, se trata de sistemas

¹⁴ Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission.

realimentados, que no solo monitorizan, sino que optimizan los procesos de manera dinámica de acuerdo al funcionamiento real del equipamiento, los operarios o las instalaciones. Las técnicas de *Machine Learning* tienen un papel muy relevante en este tipo de aplicaciones.

- **Gestión inteligente de activos:** en un entorno en el que se cuenta con equipamiento e infraestructuras de producción complejas, la gestión y mantenimiento de los activos es una labor muy relevante. El mantenimiento predictivo es una línea de trabajo importante en este sentido, con énfasis en la detección temprana de patrones de fallo, así como el modelado de elementos críticos en el proceso para la predicción de comportamientos anómalos y la planificación optimizada de las labores de mantenimiento. Si tenemos en cuenta la **criticidad de una posible parada no prevista** en determinadas industrias, queda de manifiesto la relevancia de este tipo de soluciones. En este sentido, se trabaja intensamente en líneas de **gemelo digital**, con un modelado pormenorizado de los diferentes elementos que componen el proceso, y a su vez, el modelado del sistema global, con frecuencia mediante grafos matemáticos que incluyen las interrelaciones de cada componente. En ocasiones se confunde el concepto de gemelo digital con un modelo de un determinado sistema, o con la disponibilidad de un histórico de datos de los que es posible extraer conclusiones. Sin embargo, el concepto de gemelo digital hace referencia a ese modelo global, fruto de la monitorización y modelado exhaustivo de los componentes del sistema y las interrelaciones entre ellos. Se logra, así, replicar realmente el funcionamiento de un determinado sistema, pudiendo detectar anomalías o desviaciones respecto a los patrones correctos. De esta manera, se logra dar el salto de la predicción al pronóstico, avanzando en el grado de inteligencia de las herramientas y su adecuación a la situación real del activo o del sistema.
- **Asistentes virtuales:** en industrias complejas, como puede ser la aeronáutica, los procesos de verificación, registro de datos e inspección requieren un importante esfuerzo de gestión. Gracias a la digitalización y la reducción del uso de papel, se logra agilizar parte de estos procesos. Sin embargo, aún hay un importante margen de mejora, con el objetivo de incrementar la productividad, así como la fiabilidad de los procesos, reduciendo posteriormente la carga de trabajo en verificación o corrección de fallos. Si bien los asistentes de voz suponen de por sí un avance, la incorporación de interfaces multimodales, capaces de enlazar diferentes planos de la comunicación, suponen un paso cualitativo.
- **Robotización industrial:** la inteligencia artificial permite que los robots ejecuten tareas de manera autónoma, no solamente desde el punto de vista de la acción, sino en cuanto a la toma de decisiones de distinta complejidad. En este sentido, los “cobots” o robots colaborativos son un buen ejemplo de cómo la inteligencia artificial puede acelerar los procesos para lograr la perfección en la producción, ya que son mucho más que tan solo máquinas que realizan el trabajo más arduo o

peligroso. El punto diferencial de los cobots es que están diseñados y programados para trabajar con personas de manera colaborativa. De este modo, es posible programar la ejecución de determinadas tareas de una manera sencilla, sin conocimiento técnico avanzado. Gracias a una interfaz muy intuitiva, tras la integración del robot colaborativo, cualquier operario puede enseñarle los pasos a seguir en solo unos minutos. Son robots flexibles en sus posibles aplicaciones y más económicos que los robots industriales convencionales, que permiten complementar el trabajo con operarios, agilizándolo sin llegar a automatizarlo completamente. En Andalucía son escasas las empresas especializadas en robótica, y el nivel de implantación de este tipo de soluciones es aún limitado en el tejido productivo.

En el ámbito del sector industrial, podemos destacar la **actividad logística**, que presenta retos específicos. Además, en Andalucía se cuenta con importantes núcleos logísticos, como es el Puerto de Algeciras, con un gran potencial de incorporación de tecnología. De manera general, existe claro interés por soluciones afines a las propias del sector industrial, en cuanto a la optimización de procesos y el mantenimiento predictivo de grandes activos (por ejemplo, grúas) o flotas de vehículos. Sin embargo, por su peculiaridad y relevancia actualmente, destacamos especialmente en el ámbito de la logística la gestión y automatización de la última milla. A la luz de la creciente demanda de productos a domicilio, la entrega de productos en última milla es una línea de trabajo candente, con una importantísima necesidad de optimización para garantizar la rentabilidad de este tipo de servicios y productos a domicilio. Esta problemática está siendo abordada desde diferentes perspectivas:

- **Herramientas de gestión de logística de última milla:** para que el servicio de última milla sea rentable y sostenible, existe una importante oportunidad para soluciones de optimización de procesos de recogida y entrega, gestión de recursos, optimización de rutas y asignación automática de pedidos. Se trata de herramientas que aplican inteligencia artificial, habitualmente machine learning, para la gestión dinámica de estos procesos, tomando decisiones automatizadas en tiempo real. En esta línea, Andalucía cuenta con empresas referentes en el sector, en torno a las que ha surgido un interesante ecosistema, con un gran potencial de crecimiento, diversificación e internacionalización.
- **Robotización de procesos de entrega:** desde hace años se trabaja en pruebas piloto diversas a este respecto, con resultados desiguales, al tratarse de una aplicación compleja de la robótica, debido a un entorno de operación muy complejo y de baja previsibilidad. Desde drones para la entrega, hasta robots que transportan un paquete desde el vehículo hasta el punto de entrega. Son varias las empresas que en Andalucía trabajan actualmente en esta línea, de alta complejidad, pero con un interesante potencial a medio y largo plazo. El avance en la línea del vehículo autónomo será relevante en este sentido.

A modo de resumen, se aporta en el siguiente diagrama las líneas o áreas que cuentan con más oportunidades de mercado en el sector industrial y procesos productivos, relacionadas con la aplicación de técnicas de IA:

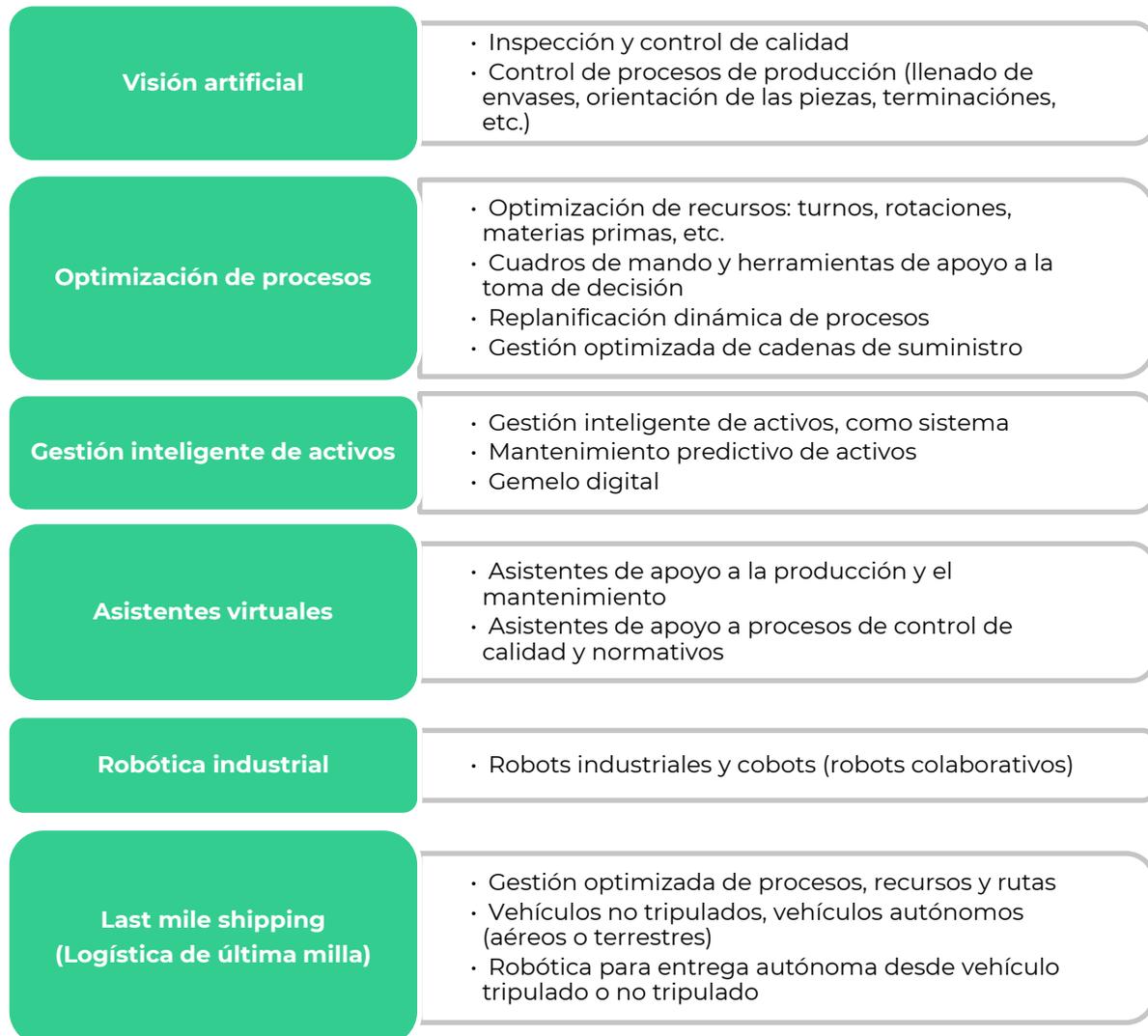


Ilustración 7 - Resumen Oportunidades de mercado en IA dentro del Sector Industrial y Procesos productivos

Aeroespacial

El sector aeroespacial¹⁵ está, por supuesto, altamente tecnificado y receptivo a la innovación. Sin embargo, se mueve, tanto a nivel empresarial como investigador, con dinámicas muy

¹⁵ FUENTE: PAE.AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN AERONÁUTICA 2019 - 2030

específicas y círculos cerrados, fuertemente marcados por los actores clave de las *supply chains*. Si bien existe amplio margen para la incorporación de técnicas de IA, de manera similar a lo expuesto anteriormente en relación a procesos productivos de carácter general, la estricta normativa y los requisitos impuestos por las OEMs limita y condiciona su alcance. Sin embargo, a nivel interno, en los procesos productivos de los diferentes componentes de la *supply chain*, son cada vez más frecuentes soluciones en línea de lo indicado en cuanto a procesos productivos (asistentes virtuales conversacionales mediante NLP, optimización de procesos productivos, etc.) e incluso edificación (diseño asistido de estructuras complejas, por ejemplo).

