

ANÁLISIS PROSPECTIVO ANDALUCÍA 2020

PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

MANUEL ACOSTA SERÓ
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

*“Predecir es muy difícil, y sobre todo el futuro”
Wiel Bohr*



El Centro de Estudios Andaluces es una entidad de carácter científico y cultural, sin ánimo de lucro, adscrita a la Consejería de la Presidencia de la Junta de Andalucía.

El objetivo esencial de esta institución es fomentar cuantitativa y cualitativamente una línea de estudios e investigaciones científicas que contribuyan a un más preciso y detallado conocimiento de Andalucía, y difundir sus resultados a través de varias líneas estratégicas.

El Centro de Estudios Andaluces desea generar un marco estable de relaciones con la comunidad científica e intelectual y con movimientos culturales en Andalucía desde el que crear verdaderos canales de comunicación para dar cobertura a las inquietudes intelectuales y culturales.

Ninguna parte ni la totalidad de este documento puede ser reproducida, grabada o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprografía, magnética o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de la Fundación Centro de Estudios Andaluces.

Las opiniones publicadas por los autores en esta colección son de su exclusiva responsabilidad

© 2007. Fundación Centro de Estudios Andaluces



ANDALUCÍA 2020: PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

Manuel Acosta Seró
Daniel Coronado Guerrero
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

1. Introducción.
2. La tecnología en ámbitos regionales. ¿Por qué y para qué la prospectiva?
3. Estructura económica de Andalucía, situación actual de la I+D+i y tendencia histórica.
 - 3.1. La estructura económica como condicionante de tendencias tecnológicas futuras.
 - 3.2. Tendencias en los indicadores globales y universitarios de innovación y cambio tecnológico.
 - 3.3. Sectores económicos cambiantes y tecnologías emergentes.
4. La tecnología en 2020.
5. Escenarios tecnológicos para Andalucía.
6. Fuentes de información.

1. Introducción

La identificación de tecnologías emergentes y el análisis de su evolución es de gran relevancia para la economía, las empresas y la sociedad, entre otras cosas, por las consecuencias que tiene una acertada o desacertada elección de las políticas que se han desarrollar. El análisis de tendencias tecnológicas en sentido amplio es posible en diferentes contextos; estos pueden ir desde una escala multinacional hasta su aplicación a empresas privadas o instituciones públicas individuales. Profundizar en estos aspectos adquiere aún mayor relevancia en el ámbito regional por tres razones básicas: primero, porque una gran variedad de análisis empíricos han puesto de relieve que la tecnología es una de las principales fuentes de crecimiento a medio y largo plazo; segundo, porque avanzar tendencias tecnológicas e identificar tecnologías emergentes en etapas tempranas facilita la fijación de objetivos y la puesta en marcha de actuaciones para propiciar el desarrollo; tercero, porque en Andalucía, como en otras muchas regiones españolas y europeas, el grado de autonomía permite un amplio margen de actuación en política tecnológica.

Abordar un análisis que trate de avanzar acontecimientos futuros a medio plazo en el ámbito de la ciencia y la tecnología es un ejercicio complejo. Conviene por tanto aclarar y matizar las pretensiones de este documento en dos sentidos: primero, no se realiza un ejercicio de prospectiva tecnológica en sentido estricto, tan sólo una tentativa. La prospectiva tecnológica es un proceso sistemático y participativo para la identificación de futuros desarrollos tecnológicos y sus interacciones con la sociedad y el medioambiente; la presencia de un equipo

multidisciplinar (grupo de expertos o grupo de alto nivel) para afrontar cualquier análisis de prospectiva es un requisito imprescindible. Segundo, se trata de un documento básico desarrollado en un breve periodo de tiempo. La prospectiva requiere una metodología participativa específica y una planificación temporal detallada.

Con estas matizaciones, el informe pretende convertirse en un instrumento inicial de reflexión para llevar a cabo próximamente un posible ejercicio formal de prospectiva o la aplicación de cualquier otro procedimiento para avanzar tendencias tecnológicas. Los objetivos son, por un lado, proporcionar información válida y cuantitativa sobre la situación y evolución de los indicadores básicos que sirven como soporte para apuntar tendencias futuras; segundo, identificar algunos sectores tecnológicos que en los últimos años están adquiriendo mayor relevancia; tercero, plantear posibles escenarios que proporcionen una orientación sobre la situación genérica que puede presentar Andalucía en el horizonte temporal 2020.