Sin embargo, podemos identificar líneas de trabajo específicas e interesantes en las que la contribución de la IA es relevante:

- Tal es el caso de los **vehículos conectados, inteligentes, no tripulados y autónomos**. Aquí se incluyen todos los nuevos paradigmas de transporte autónomo, desde aeronaves de un solo piloto, drones de cualquier tamaño y arquitectura, hasta vehículos autónomos para el transporte de pasajeros para la movilidad aérea urbana.
- Una de las oportunidades detectadas para la IA se centra en la **navegación**, es el desarrollo de las tecnologías necesarias para la integración inteligente de un “sistema de sistemas”, comunicando de manera segura diversos tipos de vehículos que han de convivir en su navegación. De forma similar a lo indicado en cuanto a procesos productivos y la gestión de activos, se trata de componentes de un sistema que es necesario modelar a nivel individual y como conjunto, contemplando las interacciones entre ellos.
- Esto es especialmente importante si tenemos en cuenta el **control del tráfico aéreo**, línea de trabajo con un gran potencial, teniendo en cuenta la incorporación de los drones en el sistema. Para aumentar la seguridad y avanzar hacia soluciones de control de tráfico aéreo avanzadas, es necesario abordar diversos objetivos, con la seguridad como centro: optimización de tiempos, reducción de impacto medioambiental, integración de sistemas aéreos tripulados y no tripulados, gestión automatizada de las operaciones aéreas, etc. Así, desde hace años se trabaja en el concepto de UTM (Unmanned Traffic Management), como modelo integral que garantice la convivencia de vehículos no tripulados de diferente naturaleza con el tráfico aéreo civil. Para que este marco se constituya como una realidad, es fundamental el desarrollo de determinadas tecnologías habilitadoras, en las que la IA tiene un papel clave. Algunas de estas oportunidades son:
 - Técnicas de *sense & avoid*, para dotar de capacidad de detección de obstáculos y evitación automática de colisiones a los vehículos
 - Posicionamiento pasivo de UAVs
 - Sistemas de terminación de vuelo autónomo seguro

- Una línea de trabajo interesante se enfoca a la **gestión aeroportuaria**: se trata de hubs de movilidad complejos, tanto de pasajeros como de mercancías, con un alto potencial de optimización. Concretamente en el flujo de pasajeros, se están implementando herramientas de visión artificial orientadas a aplicaciones de seguridad (identificación de personas, seguridad antiterrorista, detección de patrones, identificación de objetos peligrosos, etc.). En cuanto a gestión de mercancías, se encuentran retos y oportunidades similares a los indicados en cuanto al sector industrial, con un fuerte enfoque a la optimización logística.
- Por otro lado, el **mantenimiento de aeronaves** tiene especificaciones muy concretas, y viene marcado por una importante carga regulatoria. La incorporación de técnicas de mantenimiento predictivo, y la monitorización de la salud estructural de los materiales y los componentes del sistema, suponen claras oportunidades para la aplicación de técnicas de IA.

A modo de resumen, se aporta en el siguiente diagrama las líneas o áreas que cuentan con más oportunidades de mercado en el sector aeroespacial relacionadas con la aplicación de técnicas de IA:



Ilustración 8 - Resumen Oportunidades de mercado en IA dentro del Sector Aeroespacial

Biología y salud

Si bien es habitual que se engloben bajo un mismo sector, realmente nos encontramos ante un campo de trabajo de gran magnitud, con enfoques muy diferentes en cuanto al objetivo del presente informe.

Por un lado, la biología abarca, de por sí **aplicaciones industriales (biología blanca)**, con un claro enfoque a la optimización de procesos industriales, tanto para el incremento de la productividad como para reducir el impacto ambiental del proceso en cuestión. Para ello, se hace uso y explotación de microorganismos vivos, en condiciones controladas, para la mejora de un bioproceso. La aplicación de biología de sistemas para definir estas redes biológicas lleva aparejada una importante oportunidad para la incorporación de modelos matemáticos, simulaciones y técnicas de procesamiento de datos que complementen a la estrategia empírica habitual en las ciencias biológicas, basadas en la observación de los procesos. Estos procesos costosos, complejos y multiparamétricos suponen una oportunidad para la incorporación de técnicas de IA, especialmente análisis predictivo tras el consiguiente modelado. De este modo, se incrementa la predictibilidad de los procesos y se reduce el número de ensayos requerido. Algunas oportunidades concretas de aplicación son:

- Análisis de rutas metabólicas.
- Modelado de rutas metabólicas.
- Optimización de señales de regulación.
- Predicción de resultados de procesos a escala industrial.

Por otro lado, la **biología roja** hace referencia a su aplicación al sector salud, y, de nuevo, existe un escenario muy interesante y en constante evolución científico-técnica. Una de las áreas de trabajo más atractivas es la **Medicina de Precisión o Personalizada**, un nuevo modelo de tratamiento en el que las decisiones terapéuticas son guiadas por los atributos moleculares de cada paciente, de forma individualizada. Existe una estrategia al respecto a nivel nacional, lo que deja de manifiesto la relevancia de estas terapias avanzadas en el medio plazo. Se engloban en esta categoría de terapias avanzadas, la terapia génica, la terapia celular y la ingeniería tisular. El desarrollo de terapias avanzadas tendrá un gran impacto en el tratamiento de enfermedades como el cáncer, enfermedades neurodegenerativas (ELA, Alzheimer, Parkinson), enfermedades cardiovasculares (ictus, isquemia), enfermedades de alta prevalencia como la incontinencia y la artrosis, o las enfermedades raras de base genética. A continuación, se identifican algunas oportunidades concretas en esta línea de trabajo:

- La gran oportunidad de la IA en este segmento está, claramente, en la enorme necesidad de explotación de la información. El **tratamiento masivo de datos genéticos** con tecnologías computacionales de altas prestaciones y la posibilidad de aplicar algoritmos de IA a estas secuencias de datos abre un nuevo escenario para el desarrollo de nuevos servicios industriales aplicados. El análisis genético es una

tendencia en claro crecimiento, que se encuentra fuertemente vinculada a la bioinformática.

- Uno de los retos más acuciantes de la Bioinformática es la **integración de datos** procedentes de diferentes plataformas, es decir, datos de diferentes ómicas (transcriptómica, metabolómica, proteómica, etc.) Se trata de enormes volúmenes de datos con interrelaciones complejas, cuyo análisis tiene un gran potencial de aplicación.

Por otro lado, la **generalización del uso de la Historia Clínica Electrónica** constituye una base de conocimiento con un potencial aún no explotado. No se trata únicamente del interés de explotación de estos datos a nivel estadístico, sino de la posibilidad de analizar la evolución y pronóstico de paciente de acuerdo al contexto, la información de partida, el tratamiento recibido, etc. Se trata de una línea de trabajo fuertemente condicionada por políticas de gran alcance, al menos en el ámbito público. Sin embargo, a nivel privado (aseguradoras, proveedores de salud privados, compañías farmacéuticas, etc.), existen interesantes oportunidades:

- **Optimización/simulación de ensayos clínicos mediante el uso de datos clínicos de vida real.** Se trata de un procedimiento ya aceptado por las agencias regulatorias, que aún tiene un recorrido muy importante antes de llegar a explotarse a mayor escala. Repercutiría especialmente en la reducción de los tiempos necesarios para completar los procesos de ensayo de nuevos medicamentos. En línea con esta aplicación en el sector farmacéutico, también son de interés los análisis de riesgo/beneficio de nuevos tratamientos.
- **Estudios de idoneidad paciente/tratamiento en enfermedades complejas y tratamientos con riesgo** (invasivos, quirúrgicos, tóxicos, etc.): se trata de una línea de trabajo que ofrece herramientas de apoyo a la toma de decisión en la práctica clínica. Ante tratamientos cada vez más complejos, ensayos clínicos, y alternativas terapéuticas, las soluciones que analizan la idoneidad de los tratamientos de acuerdo al perfil y estado de salud del paciente son de gran utilidad, así como una línea de trabajo con un gran potencial de crecimiento, ya que actualmente predominan los sistemas ad-hoc, poco generalizados y parametrizables.
- **Análisis predictivo y prognosis de la evolución del paciente en el curso de la enfermedad:** existen numerosas investigaciones en esta línea, con muy diferentes enfoques. Por ejemplo, para predecir tasas de supervivencia o niveles de ocupación en planta hospitalaria. Muchas de estas herramientas se basan en técnicas de *Machine Learning*, y pueden entrenarse gracias al gran volumen de datos clínicos disponibles actualmente. Un caso particular en esta línea de trabajo es la relativa al modelado y predicción de la evolución de tumores, por su relevancia en la práctica clínica y la importancia de contar con herramientas en esta línea. Son numerosas las investigaciones al respecto, en equipos multidisciplinares, si bien se ciñen habitualmente al ámbito de la investigación.

- **Trazabilidad y análisis de hábitos y parámetros biológicos en enfermedades crónicas** para la adaptación dinámica de pautas y tratamientos, y el feedback personalizado. Se trata de soluciones de medicina basada en la evidencia, con un enfoque holístico, que requieren el análisis combinado de muy diversas variables, así como grandes volúmenes de información para la generalización de la evidencia. En Andalucía existen interesantes iniciativas en esta línea, que han tomado fuerza además en los últimos meses por la crisis causada por la COVID-19, que ha impulsado la telemedicina, el cuidado remoto y ha puesto de manifiesto el impacto de la enfermedad crónica en la calidad y esperanza de vida.

En cuanto a la práctica clínica, existen muy diversas aplicaciones tecnológicas, si bien se trata de una casuística muy diversa, especialmente si se abre el abanico hacia el sector sociosanitario y dependencia. Algunas oportunidades relevantes en esta línea son:

- **NLP para la optimización de la Historia Clínica Electrónica:** desde la generación de texto a partir de voz o la normalización de las historias de acuerdo a estándares de codificación del sector (CIE10, habitualmente) son líneas de trabajo de alto potencial, ya que su avance repercute directamente en la mejora de los datos que forman parte de la base de conocimiento de los datos clínicos, fundamental para las aplicaciones anteriormente descritas.
- **Robótica médica:** se trata de una línea de trabajo interesante, con importantes aplicaciones en Andalucía, gracias a la apuesta del sistema sanitario y los hospitales públicos de la región al respecto. Desde aplicaciones de óptica robotizada avanzada, hasta soluciones de cirugía remota gracias al despliegue de la red 5G en la región, son numerosas las historias de éxito. El robot DaVinci es un gran ejemplo de caso de éxito, cada vez más extendido en la práctica clínica. Sin embargo, de forma general, se trata de una línea de trabajo interesante, pero cuyo potencial de mercado aún no es claro, por el alto coste de su investigación y explotación, los altos estándares regulatorios y el complejo entrenamiento requerido por parte de los profesionales. Además, actualmente la aplicación de técnicas de IA es aún reducida, por la complejidad de este entorno.
- **Soluciones de apoyo al diagnóstico mediante imagen médica:** tras el importante avance de los sistemas de diagnóstico por imagen en los últimos años, y la labor realizada para su procesamiento y normalización, actualmente existe una interesante línea de trabajo en cuanto al análisis inteligente de estas imágenes para la detección automatizada de anomalías. Mediante técnicas de *Machine Learning*, estas soluciones son entrenadas para detectar desviaciones respecto a los patrones normales, identificando así posibles patologías, apoyando y agilizando la labor de los profesionales especializados.

A modo de resumen, se aporta en el siguiente diagrama las líneas o áreas que cuentan con más oportunidades de mercado en el sector biotecnología y salud, relacionadas con la aplicación de técnicas de IA:



Ilustración 9 - Resumen Oportunidades de mercado en IA dentro del Sector Biotechnología y Salud

Agroalimentario

El sector agroalimentario es, de nuevo, diverso y fuertemente afectado por el contexto ambiental y normativo. Los grandes desafíos del sector vienen marcados por los grandes cambios demográficos, climáticos y de disponibilidad de recursos en las últimas décadas. Así, más allá del propio interés empresarial de los actores del sector, existen retos globales que la industria ha de abordar, como son:

- El incremento de la productividad de los sistemas de producción primaria, de manera sostenible.
- La mejora en la eficiencia en el uso de los recursos naturales.
- La obtención de fuentes de proteínas alternativas.
- La reducción del desperdicio alimentario.
- La valorización de la biomasa y otros subproductos de la industria.

Si bien la industria de la alimentación tiene un papel relevante, de manera general se rige por dinámicas similares a las de otras industrias de carácter general, por lo que existen oportunidades para **su robotización, optimización de procesos, automatización de**

tareas, etc. Sin embargo, por su especificidad, en este punto se abordarán las áreas de trabajo de carácter más específico en el ámbito de la agricultura y la ganadería.

Algunas oportunidades y líneas de trabajo de interés son:

- Como ocurre en otros sectores, la implantación de soluciones IoT ha iniciado el camino a la incorporación de técnicas de IA, cada vez más presentes en el sector, dando lugar a la denominada **agricultura y ganadería de precisión**. Sin embargo, aún se tiende más a la monitorización de determinados parámetros, manteniéndose la toma de decisiones en un nivel manual. La oportunidad se encuentra en dotar al sistema de inteligencia, dando el paso al análisis predictivo a partir de estos datos. Esto aborda necesidades acuciantes del sector, como la planificación inteligente de cosechas, riegos, abonos, etc., hasta la predicción y prevención de plagas.
- Muy alineada con la agricultura y ganadería de precisión, identificamos una oportunidad en la **optimización de las labores de manejo agronómico**. La aplicación de técnicas de visión artificial es muy interesante en determinados tipos de cultivo, incluidas las explotaciones extensivas, gracias a la captura de imágenes mediante drones, por ejemplo. Esto permite, por ejemplo, medir el calibre de los frutos, detectar precozmente enfermedades o plagas, o planificar con mayor precisión labores agronómicas. Por otro lado, en explotaciones intensivas cada vez existen más iniciativas de robotización, cuyo grado de inteligencia comienza a incrementarse, pasando de la simple automatización de labores pesadas a la automatización de tareas más delicadas, que implican la toma de decisiones autónomas en tiempo real.
- Un paso más allá en la aplicación de técnicas de IA implica la integración de datos propios del cultivo y la meteorología con datos de mercado, incorporando **modelos de predicción de la demanda y el consumo**, de manera que se incluye en el análisis el contexto además de la propia información de la explotación. Estas técnicas permiten optimizar la producción en términos de rentabilidad, además de en cuanto a consumo de recursos e incremento de la eficiencia. En Andalucía existen interesantes experiencias en esta línea, en productos de valor añadido como es el aceite de oliva. Se trata de un campo interesante, ya que la cosecha y la venta del producto final están muy escalonadas en el tiempo, de manera que las diferentes etapas del proceso pueden planificarse y gestionarse de acuerdo a las conclusiones extraídas de estas soluciones de optimización.
- En línea con estos modelos de predicción, existen interesantes oportunidades vinculadas a la **trazabilidad del producto**: la clave, así como la complejidad de esta aplicación, se centra en la necesidad de cubrir toda la cadena de valor, con datos de diversas fuentes. La disponibilidad de esta información permite aplicar técnicas de IA para la optimización de los procesos en el marco de la cadena, contemplando las restricciones de los diferentes actores. Esta línea de trabajo se ve fuertemente

impulsada por las tendencias normativas a nivel europeo, que apuestan por la trazabilidad total del producto, incluyendo su huella medioambiental, desde su producción hasta su manufactura, si procede, transporte y comercialización. Por lo tanto, se trata de una oportunidad alineada con la sostenibilidad requerida al sector.

Por supuesto, si nos enfocamos hacia la industria agroalimentaria, los retos y oportunidades que se identifican son afines a los reflejados en el apartado de procesos productivos, en cuanto a mantenimiento, optimización de cadenas de suministro (especialmente crítica cuando nos referimos a productos perecederos), etc.

A modo de resumen, se aporta en el siguiente diagrama las líneas o áreas que cuentan con más oportunidades de mercado en el **sector agroalimentario** relacionadas con la aplicación de técnicas de IA:

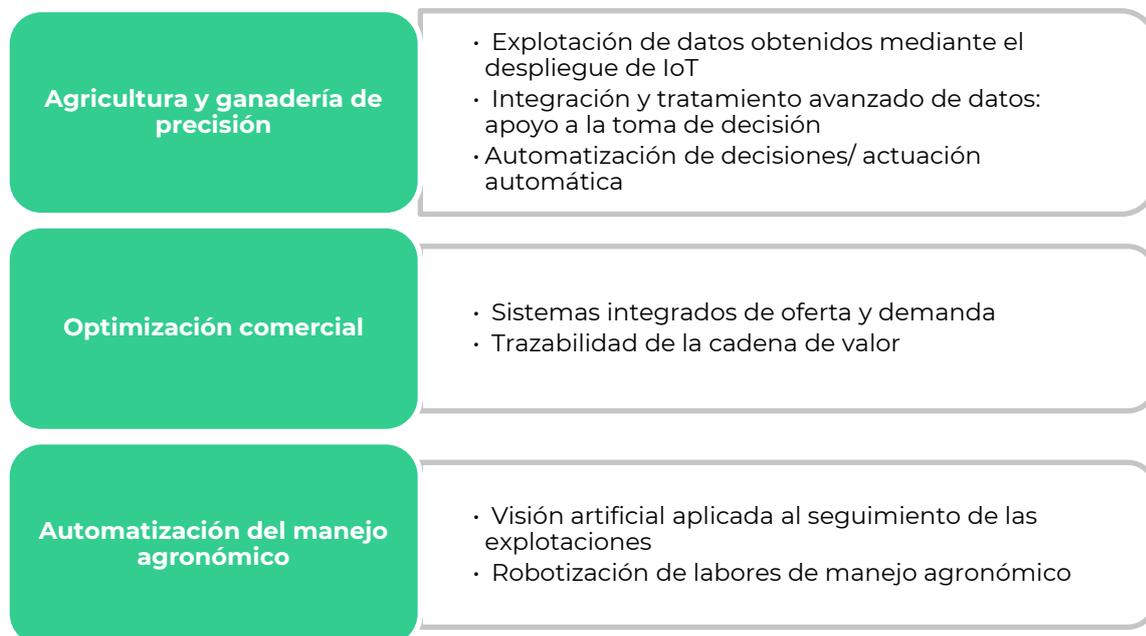


Ilustración 10 - Resumen Oportunidades de mercado en IA dentro del Sector Agroalimentario

Energía y Medio Ambiente

El sector energético está altamente tecnificado, y ha sido tradicionalmente un importante impulsor de la I+D+i. En el contexto actual, existe una clara necesidad de, por un lado, garantizar el suministro energético creciente y dar respuesta a los nuevos hábitos de consumo, pero también adaptar la generación de energía a los objetivos de transición y desarrollo sostenible.

A continuación, identificamos las siguientes oportunidades para la IA en el sector energético:

- El camino hacia la descarbonización es una realidad, y las energías renovables ganan progresivamente terreno. Una de las líneas de trabajo con mayor potencial se enfoca hacia la **optimización de los procesos de generación y distribución en energías renovables**. Hasta hace unos años, las EERR se veían fuertemente lastradas por los elevados costes de producción, que impedían que fueran una alternativa competitiva. Sin embargo, como se puede observar en la siguiente ilustración, en los últimos años hemos asistido a una importante optimización en esta línea.