2. Tecnología en ámbitos regionales. ¿Por qué y para qué la prospectiva?

Este apartado tiene por objeto exponer los fundamentos que justifican por qué es importante conocer las tendencias futuras de la ciencia y la tecnología. Con él tratamos de sintetizar los resultados -sobre los que existe un consenso más o menos generalizado- a los que ha llegado la investigación empírica en relación con la relevancia del cambio tecnológico y la tecnología para la economía y la sociedad en un contexto regional. Son tres las cuestiones que se deben destacar: primero, por qué dedicar especial atención a la tecnología en un ámbito regional; segundo, cuáles son las consecuencias que, en materia de actuación política, se han derivado de los análisis regionales; tercero, por qué es necesario avanzar tendencias en el ámbito de la tecnología.

1. La primera cuestión que cabe abordar es por qué es la ciencia y la tecnología importante en los ámbitos regionales. La respuesta es simple: es esencial para el desarrollo regional y el bienestar de los ciudadanos. Se podrían apuntar aquí algunos argumentos en favor de la ciencia por la ciencia, pero la investigación empírica ha puesto de relieve durante más de medio siglo el hecho fundamental de que el cambio tecnológico crea y sostiene la riqueza, y genera beneficios sociales, culturales y económicos. Tres ideas básicas cabe resaltar a este respecto:

- La endogenización de la tecnología en las nuevas teorías del crecimiento ha demostrado la importancia del conocimiento científico y tecnológico como recurso para la mejora de la productividad y el crecimiento económico regional. El conocimiento y la innovación son importantes porque se traducen en crecimiento económico y cambios en productividad (cualquiera que sea la perspectiva teórica). Para determinados sistemas económicos grandes (países líderes), se ha constatado que alrededor de la mitad de la productividad proviene de fuentes tecnológicas externas (extranjeras); para los sistemas pequeños, como las regiones, más abiertas a los flujos externos de tecnología y transferencia tecnológica, es más factible que esta cifra sea superior en términos de crecimiento, de renta y de bienestar.

- La perspectiva evolucionista (sistemas de innovación, regiones en aprendizaje, etc.) ha evidenciado, a partir de numerosas experiencias, la importancia de la organización de los

elementos institucionales de un sistema (universidad-empresa-gobierno) para potenciar la capacidad de innovación y desarrollo tecnológico de una región. Los intentos por entender la dinámica de crecimiento regional han conducido a dos conjuntos de ideas: los sistemas de innovación y el papel del conocimiento y el aprendizaje. La característica central de esta aproximación se apoya en que, mientras las actividades de investigación y desarrollo son importantes, son únicamente parte de un sistema que incluye aspectos como educación, capacidades o habilidades técnicas, apoyo gubernamental e interrelaciones entre los elementos del sistema. La consecuencia es que no basta con inversiones en investigación y desarrollo tecnológico para generar crecimiento y desarrollo regional; otros aspectos contextuales propios de cada región facilitan u obstaculizan la relación tecnología-crecimiento (capacidad industrial de la región, cantidad -también tamaño y antigüedad- de las empresas locales, estructura dominante de producción, presencia de mano de obra cualificada, organización efectiva del sistema de innovación, etc.).

- Un numeroso grupo de estudios englobados dentro de la Nueva Geografía Económica se ha ocupado de demostrar, tanto a partir de casos específicos como de análisis microeconómicos agregados, la existencia de efectos desbordamiento sobre el entorno de la actividad científica y tecnológica desarrollada en las universidades. Esto es, aquellas empresas próximas a focos de investigación y desarrollo tecnológico se aprovechan de unas externalidades positivas que no obtendrían en otra ubicación física. La presencia de flujos de “conocimiento tácito” en estos lugares es la base de estos *spillovers*. La transferencia de conocimiento para explicar la concentración geográfica de la actividad económica es ya raramente discutida; tampoco se cuestiona la existencia de conocimiento tácito, opuesto a la información, que se transmite sólo por la cercanía. La información puede ser fácilmente codificada y transmitida; por el contrario, el conocimiento es vago, difícil de codificar y sólo transmisible por la proximidad física.