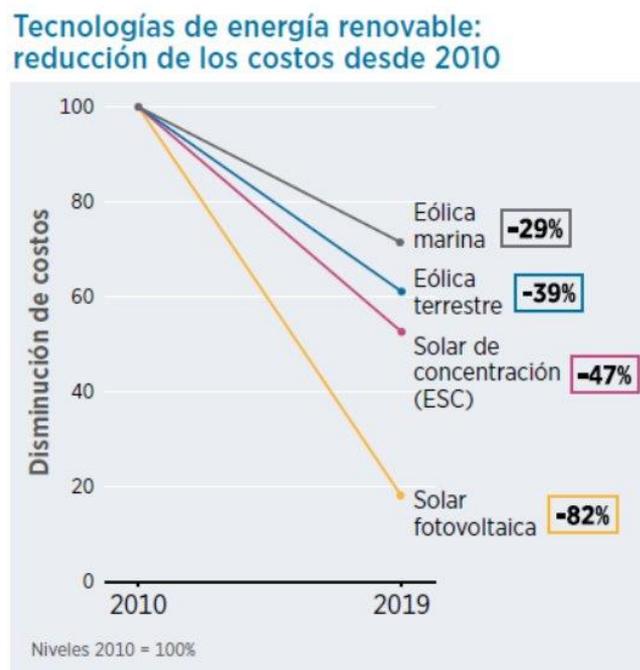


Ilustración 11 - Reducción de costes de generación de EERR entre 2010 y 2019¹⁶.

En parte, esto está siendo posible gracias a la optimización de procesos en torno a la generación. Así, existe actualmente un gran interés por lograr **optimizar la O&M (Operación y Mantenimiento) de plantas de generación fotovoltaica o parques eólicos**, ya que se trata de un coste fijo que lastra la rentabilidad de las instalaciones. En este sentido, existen multitud de líneas de trabajo orientadas a contribuir a este objetivo, como la aplicación de visión artificial para la detección de desperfectos superficiales, suciedad o elementos nocivos, o el análisis predictivo para la planificación inteligente de procesos de mantenimiento. Las plantas y parques de EERR generan una gran cantidad de datos mediante sistemas SCADA, por lo que

¹⁶ <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>

hay una clara oportunidad en la incorporación de técnicas de IA para la detección temprana de patrones de datos anómalos. Es muy interesante la aplicación de técnicas de *Machine Learning* para detectar anomalías de manera específica en función de las características y comportamiento dinámico de los diferentes parques. De igual modo, mediante IA será posible la **generación automática de acciones correctivas** en base al procesamiento de datos, ya que se trata de información difusa que requiere de algorítmica avanzada para su tratamiento.

Otra aplicación interesante de la IA es la robotización de las inspecciones y algunas acciones de mantenimiento, mediante drones o robots terrestres. Gracias a los sistemas de mantenimiento predictivo, estos sistemas robóticos pueden realizar acciones preventivas o correctivas de gran interés. Existen iniciativas de transferencia de conocimiento del sector robótico y aeronáutico al sector energético¹⁷, para optimizar estas labores de inspección y mantenimiento, con actores relevantes en Andalucía.

En Andalucía existen interesantes capacidades en esta línea, así como una oportunidad para el desarrollo de este tipo de soluciones. Una base fundamental para ello es la disponibilidad de fuentes de datos y un conocimiento exhaustivo de los procesos asociados, para, sobre ello, construir los modelos de IA a aplicar. Por lo tanto, el posicionamiento de Andalucía en EERR supone una oportunidad para las empresas desarrolladoras, no solo a nivel comercial, sino a nivel de colaboración para el diseño de estas herramientas.

- Una línea de trabajo en auge es la incorporación de **técnicas de seguridad y ciberseguridad** en los centros de generación de energía. Al tratarse de infraestructuras críticas, conectadas, muy digitalizadas, y, por lo tanto, sensibles a ataques y manipulación, existe una interesante oportunidad para la implementación de soluciones de protección en este plano digital. La incorporación de técnicas de **Machine Learning para la detección de patrones anómalos**, además de ayudar a predecir fallos, puede ayudar a identificar intentos de manipulación de los datos, la configuración, etc.
- Por otro lado, frente al uso de combustibles fósiles, asistimos a un proceso de fuerte electrificación de la economía. De nuevo, esto implica la incorporación de **nuevas herramientas de gestión y control**, en las que la IA juega un papel importante. Esto se alinea con las líneas de trabajo en torno a **Smart Grids** (Gestión de la generación descentralizada) con nuevos retos en relación a la planificación inteligente de redes, la descentralización, la detección de fraudes o ciberataques o la creación de comunidades energéticas, lo cual requiere un nivel avanzado de predicción de la

¹⁷ <https://www.durableproject.eu/>

generación y la demanda para garantizar la estabilidad de la red. Así, la gestión de generación eléctrica descentralizada es un reto y una oportunidad en el sector.

- Otra interesante línea de trabajo es la **gestión activa de la demanda**: actualmente, gracias a las Smart Grids y la digitalización de las redes, se dispone de un enorme volumen de datos de consumo, por lo que existe una clara oportunidad para su análisis. Esto permitirá profundizar en una mejor planificación de la demanda, garantizando el suministro y optimizando la producción de acuerdo a los patrones de consumo identificados.
- En el caso de las EERR, a este análisis de demanda ha de incorporarse un análisis predictivo de la generación, en función de la **previsión de disponibilidad del recurso** (eólico, solar, etc.). Se trata, así, de un modelo complejo, que ha de considerar el análisis conjunto de muy diversos parámetros y variables. Además, existe una gran variabilidad en el corto y medio plazo, que requiere trabajar sobre modelos dinámicos y generación de soluciones en tiempo real.
- En esta misma línea, la comercialización de la energía generada en pequeñas plantas supone un reto en sí mismo, existiendo una oportunidad para las soluciones que permitan la participación en mercados mayoristas. Son muy diversas las necesidades y opciones en la línea de trabajo del **trading**: desde soluciones enfocadas a optimizar la oferta para obtener máxima rentabilidad, con un planteamiento de venta diaria, hasta herramientas de análisis avanzado basadas en *Machine Learning* para participar en los mercados de corto plazo, de aún más complejidad. Hay una gran oportunidad en la adaptación automática en tiempo real de estrategias para la optimización de las operaciones de compraventa, en función de las dinámicas del mercado, reduciendo la carga de gestión y estudio manual requerida hasta el momento.
- Desde una perspectiva de mercado, ante la aparición de un gran número de comercializadoras eléctricas, existe interés actualmente por la **personalización de la oferta de energía**, para potenciar la captación de clientes. Para ello, es necesario realizar un perfilado y segmentación de clientes potenciales para adecuar la oferta comercial en función de sus necesidades y patrones de consumo, frente a las actuales propuestas estándar. Esto tiene especial relevancia en el ámbito B2B. Este proceso de personalización se ve beneficiado de forma significativa por la aplicación de técnicas de IA.

Una temática de gran interés actualmente, y que enmarcamos dentro del sector de la energía, por la relevancia de la optimización energética o la movilidad sostenible, es el de **las Smart Cities**. Se trata de un área de trabajo con múltiples facetas y necesidades, que han de integrarse para dar lugar a un todo. De nuevo, nos encontramos ante multitud de procesos a optimizar, así como enormes volúmenes de datos, gracias a la sensorización del entorno promovida en los últimos años con la implantación de soluciones IoT. Esto da lugar

a muy diversas líneas de trabajo y oportunidades para la aplicación de técnicas de IA, como son:

- **Seguridad ciudadana:** aplicación de visión artificial para la monitorización de grupos de personas, identificación automática de situaciones de riesgo, planificación dinámica de rutas de evacuación en tiempo real. Sistema de apoyo a la toma de decisiones estratégicas en la planificación de eventos de riesgo, o en la gestión de situaciones de alarma.
- **Infraestructuras urbanas conectadas:** el despliegue de proyectos IoT ha permitido la monitorización de diferentes elementos y procesos que tienen lugar en el entorno urbano. Esta es la base de conocimiento para que, mediante la aplicación de IA, se automaticen procesos y se optimice el consumo de recursos. Tal es el caso de los sistemas de iluminación inteligentes, ya con una amplia implantación, o los sistemas de gestión inteligente del tráfico, con una importante complejidad aún a día de hoy. La gestión inteligente de flotas de vehículos, rutas de reparto, o de recogida de residuos son ejemplos de actividades en el entorno urbano que actualmente están en proceso de optimización mediante la aplicación de algoritmos con diferente nivel de complejidad.
- **Movilidad sostenible:** se trata de uno de los retos que afrontan actualmente las ciudades, buscando un entorno más saludable y facilitando la movilidad en pro de la calidad de vida del ciudadano. El auge del vehículo eléctrico es un factor con gran impacto en este sentido, con la llegada de los vehículos ligeros de uso personal, como bicicletas o patinetes eléctricos, y la creciente presencia del coche eléctrico, que se prevé se acentúe en los próximos años. Todo ello requiere de planificación e infraestructura de gestión y recarga, así como avances en cuanto al almacenamiento de energía, que implica nuevos desarrollos a tener en cuenta en términos de IA. De igual modo, la entrada en el mercado de los operadores de movilidad en las grandes ciudades crea una oportunidad para su optimización logística. El análisis avanzado de la demanda o la distribución de los puntos de carga es fundamental para la rentabilidad del modelo de negocio, existiendo una oportunidad para la generación de soluciones en este sentido, tanto para operadores como para administraciones locales, que juegan un papel importante en este escenario.

A modo de resumen, se recogen a continuación algunas de las oportunidades de trabajo en el sector de la energía y medio ambiente en cuanto a la aplicación de técnicas de IA para la mejora de resultados:



Ilustración 12 - Resumen Oportunidades de mercado en IA dentro del Sector Energía y Medio Ambiente

6. Oportunidades en el ámbito de la I+D+i

6.1. Introducción

La IA y todas sus aplicaciones está presente en el contexto de las estrategias de financiación, tanto en el ámbito regional como en el nacional y el europeo. Actualmente **existen algunas oportunidades de financiación, tanto pública como privada, en el ámbito de la I+D+i** para proyectos relacionados con el uso la IA y su avance, o la adopción de la misma en los diferentes sectores productivos y sociales.

Las entidades andaluzas identificadas en el marco de este servicio podrán beneficiarse de estas líneas de financiación, puesto que la mayoría están ya operativas en 2021 o lo estarán en los próximos meses. No obstante, muchas de las entidades que han formado parte de este análisis optan por ayudas nacionales frente a las regionales para ejecutar sus proyectos de innovación en torno a la IA. En la consulta pública realizada, una mayoría de ellas demanda mayor acceso a fondos regionales, así como mayor agilidad en su tramitación.¹⁸

A continuación, en este apartado destacamos y resumimos aquellos programas andaluces, nacionales y también europeos en los que existen oportunidades en el ámbito de la I+D+i y que están previstos para 2021 o 2022.¹⁹

6.2. Marco regional, nacional y europeo y organismos relacionados

Marco Regional

En Andalucía están disponibles **las ayudas públicas de la Agencia IDEA**, con convocatorias normalmente anuales, relacionadas con proyectos de I+D+i cuyos objetivos estén alineados con la Estrategia de Innovación Andalucía RIS3. IDEA suele abrir convocatorias de

¹⁸ Según la encuesta online realizada.

¹⁹ Barrido de ayudas realizado con la información disponible en mayo de 2021.

subvención tanto para proyectos individuales como colaborativos, tanto para grandes empresas como para pymes. La elegibilidad la marca, entre otras cuestiones, la tipología del proyecto (I+D), por lo que todos aquellos proyectos que contribuyan a avanzar en el estado del arte de la Inteligencia Artificial son elegibles en este sentido. La convocatoria 2021 aún no ha sido publicada.

Ayudas de origen privado en Corporación Tecnológica de Andalucía, destinadas a proyectos de I+D+i en colaboración con Grupos de Investigación Pública andaluces, siendo las TIC un macro sector donde encajarían los proyectos relacionados con IA. Esta fundación privada financia proyectos de I+D o IT mediante tres convocatorias anuales: enero, mayo y septiembre.

Además, las grandes empresas tractoras del sector TIC en Andalucía, como son Telefónica y Vodafone, cuentan con programas de aceleración y emprendimiento actualmente operativos en Andalucía para empresas de base tecnológica, que también suponen oportunidades para entidades que se dediquen a IA, en este caso de tipo startups. Son el **Programa Minerva** (Vodafone y Junta de Andalucía) y el Programa **Andalucía Open Future** (Telefónica y Junta de Andalucía) que dispone de espacios de aceleración y emprendimiento en varias ciudades de Andalucía.

Marco Nacional: CDTI

El CDTI es a nivel nacional el organismo que mayor número de ayudas gestiona para el desarrollo de proyectos de I+D+i. Dispone de varias convocatorias donde, de manera anual, se abren oportunidades para el desarrollo de proyectos de IA. Existen una serie de convocatorias estables en las que pueden encajar proyectos en el marco de la IA:

- Proyectos de I+D (PID). Proyectos de I+D individuales o en colaboración. Convocatoria abierta todo el año, no competitiva.
- Proyectos CIEN, grandes proyectos de investigación colaborativos.
- Ayudas NEOTEC, para empresas tecnológicas de reciente creación.
- Programa Misiones, para grandes iniciativas estratégicas, intensivas en I+D y desarrolladas en colaboración público-privada.

Marco Nacional: Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA)

Aunque España contaba desde 2019 con una estrategia nacional de I+D+i en IA, es a finales de 2020 cuando el Gobierno español aprueba **la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial** (ENIA, en adelante) cuyo objetivo es integrar la IA en toda la cadena de valor de los diferentes sectores productivos y sociales, y que ello pueda suponer un crecimiento económico y una mejora para la sociedad actual. Se está trabajando para alinear las políticas nacionales con el desarrollo e impulso de la IA, aumentando la inversión y favoreciendo no sólo la excelencia científica y el empleo altamente cualificado, sino también la Inteligencia Artificial inclusiva, sostenible y con valores humanistas para generar un entorno de confianza, y superar así las posibles barreras sociales que puedan existir en esta materia.

La ENIA pretende aunar las demandas de todas las partes interesadas y conciliar las inquietudes de la comunidad científica, la industria, la sociedad civil y las comunidades más vulnerables, pero sobre todo busca comprender y prevenir las implicaciones que plantea la rápida introducción de la Inteligencia Artificial en ámbitos sociales básicos.

La ENIA tiene los siguientes objetivos:

1. Excelencia científica e innovación en IA: situar a España como país comprometido a potenciar la excelencia científica y la innovación en Inteligencia Artificial
2. Proyección de la lengua española: liderar a nivel mundial el desarrollo de herramientas, tecnologías y aplicaciones para la proyección y uso de la lengua española en los ámbitos de aplicación de la IA.
3. Creación de empleo cualificado: promover la creación de empleo cualificado, impulsando la formación y educación, estimulando el talento español y atrayendo el talento global.
4. Transformación del tejido productivo: incorporar la IA como factor de mejora de la productividad de la empresa española, de la eficacia en la Administración Pública, y como motor del crecimiento económico sostenible e inclusivo.
5. Entorno de confianza en relación a la IA: generar un entorno de confianza en relación a la IA, tanto en el plano de su desarrollo tecnológico, como en el regulatorio y en el de su impacto social.
6. Valores humanistas en la IA: impulsar el debate a nivel global sobre el desarrollo tecnológico de valores humanistas (*Human-Centered AI*), centrado en velar por el bienestar de la sociedad a la hora de realizar avances o desarrollos tecnológicos, creando y participando en foros y actividades divulgativas para el desarrollo de un marco ético que garantice los derechos individuales y colectivos de la ciudadanía.
7. IA inclusiva y sostenible: potenciar la IA inclusiva y sostenible, como vector transversal para afrontar los grandes desafíos de nuestra sociedad, específicamente para reducir la brecha de género, la brecha digital, apoyar la transición ecológica y la vertebración territorial.

Para dar cumplimiento a todos estos objetivos se ha elaborado un **plan de acción que se articula en 6 ejes** o líneas de actuación para el periodo 2020-2025. A continuación, se listan estos ejes destacándose las medidas que pueden ser de interés para entidades que trabajan en IA:

- EJE ESTRATÉGICO 1. Impulsar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en IA. Entre las medidas concretas publicadas para este eje está el programa de ayudas a empresas para el desarrollo de soluciones en IA y datos y también el programa Misiones de I+D+i en IA para abordar grandes desafíos sociales. Ambos programas están siendo diseñados en la fecha en la que elabora este informe y están previstos que salgan a la luz durante 2021.
- EJE ESTRATÉGICO 2. Promover el desarrollo de capacidades digitales, potenciar el talento nacional y atraer talento global en inteligencia artificial.

- EJE ESTRATÉGICO 3. Desarrollar plataformas de datos e infraestructuras tecnológicas que den soporte a la IA. Dentro de éste encontramos una medida relativa al impulso del Plan nacional de Tecnologías del lenguaje, donde previsiblemente se abra una línea de ayudas.
- EJE ESTRATÉGICO 4. Integrar la IA en las cadenas de valor para transformar el tejido económico. Dentro de las medidas relacionadas con este eje hay que destacar también el inminente lanzamiento del programa de ayudas a empresas para la incorporación de IA en los procesos productivos y las cadenas de valor. En la fecha de realización de este informe el programa no está abierto si bien el Ministerio lanzó el pasado mes de marzo una manifestación de interés para recabar ideas sobre este futuro programa. También está previsto con cargo a este eje el desarrollo de un “Plan Nacional de algoritmos verdes”, entre otras medidas.
- EJE ESTRATÉGICO 5. Potenciar el uso de la IA en la Administración Pública y en las misiones estratégicas nacionales.
- EJE ESTRATÉGICO 6. Establecer un marco ético y normativo que refuerce la protección de los derechos individuales y colectivos, a efectos de garantizar la inclusión y el bienestar social.

Además, en el marco de la ENIA se ha constituido un **grupo de trabajo interministerial** coordinado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, que trabaja de forma activa en la elaboración de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial.

Una de las primeras contribuciones de este grupo de trabajo ha sido la elaboración de un **mapa de capacidades de tecnologías en inteligencia artificial en España**. El Mapa de Capacidades contiene información sobre entidades que investigan, desarrollan, utilizan o prestan servicios con tecnologías de la inteligencia artificial (IA) en España. Este Mapa pretende fomentar las sinergias entre las entidades españolas y abrir un camino de colaboración europeo e internacional, identificando y visualizando las fortalezas españolas en esta área. Para elaborarlo se han recibido más de 200 aportaciones del ámbito público y privado. Estas contribuciones han sido proporcionadas por universidades, organismos públicos de investigación, centros tecnológicos, pymes y grandes empresas, bancos, consultoras, aseguradoras, ayuntamientos y asociaciones. Cuando la información recibida desde una institución se ha facilitado en términos de equipos o subunidades más básicas, esta se ha agregado con el objetivo de destacar visualmente las líneas con mayor masa crítica. El resultado final es en un mapa con 154 entidades efectivas, que constituye la primera carta de presentación del desarrollo y uso de la inteligencia artificial en España. Una herramienta que permite reconocer aquellas áreas prioritarias para la inversión de las políticas públicas y para el sector privado. <https://mapa.estategiaia.es/mapa>

Marco Europeo: Ayudas del Programa Horizonte Europa

En 2021 se ha puesto en marcha también el ambicioso programa europeo de inversión en investigación e innovación de la UE, denominado Horizonte EU, dotado con 95.500 millones de euros para impulsar la ciencia y la innovación en todos los países de Europa. Este programa tiene una dotación un 30% superior a su predecesor (H2020) y quiere apuntalar

la investigación científica y la transferencia tecnológica de la universidad a la empresa y lanzar un nuevo paquete para impulsar la innovación.

Se ha analizado los programas de trabajos o clústeres sectoriales dentro del segundo pilar del HE que marca los proyectos concretos o líneas estratégicas que recibirán financiación en el siguiente marco de financiación 2021-2027. Este pilar, llamado “Retos globales y competitividad industrial” ha sido dotado con 52.700 millones de euros y busca fomentar el desarrollo conjunto de Retos globales y competitividad industrial y tendrá un enfoque intersectorial a las actividades de investigación e innovación a través de cinco clústeres:

- Clúster Salud. Dotado con 7.700 M€.
- Clúster Sociedades inclusivas y seguras. Dotado con 2.800 M€.
- **Clúster Digital e industria. Dotado con 15.000 M€.**
- Clúster Clima, energía y movilidad. Dotado con 15.000 M€.
- Clúster Alimentación y recursos naturales. Dotado con 10.000 M€.

Mayormente existen oportunidades de financiación relevantes en materia de IA dentro del clúster Digital e Industria. En el apartado 6.3 se analizan las líneas estratégicas de trabajo relacionadas con IA dentro de estos clústeres sectoriales, y la inversión prevista para cada una de ellas.