2. La segunda cuestión destacable son las implicaciones de estos resultados en términos de actuaciones políticas. Las políticas de innovación desempeñan un importante papel, no sólo por su relación con las actividades tecnológicas, sino también porque ejercen una influencia final en el desarrollo económico regional. La inversión en I+D+i es una necesidad en regiones periféricas, donde es posible, además, que su situación de lejanía (física y socioeconómica) les impida beneficiarse de los efectos desbordamiento de otras regiones líderes (este argumento está sustentado en los recientes análisis empíricos desarrollados por la Nueva Geografía Económica). Sin embargo, en la asignación de recursos a I+D+i, la perspectiva neoclásica y neoschumpeteriana entran en conflicto por su distinta percepción de los rendimientos de las inversiones -decrecientes y crecientes, respectivamente-. Según la perspectiva neoclásica sería más eficiente la inversión en regiones periféricas; según los planteamientos neoschumpeterianos, la presencia de rendimientos crecientes hace menos atractiva la inversión en regiones desfavorecidas. Al margen de los aspectos puramente financieros, hay que tener en cuenta que la experiencia ha demostrado que las políticas regionales de innovación han de ir más allá del simple aumento de los recursos en I+D+i. Téngase en cuenta que los recursos financieros son imprescindibles, pero su disponibilidad no garantiza resultados (por la incapacidad de absorción de determinadas regiones); otras políticas necesarias tienen por objetivo la inversión en capital humano (educación y formación), la existencia de financiación

privada del tipo capital-riesgo, la creación de clusters tecnológicos o el establecimiento (o mejora) de los cauces necesarios de comunicación entre los elementos del sistema regional de innovación.

A lo largo del informe se hará referencia, directa o indirecta, a estos y otros factores condicionantes relacionados con la capacidad de absorción tecnológica.

3. La tercera cuestión es por qué la necesidad de llevar a cabo un análisis de prospectiva tecnológica. En relación con este aspecto, algunos puntos que se han de subrayar son los siguientes:

- La prospectiva tecnológica permite a las empresas e instituciones anticiparse a los cambios y disminuir el grado de incertidumbre propio de cualquier proceso de cambio.

- Las tecnologías genéricas emergentes tendrán probablemente un impacto considerable en la industria, la economía, la sociedad y el medioambiente en las próximas décadas. Si se pueden identificar las tecnologías emergentes en etapas tempranas es posible plantear objetivos y actuar en estas áreas para propiciar su desarrollo.

- Existe una creciente presión sobre la eficacia del gasto público y su adecuada asignación. Cada vez es más evidente que no se puede asumir un gasto igualitario en las diferentes áreas científico-tecnológicas; la selección es necesaria, y es aquí donde la prospectiva desempeña un papel relevante.

- Los nuevos esquemas de producción y difusión de conocimiento (Modo2, sistemas de innovación, triple hélice, etc.) apuntan la importancia de las interconexiones entre los elementos que intervienen en los procesos de generación y difusión de la ciencia y la tecnología. La prospectiva también en este ámbito proporciona elementos de juicio para tratar de mejorar las ineficiencias de coordinación que se pueden producir en la organización de un sistema regional de innovación.

- La experiencia en el avance de tendencias tecnológicas es abundante en ámbitos nacionales, pero considerablemente más reducida en ámbitos regionales. Horizonte temporal, metodología y grado de consecución de los objetivos planteados son las cuestiones básicas que se destacan. En nuestro entorno más próximo existen experiencias que han conducido a resultados muy útiles. A ellas nos remitimos.

3. Estructura económica de Andalucía, situación actual de la I+D+i y tendencia histórica

No se trata en este corto espacio de hacer un análisis detallado de la estructura económica de Andalucía y de profundizar en todos los elementos que influyen en la innovación y el cambio tecnológico, pero sí de poner de relieve algunos puntos que sin duda van a condicionar las tendencias tecnológicas en el futuro. Para los análisis de prospectiva, los diagnósticos previos son importantes porque este trabajo resulta redundante en contextos subnacionales si determinadas áreas tecnológicas tienen unas características genéricas que son independientes de la zona geográfica que se considere (el análisis debería realizarse, en estos casos, de forma global). Los estudios de prospectiva cobran sentido para zonas geográficas más

pequeñas en el caso de tecnologías específicas y, sobre todo, si existen unas características diferenciales en su demanda. Para analizar si efectivamente hay aspectos diferenciadores en Andalucía nos vamos a centrar en tres elementos esenciales: primero, en las peculiaridades de su estructura económica; segundo, en las características de los recursos científicos y tecnológicos; tercero, en las tecnologías desarrolladas recientemente en empresas y universidades.