Marco Europeo: European Digital Innovation Hubs (EDIH) de Digital Europe

Dentro del Marco Financiero Plurianual 21-27, la Comisión Europea también propone el programa Europa Digital, el programa para construir las capacidades digitales estratégicas de la UE y facilitar el amplio despliegue de tecnologías digitales, para ser utilizado por ciudadanos y empresas de Europa. Digital Europe tiene un presupuesto global planificado de 9,2 mil millones € e impulsará las inversiones en supercomputación, inteligencia artificial y ciberseguridad, además de habilidades digitales avanzadas y mecanismos de apoyo para el uso de tecnologías digitales en la economía y en la sociedad. La **Inteligencia artificial es uno de los tres pilares** anteriormente mencionados con una dotación presupuestaria de **2.500 millones de euros**.

Los Centros de Innovación Digital Europeos o European Digital Innovation Hubs (eDIH), jugarán un papel central en el programa Digital Europe, para estimular la adopción de todas estas tecnologías por parte de la industria (pymes y empresas de mediana capitalización fundamentalmente) y el sector público europeo.

Los eDIH se configuran como Centros de apoyo a empresas para ayudarles a ser más competitivas en sus productos/servicios, así como proveer acceso a *expertise* científico-técnico y experimentación (“*test before invest*”). También proveerán servicios de innovación más transversales, como asesoramiento en materia de financiación o formación.

A la fecha de realización de este informe está abierta esta convocatoria de constitución de eDIH (cierra en septiembre de 2021). La Inteligencia artificial es uno de los 3 pilares en los que estos eDIHs europeos deben centrarse. Por tanto, este programa será clave para el

desarrollo, fomento y adopción definitiva de tecnologías basadas en IA por parte de la industria andaluza y también del sector público.

Los eDIHs deberán estar apoyados por los gobiernos de los Estados Miembros (o los gobiernos regionales) para poder acceder a la financiación que la Comisión tiene preparada. Así, la red de eDIHs se establecerá entre los hubs designados por los Estados Miembros según este calendario:

- Noviembre del 2020: Cerró la convocatoria española para la preselección de los hubs designados por los Estados Miembros. El ministerio no descartó ninguna habiendo 21 hubs en este listado, 6 de ellos andaluces.
- Septiembre del 2021: convocatoria europea restringida a los hubs designados por los Estados Miembros
- Principios de 2022: los hubs aprobados a nivel europeo comenzarán sus operaciones.

6.3. Identificación de oportunidades de financiación

Oportunidades IA en Marco Regional

Las ayudas disponibles para desarrollar proyectos de I+D+i en el plano regional, para el horizonte temporal 2021 y 2022 son:

- PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL Y DESARROLLO EXPERIMENTAL (AGENCIA IDEA). Proyectos de Investigación Industrial o Desarrollo Experimental presentados de manera individual o en colaboración. Se entenderá por proyecto en colaboración efectiva aquel en el que participen dos empresas beneficiarias independientes entre sí, al menos una de ellas pyme y en el que a ninguno de los partícipes le corresponda más del 70% del presupuesto total subvencionable. Todos los proyectos deberán estar alineados con la Estrategia de Innovación Andalucía 2020 RIS3 Andalucía. El objetivo es la mejora de la participación relativa de las empresas que operan en Andalucía en el gasto total en I+D+i en Andalucía y la mejora de la intensidad de la innovación y el resultado del esfuerzo innovador en las mismas, especialmente las pymes.
- PROYECTOS COLABORATIVOS (AGENCIA IDEA). Proyectos de investigación industrial o desarrollo experimental desarrollados en colaboración efectiva entre varias empresas en agrupación, con capacidad de arrastre tecnológico y posibilidades de efectos industriales en caso de éxito. Deben participar un mínimo de tres empresas de las cuales, al menos, una de ellas sea pyme. Los proyectos deberán contar con la subcontratación de, al menos, un organismo de investigación y difusión de conocimientos en una cuantía igual o superior al 15% del presupuesto

subvencionable global del proyecto. Todos los proyectos deberán estar alineados con la Estrategia de Innovación Andalucía 2020 RIS3 Andalucía.

- PROYECTOS DE CREACIÓN DE UNIDADES DE INNOVACIÓN CONJUNTA (AGENCIA IDEA). Proyectos conjuntos entre empresas y organismos de investigación y difusión de conocimientos, para favorecer la cooperación entre dichos organismos y el tejido empresarial al objeto de desarrollar de manera conjunta y coordinada actividades de desarrollo tecnológico e innovación en el que participen un único organismo de investigación y difusión de resultados y una única empresa, que habrá de tener la consideración de no pyme. La aportación mínima de la empresa participante en la Unidad de Innovación Conjunta será de al menos el 50% del presupuesto total. La unidad de innovación deberá contar con un proyecto a tres años y estar localizada en Andalucía y físicamente diferenciada de las entidades que la constituyen.
- PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL, DESARROLLO TECNOLÓGICO, INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CTA). Financiación de proyectos empresariales de I+D en cooperación con grupos públicos de investigación. Características especiales: posición única para financiar actividades de innovación y estudios de viabilidad; incentivos de "efectivo"; pagos puntuales; sin retención de garantías durante el período de reembolso del préstamo. La ayuda es subvención y financiación.
- MINERVA (VODAFONE Y JUNTA DE ANDALUCÍA). Aceleradora de empresas de base tecnológica, que trabaja para impulsar el emprendimiento TIC y para ayudar a las empresas a consolidar sus negocios en Andalucía. Así, forman parte del ecosistema emprendedor andaluz y ayudan a crear empleo de calidad en la región. En el programa participan proyectos, startups y empresas de todos los sectores, siempre y cuando la base fundamental de su modelo de negocio sea la tecnología. Además, como colaboración público-privada, son una iniciativa sin coste para el emprendedor y no entran en el capital de las empresas aceleradas.
- ANDALUCÍA OPEN FUTURE (TELEFÓNICA Y JUNTA DE ANDALUCÍA). Aceleración de cuatro meses prorrogables a otros cuatro a través de una metodología que combina la asistencia personalizada online y la actividad presencial en los centros de 'crowdworking'. Los emprendedores seleccionados dispondrán de distintos recursos orientados a la maduración de sus modelos de negocio, entre los que destaca el apoyo de un equipo de mentores compuesto por más de 80 expertos en áreas estratégicas de la empresa y el emprendimiento como validación de negocio, analítica, marketing digital, legal, internacionalización, ciberseguridad o finanzas, entre otros. Esta convocatoria, dirigida a startups de base tecnológica que desarrollen su actividad desde Andalucía, tiene como objetivo seleccionar hasta 20 empresas para sus aceleradoras de: El Cubo (en Sevilla), La Farola (Málaga), El Cable (Almería) y El Patio (Córdoba).

Oportunidades IA en Horizonte Europa

La mayor parte de las oportunidades identificadas para proyectos de IA dentro de este programa de trabajo se encuentran en el Clúster “Digital e Industria” dotado con 15.000 millones de €, de los cuales hay 175,5 millones de europeos en los próximos 2 años (2021 y 2022). En total se **han identificado 31 tópicos directamente relacionados con IA** en los próximos dos años, pertenecientes a 3 de los 5 clústeres del pilar 2 de Horizonte Europa. La mayoría de los tópicos están dentro del clúster Digital e Industria encontramos 29 tópicos centrados en IA para los cuales hay un presupuesto de 394,6M€ en 2021 y 355,8M€ en 2022.

A continuación, se expone la recopilación de tópicos relacionados con IA que han sido identificados haciendo un barrido por diferentes clústeres de HE, junto con información de la convocatoria o el presupuesto por proyecto.

Tópicos Cluster 04 - DIGITAL e INDUSTRIA relacionados con IA

		Opening	Deadline #1
Destination 1 – CLIMATE NEUTRAL, CIRCULAR AND DIGITISED PRODUCTION			
CL4-2021-TWIN-TRANSITION-01-01	AI enhanced robotics system for smart manufacturing (IA)	15/04/2021	23/09/2021
CL4-2021-TWIN-TRANSITION-01-07	Artificial Intelligence for sustainable, agile manufacturing (IA)	15/04/2021	23/09/2021
CL4-2021-TWIN-TRANSITION-01-08	Data-driven Distributed Industrial Environments (IA)	15/04/2021	23/09/2021
CL4-2022-TWIN-TRANSITION-01-06	ICT Innovation for Manufacturing Sustainability in SMEs (I4MS2) (IA)	12/10/2021	30/03/2022
DESTINATION 2 – INCREASED AUTONOMY IN KEY STRATEGIC VALUE CHAINS FOR RESILIENT INDUSTRY			
CL4-2021-RESILIENCE-02-01-PCP	Boosting economic recovery and strategic autonomy in Strategic Digital Technologies through pre-commercial procurement (PCP action)	15/04/2021	23/09/2022
DESTINATION 3 – WORLD LEADING DATA AND COMPUTING TECHNOLOGIES			
CL4-2021-DATA-01-03	Technologies for data management (IA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DATA-01-04	Extreme data mining, aggregation and analytics technologies and solutions (RIA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DATA-01-05	Future European platforms for the Edge	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DATA-01-07	Coordination and Support of the ‘Cloud-Edge-IoT’ domain (CSA)	15/04/2021	08/09/2021

CL4-2021-DATA-01-08	Roadmap for next generation computing and systems technologies (CSA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2022-DATA-01-01	Methods for exploiting data and knowledge for extremely precise outcomes (analysis, prediction, decision support), reducing complexity and presenting insights in understandable way (RIA)	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-DATA-01-02	Cognitive Cloud	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-DATA-01-03	Programming tools for decentralised intelligence and swarms (RIA)	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-DATA-01-04	Technologies and solutions for data trading, monetizing, exchange and interoperability (IA)	23/11/2021	05/04/2022
DESTINATION 4 – DIGITAL AND EMERGING TECHNOLOGIES FOR COMPETITIVENESS AND FIT FOR THE GREEN DEAL			
CL4-2021-DIGITAL-EMERGING-01-09	AI, Data and Robotics for the Green Deal (IA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DIGITAL-EMERGING-01-10	AI, Data and Robotics at work (IA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DIGITAL-EMERGING-01-11	Pushing the limit of robotics cognition (RIA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DIGITAL-EMERGING-01-12	European Network of Excellence Centres in Robotics (RIA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-DIGITAL-EMERGING-01-20	Quantum sensing technologies for market uptake (IA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2022-DIGITAL-EMERGING-01-05	AI, Data and Robotics for Industry optimisation (including production and services) (IA)	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-DIGITAL-EMERGING-01-06	Pushing the limit of physical intelligence and performance (RIA)	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-DIGITAL-EMERGING-01-07	Increased robotics capabilities demonstrated in key sectors (IA)	23/11/2021	05/04/2022
DESTINATION 6 – A HUMAN-CENTRED AND ETHICAL DEVELOPMENT OF DIGITAL AND INDUSTRIAL TECHNOLOGIES			
CL4-2021-HUMAN-01-01	Verifiable robustness, energy efficiency and transparency for Trustworthy AI	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-HUMAN-01-02	European coordination, awareness, standardisation & adoption of trustworthy European AI, Data and Robotics (CSA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-HUMAN-01-03	European Network of AI Excellence Centres	15/04/2021	08/09/2021
DESTINATION 6 – A HUMAN-CENTRED AND ETHICAL DEVELOPMENT OF DIGITAL AND INDUSTRIAL TECHNOLOGIES			
CL4-2021-HUMAN-01-01	Verifiable robustness, energy efficiency and transparency for Trustworthy AI	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-HUMAN-01-02	European coordination, awareness, standardisation & adoption of trustworthy European AI, Data and Robotics (CSA)	15/04/2021	08/09/2021

CL4-2021-HUMAN-01-03	European Network of AI Excellence Centres	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-HUMAN-01-24	Tackling gender, race and other biases in AI (RIA)	15/04/2021	08/09/2021
CL4-2021-HUMAN-01-26	Workforce skills for industry 5.0 (RIA)	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-HUMAN-01-01	AI for human empowerment (RIA)	23/11/2021	05/04/2022
CL4-2022-HUMAN-01-02	European Network of AI Excellence Centres	23/11/2021	05/04/2022

Tabla 12 - Tópicos CL4 relacionados con IA - Elaboración propia

Además, por la transversalidad de la Inteligencia Artificial existen otros tópicos de otros clústeres en los que la IA adquiere una importancia fundamental. Concretamente en el clúster de salud y el clúster de clima. Donde hay otros 2 tópicos directamente relacionado con la aplicación de IA a estas dos áreas. Estos dos nuevos tópicos suponen otros 3 millones de € de presupuesto para 2021 y 6 millones de € para 2022.

		Opening	Deadline #1
CLUSTER 1- HEALTH Destination 1 – Staying healthy in a rapidly changing society			
HLTH-2022-STAYHLTH-01-04-two-stage	Trustworthy artificial intelligence (AI) tools to predict the risk of chronic non-communicable diseases and/or their progression	06/10/2021	01/02/2022
CLUSTER 5- CLIMATE - Destination 4 – Increased Cybersecurity			
CL3-2021-CS-01-03	AI for cybersecurity reinforcement	15-Apr-2021	08/09/2021

Tabla 13 - Tópicos HEALTH y CLIMATE relacionados con IA - Elaboración propia

Conclusiones

La IA y todas sus aplicaciones está presente en el contexto de ayudas y programas de financiación, tanto en el ámbito nacional como europeo. Actualmente **existen algunas oportunidades de financiación tanto pública como privada en el ámbito de la I+D+i** para proyectos relacionados con el uso la IA, su avance o la adopción de la misma en los diferentes sectores productivos y sociales. Las entidades andaluzas identificadas en el marco de este servicio podrán beneficiarse de estas líneas de financiación, puesto que la mayoría están ya operativas en 2021 o lo estarán en los próximos meses.

A nivel regional existen varias opciones de financiación que, si bien no son específicas para IA, sí que podrían ser accesibles para este tipo de proyectos. Agencia IDEA dispone ayudas para el desarrollo de proyectos de I+D con subvenciones públicas muy interesantes. A nivel privado, CTA financia también proyectos de I+D, incluso de IT, durante sus convocatorias anuales, siendo el sector TIC uno de los sectores estratégicos. Además, existen oportunidades de aceleración y promoción para empresas de base tecnológica y de reciente creación, como son el Programa Minerva o las diferentes aceleradoras de Andalucía Open Future.

A nivel nacional, el CDTI dispone de varias líneas de ayuda como Proyectos de I+D (PID), proyectos CIEN, ayudas NEOTEC, para empresas tecnológicas de reciente creación o Programa Misiones, para grandes iniciativas estratégicas, intensivas en I+D y desarrolladas en colaboración público-privada.

A nivel nacional, destacamos también la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial que impulsará la adopción de la inteligencia artificial en los próximos años. Habrá que estar muy pendiente de esta estrategia, sus ejes y las convocatorias de proyectos que se abran para cada una de sus medidas, pues sin duda será una de las mayores oportunidades de financiación para las empresas que trabajen en el sector de la IA en España y también en Andalucía.

En el plano europeo, la IA y sus aplicaciones ocupa una posición privilegiada en el nuevo marco de trabajo que comienza a rodar este año 2021, Horizonte Europa. Existen casi una treintena de *tópicos* directamente relacionados con la IA que abrirán convocatorias en los próximos 2 años, con un presupuesto de casi 800 millones de euros en estos *tópicos*.

Por último, destacar que el sector de la IA debe prestar también mucha atención al programa Digital Europe, que impulsará las inversiones en supercomputación, inteligencia artificial y ciberseguridad y otras habilidades digitales avanzadas. La Inteligencia artificial es uno de los tres pilares de este programa, con una dotación presupuestaria de 2.500 millones de euros. Estas ayudas se articularán mayormente a través de los Centros de Innovación Digital europeos o eDIH, que jugarán un papel central en el programa DIGITAL EUROPE, para estimular la adopción de todas estas tecnologías por parte de la industria (en pymes y empresas de mediana capitalización fundamentalmente) y el sector público europeo.

7. Anexos: Catálogo de entidades IA

Se anexan a este informe los referidos catálogos de entidades.

7.1 Anexo 1- Catálogo de Entidades AI

ACRÓNIMO ENTIDAD	WEB / PERFIL LINKEDIN
AEORUM ESPAÑA	https://www.linkedin.com/company/aeorum/
AGROAIR TECHNOLOGY	https://agroairtech.com/producto/
AGRON	https://agron.app/
AGROSAP	https://agrosap.es/
AGRPWINGDATA /AGROBIGDATE SOLUTIONS	https://agrowingdata.com/es/
AIRZONE-CORPORACIÓN EMPRESARIAL ALTRA	http://www.airzone.es/
ALTRAN	https://www.altran.com/es/es/
ARCHANGELUS	https://www.archangelus-system.com/
ATREBO	https://www.atrebo.com/es/
AYESA	https://www.ayesa.com/es/que-hacemos/instalamos-inteligencia
BO TRUE ACTIVITIES	https://botrueactivities.com/
BULLSOFT SOLUTIONS	https://www.bullsoftsolutions.com/es/noah_es
BYE EVOLUTION CREATIVE FACTORY	https://byevolution.com/
BYPRODUCTPLACE	https://byproductplace.com/acerca-de/
C&G SUSTAINABLE TECH	https://cygit.com/ https://www.linkedin.com/company/cygsustainabletech/
CLEARVIEW IMAGIN	https://www.clearviewimaging.es/
CLUE TECHNOLOGIES	https://www.clue.aero/
COLLYRA	https://collyratech.com/es/otac0n-es/
DANTIA	https://www.dantia.es/
DATAPRIUS	https://dataprius.com/cloud-para-empresas-dataprius.html
DATLIGTH	http://www.datlight.es/
DATRIK INTELLIGENCE	https://www.linkedin.com/company/datrik-intelligence-s.a/

DATTECHS /PLANNIFAI	https://dattechs.com/
DIGITANIMAL INNOVATION	https://innovation.digitanimal.com/
EC2C	https://www.linkedin.com/company/ec2ce/?originalSubdomain=es
EMERGYA	https://www.emergya.com/es/digital-y-datos
G DATA	https://ggdatasolutions.com/
GALGUS/AIOFFES	https://www.galgus.net/es/portada/
GENENGINE	https://genengine.es/solutions.html
GIS4TECH	http://www.gis4tech.com/id/
GRAYHATS	https://www.grayhats.com/es/ https://www.linkedin.com/company/grayhats/
GRUPO HISPATEC	https://www.hispatec.com/
GUADALTEL	https://www.guadaltel.com/
HYGEA SALUD Y NUTRICIÓN	http://www.hygeasaludynutricion.com/
INESOPTICS	https://www.inesoptics.com/
INGENIA	https://ingenia.es/
INTELLIGENT INSIGHTS (4I)	https://4i.ai/
INVEERT	https://inveert.com/
IRC AUTOMATIZACIÓN	https://www.linkedin.com/company/irc-automatizaci%C3%B3n?originalSubdomain=es
ISOTROL	PCT Cartuja / https://www.isotrol.com/transformacion-digital/
ISR	https://isr.es/investigacion-desarrollo/
ITELLIGENT IT	https://itelligent.es/es/
KALYSIS IBERIA	http://kalysis.com/
LICEO DE FARMACIA/PORTER O FORMACIÓN	https://liceodefarmacia.es/
LIVELINK MOTOR	https://livelinkmotor.com/livelink-ecall/
MACCO ROBOTICS	www.maccorobotics.com
MAGTEL	https://www.magtel.es/projects/magwater/
MLABS OPTRONICS	https://www.mlabsoptronics.com/
NARANJO INTELLIGENT SOLUTIONS	http://www.naranjoisolutions.com/bioinformatica.php
NEURALIS (SINAPSYTEC DIGITAL SOLUTIONS)	http://neuralis.tech/
NEWRALERS	https://newralers.com/
OBLUMI/ODDERSLAB	https://www.linkedin.com/company/oblumi/
ON OFF ENGINEERING	http://onoffengineering.com/
ONCODIETA SL	https://seoq.org/docs/OncoDieta.pdf
ONIMAGIN TECHNOLOGIES	https://www.onimagin.com/