3.1 La estructura económica como condicionante de las tendencias tecnológicas futuras.

Algunas de las características actuales e históricas de la estructura económica de Andalucía son las siguientes:

- La participación de las actividades primarias suponía el 5,5% del VAB en 2005. Cinco años antes era de un 7,8% y diez años atrás del 8,5%. Por tanto, se ha producido una reducción progresiva de las actividades primarias, menos relacionadas con la tecnología y la innovación. Sin embargo, esta disminución no ha venido acompañada de un incremento en las actividades industriales, cuyo porcentaje en términos de VAB total se situó en 2005 en el 12,3% (con una reducción de dos puntos y medio en diez años). Por el contrario, ha sido el sector de la construcción el más favorecido. La participación del sector servicios apenas ha experimentado cambios en toda una década y se mantiene en torno al 70% del VAB.
- Las actividades industriales que más empleo aportan (utilizando un rango de 100 sectores y datos de 2004) son, por este orden: *fabricación de muebles; fabricación de carpintería metálica; pan, galletas y productos de panadería y pastelería; industria de la confección; fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento*. Sin embargo, si acudimos a la información estadística de años anteriores, podemos comprobar que cinco años atrás permanecen cuatro de esos cinco sectores a la cabeza (el otro corresponde a *industrias cárnicas*, que sustituye en quinto lugar al sector de *fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento*). Diez años atrás se mantienen los mismos cuatro sectores a la cabeza (con la *reparación naval* en quinto lugar y sustituyendo a la *industria cárnica*).
- En términos relativos, es decir, en términos de especialización con respecto al conjunto de España, los comentarios del punto anterior están en la misma línea: pocos cambios en los coeficientes de especialización a medio plazo, salvo por un importante matiz que se refiere al sector de la construcción aeronáutica, donde Andalucía presenta unos coeficientes elevados y sostenidos a lo largo de toda una década.
- Las actividades relacionadas con la construcción han experimentado un fuerte crecimiento en los últimos años. El sector de la construcción es importante, no sólo por el empleo que genera, sino también por su relación con algunas actividades industriales -como la *fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento*, que aparece en el quinto lugar en términos de aportación de empleo industrial- o por su incidencia en el volumen de actividad de un bloque relevante de servicios asociados.
A pesar de su rápido ritmo de crecimiento, a medio y largo plazo es más que posible una ralentización de estas actividades en Andalucía, no sólo por razones estrictamente económicas

(altos niveles de endeudamiento de las familias, tendencia creciente de los tipos de interés, etc.), sino también por problemas de “sostenibilidad”.

- Las actividades de servicios, especialmente turismo y servicios empresariales, tienen un importante peso en empleo y VAB, por lo que habrá que prestar especial atención a las capacidades de absorción de estas empresas para asimilar los avances tecnológicos. El sector turístico, por ejemplo, por sus características y fortaleza, puede sobrevivir a corto plazo sin una rápida incorporación de nuevas tecnologías. Sin embargo, el mantenimiento de la calidad a medio y largo plazo –amenazado por una intensa competencia externa - obliga a ello.

En resumen, la estructura económica ha experimentado ligeras modificaciones a medio plazo, por lo que es de esperar que en los próximos años tampoco se produzcan cambios radicales. Se continuará demandando cada vez más tecnología en aquellas actividades industriales en las que Andalucía sustenta su estructura industrial (agroalimentación, muebles, confección, etc.), o está más especializada (agroalimentación, construcción naval o tecnología aeronáutica). Gran parte de estos sectores están clasificados en un rango genérico de complejidad tecnológica media-baja, sin embargo, en ellos influyen también tecnologías de complejidad muy alta (biotecnologías, nanotecnologías, materiales o TIC). Del desarrollo simultáneo de estos dos tipos de tecnologías surgen sinergias que pueden ser aprovechadas por ambas.

3.2 Las tendencias en los indicadores globales y universitarios de innovación y cambio tecnológico

Tratamos en este apartado dos aspectos esenciales: a) la situación y evolución genérica de los indicadores de I+D; b) la situación y características de los indicadores de educación, fundamentalmente universitarios.

a) En relación con los indicadores genéricos de I+D:

- Los gastos en I+D en relación con el VAB regional se sitúan en el 0,84% (0,66% en 2000; 0,62% en 1995; 0,46% en 1990). Por tanto, se ha progresado considerablemente en el montante global de gasto en términos de VAB; sin embargo, estos gastos presentan una distribución sesgada en favor de las Universidades. La última información estadística disponible muestra que los gastos empresariales en I+D suponen el 35% del total, mientras los correspondientes a universidades son el 44% (el resto, hasta el 100%, corresponden a Administración Pública). Los indicadores de gasto hace cinco, diez y quince años permiten apreciar cómo la estructura se ha mantenido prácticamente invariable durante todo el período. Esta situación contrasta con la estructura del conjunto de España y de las regiones tecnológicamente más avanzadas, donde son las empresas las que acaparan la mayor parte de los recursos en I+D¹.

- La participación andaluza en los gastos totales en I+D del conjunto de España se sitúa en el 9,8%. La participación en los gastos empresariales en el 6,4% (cifra alejada de lo que le

¹ Hay varios estudios recientes que analizan en profundidad los indicadores de I+D en Andalucía (gastos, personal, etc.); a ellos nos remitimos para un análisis más detallado.

correspondería a Andalucía por volumen de VAB industrial, aunque hay que tener en cuenta la especialización industrial) y en los gastos de las universidades en torno al 15%. Con ligeras modificaciones, estas cifras han permanecido prácticamente invariables desde 1995.

- El personal dedicado a I+D en equivalencia a dedicación plena en las universidades andaluzas representa el 53,5% del total regional (universidades, administración, empresas e IPSFL). En Andalucía el 30% de este personal está empleado en el sector empresarial; la media española es del 43%. La brecha entre Andalucía y España en personal en I+D por población activa ha empeorado gradualmente desde el año 2000 -en 2003 Andalucía tenía 5,25 personas en EDP por mil activos, frente a los 8,05 de la media nacional-.
- En el ámbito empresarial los sectores más dinámicos en términos de gasto en I+D son, por este orden: *construcción; maquinaria y material de transporte; inmobiliarias y servicios a empresas; alimentación, bebidas y tabaco; comunicaciones*. Cinco años atrás, eran *maquinaria y material de transporte; alimentación, bebidas y tabaco; correos y telecomunicaciones; madera, papel, edición, artes gráficas; química*.
- Por término medio, el uso de las tecnologías de la información en las empresas andaluzas se concentra en conexiones a Internet y disponibilidad de página web. Las actividades relacionadas con el comercio electrónico son minoritarias (en torno al 8% de las empresas; el 10% en el conjunto de España). Si nos centramos en el indicador que refleja una de las actividades TIC más empleadas (conexiones a Internet), este se sitúa en el 85,5% (frente al 89,9% de la media nacional). Los sectores que más las emplean son, por este orden: *Producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua; actividades informáticas; servicios audiovisuales; hoteles y campings; edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados; comercio*.

b) En relación con las peculiaridades del sistema educativo:

- Los alumnos matriculados en carreras relacionadas con las ciencias sociales y las humanidades superan los del grupo de experimentales, ciencias de la salud y técnicas. Andalucía es la región, tras Baleares y Murcia, con menor porcentaje de alumnos sobre el total de matriculados en carreras experimentales (23,01% en Andalucía, frente al 28,08% de la media nacional).
- La formación en lengua extranjera muestra cifras preocupantes. Andalucía tiene el menor número de alumnos que terminaron el ciclo superior de enseñanza de inglés (matrícula oficial) por mil habitantes; tan sólo Baleares presenta cifras inferiores a las andaluzas.
- El porcentaje de alumnos andaluces de tercer ciclo en carreras técnicas supera las cifras de Aragón, Baleares, Islas Canarias, Castilla León y Madrid.
- Los indicadores de producción científica y su participación en el conjunto nacional proporcionan las siguientes características:

- La producción científica andaluza ha crecido desde 1990. Andalucía representaba el 0,36% de la producción mundial en 2002 y el 14,74% de la producción nacional en 2003.
- La producción científica por población activa sitúa a Andalucía por delante de Baleares, Islas Canarias, Castilla y León, Castilla La Mancha, Extremadura, País Vasco y La Rioja. Andalucía obtuvo en 2003 14,31 documentos por cada 10.000 personas activas; la media española llegó a 16,37.
- Andalucía supera el factor de impacto ponderado mundial por grupo científico en Ciencias de la Agricultura y Alimentación, y en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. El esfuerzo temático en producción científica es superior al mundial y al de la mayor parte de comunidades autónomas españolas en Agricultura, Ciencias y Técnicas de los Alimentos, Matemáticas y Biología Vegetal y Animal y Ecología.