OPEN SALUD /OPEN HEALTHCARE	https://www.opensalud.es/es/
PANACEA COOP	https://www.panacea-coop.com/
PREDICTIVA /SISTEMAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIO	https://www.predictiva.io/
PREMO	https://www.linkedin.com/in/ezequiel-navarro-b266849/
QOSIT CONSULTING	https://qosit.eu/
ROD BRAND CONSULTANTS	https://www.zio-analytics.com/
ROVIMATICA	https://www.rovimatica.com/
SALUMEDIA	https://www.salumedia.com/
SDOS	https://www.sdos.es/servicios
SECMOTIC	https://secmotic.com/#gref
SENSORYCA	https://www.sensoryca.com/
SHS CONSULTORES	http://www.shsconsultores.es/
SIXPHERE	https://sixphere.com/
SKYLIFE ENGINEERING	skylife-eng.com/
SMART IOT LABS	http://www.smartiotlabs.com
SOLUTIA DIGITAL HEALTH	https://gruposolutia.com/solutia-digital-health-en-el-ii-congreso-econsaludsur-el-proximo-27-de-septiembre-en-malaga/
TAALENTFY	https://taalentfy.com/home
TIER1	https://www.tier1.es/portal/fabricacion-de-software
TUPL	https://www.tupl.com/
UNITED ITS	https://united-its.com/
WEALIZE	https://wealize.digital/es/profile
WELLNES TELECOM	https://wellnesstg.com/
WEVOICE	https://wevoice.ai/
XTREME AI	https://xtreme.ai/ - https://andalucia.openfuture.org/startups/xtremeai/

7.2 Anexo 2- Catálogo de Entidades A2

ACRÓNIMO ENTIDAD	WEB / PERFIL LINKEDIN
ACCENTURE	https://accenture
AGROINTECH	https://www.agrointec.com/portfolio-items/consultoria-de-software/
AKIABARA TECH	http://www.akiabaratech.com/
APPIAN	www.appian.com

AVANADE	https://www.avanade.com/es-es
BABEL	https://babel.es/es/Contacto/New-Heaven
CIKLUM IT SPAIN	https://www.ciklum.com/
DEKRA	https://www.linkedin.com/company/dekra-testing-and-certification/
ERICSSON	https://www.ericsson.com/en
EVERIS	https://www.everis.com/
GMV	https://www.gmv.com/
GOLI NEUROMARKETING /HEARTING THE BRAIN	https://golineuro.es/
IDNEO	https://www.idneo.com/es/tecnologia/
INDRA	https://www.indracompany.com/es
OPEN SISTEMAS	https://opensistemas.com/
PIKSEL	https://piksel.com/
PLAIN CONCEPTS	https://www.plainconcepts.com/es/
SNGULAR	https://www.sngular.com/es/
T2C	https://t2client.com/aa/
TELEFÓNICA	www.telefonica.es
VIEWNEXT (IBM)	https://www.viewnext.com/
VODAFONE	http://www.vodafone.es/

7.3 Anexo 3- Catálogo de Entidades A3

ACRÓNIMO ENTIDAD	WEB / PERFIL LINKEDIN
AERTEC	https://www.linkedin.com/company/aertec/ https://aertecsolutions.com/
AIRBUS	https://www.airbus.com/
CEN SOLUTIONS	http://www.censolutions.es/es/i-d-i/
ENDESA	https://www.endesa.com/es
GHENOVA	https://www ghenova.com/gemelo-digital/
INECO	https://www.ineco.com/webineco/
NAVANTIA	https://www.navantia.es/es/
SEABERY	https://seaberyat.com/es/pagina-inicial/

SOLBOOKING

Perfil Solbooking

7.4 Anexo 4 – Catálogo de Entidades B

DENOMINACIÓN ENTIDAD	ORGANISMO PROCEDENCIA
TIC242 - INFORMÁTICA Y MEDIOAMBIENTE – IMA	UAL
TIC146 - SUPERCOMPUTACIÓN Y ALGORITMOS	UAL
TIC212 - INGENIERÍA BIOMÉDICA Y TELEMEDICINA - IBT	UCA
TIC256 - INTELLIGENT SOCIAL KNOWLEDGE BASED SYSTEMS - INTELLSOK	UCA
TIC259 - GRAPHICAL METHODS, OPTIMIZATION AND LEARNING RESEARCH GROUP - GOAL	UCA
FQM315 - ANÁLISIS TEÓRICO Y NUMÉRICO DE MODELOS DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES	UCA
TIC145 - SISTEMAS INTELIGENTES DE COMPUTACIÓN	UCA
TIC148 - APRENDIZAJE Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES - AYRNA	UCO
TIC161- APLICACIONES DE LA VISIÓN ARTIFICIAL (A.V.A)	UCO
TIC222 - KNOWLEDGE DISCOVERY AND INTELLIGENT SYSTEMS - KDIS	UCO
TIC252 - INFORMÁTICA AVANZADA – GIIA	UCO
TIC110 - INGENIERÍA DE SOFTWARE, CONOCIMIENTO Y BASES DE DATOS - ISCBD	UCO
FUNDACIÓN I+D DEL SOFTWARE LIBRE (FIDESOL)	Fundación
TIC175 - GRUPO DE SISTEMAS INTELIGENTES – ISG	UGR
TIC169 - MODELOS DE DECISIÓN Y OPTIMIZACIÓN – MODO	UGR
TIC116 - PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN VISUAL – VIPG	UGR
FQM365 - DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ENCUESTAS POR MUESTREO (DAE)	UGR
TIC111 - RAZONAMIENTO APROXIMADO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL	UGR
TIC218 - SIGNAL PROCESSING AND BIOMEDICAL APLCIATIONS - SIPBA	UGR
TIC186 - SOFT COMPUTING Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN INTELIGENTES - SCI2S	UGR
FQM307 - MODELIZACIÓN Y PREDICCIÓN CON DATOS FUNCIONALES	UGR

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN BIOSANITARIA DE GRANADA (IBS DE GRANADA)	Instituto
DASCI-INSTITUTO ANDALUZ INTERUNIVERSITARIO EN DATA SCIENCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE	Instituto
TIC198 - SISTEMAS INTELIGENTES Y MINERÍA DE DATOS – GISIMD	UHU
TIC243 - INGENIERÍA DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO	UHU
CENTRO TECNOLÓGICO METALMECÁNICO Y DEL TRANSPORTE (CETEMET)	-
TIC206 - SISTEMAS INTELIGENTES BASADOS EN ANÁLISIS DE DECISIÓN DIFUSO - SINBAD	UJA
TIC257 - AVANCES EN SISTEMAS INTELIGENTES Y APLICACIONES - ASIA	UJA
TIC209 - SISTEMAS INTELIGENTES DE ACCESO A LA INFORMACIÓN - SINAI	UJA
TIC220 - INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS	UJA
TIC207 - SISTEMAS INTELIGENTES Y MINERÍA DE DATOS - SIMIDAT	UJA
TIC163 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL Y ANÁLISIS DE IMÁGENES	UMA
TIC226 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL EN BIOMEDICINA – ICB	UMA
NETWORKING AND EMERGING OPTIMIZATION (NEO)	UMA
TEP967 - OASYS (OPTIMIZATION AND ANALYTICS FOR SUSTAINABLE ENERGY SYSTEMS)	UMA
SEJ532 - OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO Y MODELIZACIÓN ECONOMÉTRICA APLICADA AL ÁMBITO SOCIO - ECONÓMICO	UMA
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DEL SOFTWARE (ITIS)	Instituto
FUNDACIÓN ANDALUZA PARA EL DESARROLLO AEROSPAIAL (FADA-CATEC)	Fundación
FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN ANDALUCÍA - FIDETIA	Fundación
TEP240 - SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	UPO
TIC258 - DATA-CENTRIC COMPUTING RESEARCH HUB - IDEA	US
TIC255 - SERVICE ROBOTICS LABORATORY	UPO
TIC134 - SISTEMAS INFORMÁTICOS	US
FQM120 - MODELADO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MEDIOAMBIENTALES	US
TIC200 - MINERÍA DE DATOS (DATA ANALYTICS SCIENCE & ENGINEERING)	UPO
TIC201 - APLICACIONES CIBERNÉTICAS DE LA ELECTRÓNICA A LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN - ACE-TI	US

TEP108 - ROBÓTICA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES	US
TIC246 - TECNOLOGÍAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO Y PROCESADO DIGITAL DE LA INFORMACIÓN	US
TIC245 - TOPOLOGICAL PATTERN ANALYSIS, RECOGNITION AND LEARNING	US
FQM369 - COMBINATIONAL IMAGE ANALYSIS	US
TIC137 - LÓGICA, COMPUTACIÓN E INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO	US
TIC223 - INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INFORMÁTICA - IDINFOR	US
TEP151 - GRVC-ROBOTICA, VISION Y CONTROL (ROBOTICS, VISION AND CONTROL LABORATORY)	US
TIC193 - COMPUTACIÓN NATURAL	US
TIC239 - INTELLIGENT DATA ANALYSIS	UPO
TIC254 - DATA SCIENCE AND BIG DATA LAB	UPO

7.5 Anexo 5 – Catálogo de Entidades C

NOMBRE O DENOMINACIÓN	ORGANISMO PROCEDENCIA
AIR ANDALUSIA	(DIH)
CENTRO TECNOLÓGICO METALMECÁNICO Y DEL TRANSPORTE (CETEMET)	Centro Tecnológico
CICA	-
DASAI-DASAI DIGITAL INNOVATION HUB	(DIH)
DEKRA	Entidad privada
FIWARE ZONE	(DIH)
FUNDACIÓN ANDALUZA PARA EL DESARROLLO AEROSPAZIAL- CENTRO AVANZADO DE TECNOLOGÍAS AEROSPAZIALES (FADA-CATEC)	Fundación
IMUS- INSTITUTO DE MATEMÁTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA	Instituto
INSTITUTO DE MATEMÁTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA (IMUS)	Instituto
LABORATORIO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA (UMAI AI LAB)	UMA
LABORATORIO DE NETWORKING AND EMERGING OPTIMIZATION (NEO)	UMA
POLO NACIONAL DE CONTENIDOS DIGITALES	DIH
SUPERCOMPUTING AND BIOINNOVATION CENTER	UMA



UCA DATALAB	UCA
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	UAL
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ	UCA
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	UCO
UNIVERSIDAD DE GRANADA	UGR
UNIVERSIDAD DE HUELVA	UHU
UNIVERSIDAD DE JAEN	UJA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	UMA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA	US
UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE	UPO