Este epígrafe está soportado fundamentalmente por indicadores; sin embargo, como se expresaba en el apartado segundo, la asimilación de los cambios tecnológicos y su incorporación a las empresas, con el consiguiente aumento de productividad y competitividad, está condicionada por múltiples factores. El incremento de los gastos en I+D+i es una condición necesaria, pero no suficiente, para que se produzca esa absorción. Aunque este factor supone ya una rémora para el progreso tecnológico -por el diferencial negativo con otras regiones españolas y europeas, y por el peligro derivado de la pérdida en 2013 de los Fondos Estructurales-, el diseño de políticas que permitan revertir la situación comentada debe abarcar un amplio espectro de iniciativas. Educación –obligatoria, profesional y superior-, formación, disponibilidad de capital-riesgo, cooperación con OPIs, existencia de redes, marco impositivo poco oneroso para la atracción empresarial, etc., son sólo algunas de las cuestiones sobre las que incidir para contribuir a que los cambios tecnológicos se incorporen a la sociedad andaluza.

3.3 Sectores económicos cambiantes y tecnologías emergentes

Este apartado se apoya en el análisis estadístico de la tecnología patentada en Andalucía y España durante un periodo de seis años (1996-2002). Las patentes, con sus ventajas e inconvenientes, constituyen un indicador que se ha mostrado de gran utilidad para identificar las preocupaciones tecnológicas de empresas y también de universidades. El amplio intervalo temporal elegido tiene por objeto evitar el sesgo que se produce en el indicador ante periodos breves. Por otra parte, ha sido preciso cortar la búsqueda en 2002 porque a partir de ese año las cifras empiezan a decrecer (las patentes no se incorporan a la base de datos hasta que transcurre el tiempo de trámite necesario, que en algunos casos son varios años). Cabe destacar, en primer lugar, que el porcentaje de patentes registradas por empresas andaluzas en este periodo con respecto al conjunto de España es del 3,6%. Esta cifra contrasta con el porcentaje de patentes registradas por las universidades de Andalucía en el mismo periodo, que se cifra en el 18,7%². Por otra parte, en Andalucía una de cada cuatro patentes registradas corresponde a una universidad, mientras que en el conjunto de España, una de cada diez patentes es universitaria. A continuación se relacionan los cinco sectores más relevantes en cada uno de los bloques (empresas, universidad y empresas/universidad) para el conjunto de Andalucía y para el conjunto de España.

² La cifra crecería si regionalizáramos las registradas por los institutos del CSIC con sede en Andalucía.

RELACIÓN DE SECTORES (CIP) CON MAYOR NÚMERO DE PATENTES

Empresas Andalucía

A23L	Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas; su preparación o tratamiento, p. ej. cocción, modificación de las cualidades nutritivas, tratamiento físico ; conservación de alimentos o productos alimenticios en general.
B65D	Receptáculos para el almacenamiento o el transporte de objetos o materiales, p. ej. sacos, barriles, botellas, cajas, latas, cartones, arcas, botes, bidones, tarros, etc.
C02F	Tratamiento del agua, agua residual, de alcantarilla o fangos.
A23N	Máquinas o aparatos para tratar las cosechas de frutos, hortalizas, etc. Aparatos para la preparación de comida para animales.
E06B	Cierres fijos o móviles para la abertura de edificios, vehículos, puertas, ventanas, etc.

Universidades Andalucía

G01N	Investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen
A61B	Diagnostico; cirugía; identificación
C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos
B01D	Separación de sólidos por vía húmeda, por vía seca, separación magnética o electrostática, aparatos centrifugadores, etc.

Conjuntas (Univ-empresas) Andalucía

C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos.
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen.

Empresas España

B65D	Receptáculos para el almacenamiento o el transporte de objetos o materiales, p. ej. sacos, barriles, botellas, cajas, latas, cartones, arcas, botes, bidones, tarros, etc.
A61K	Preparaciones de uso medico, dental o para el aseo.
C07D	Compuestos heterocíclicos.
G07F	Aparatos accionados por monedas o aparatos similares
B65B	Maquinas, aparatos, dispositivos o procedimientos de embalaje de objetos o materiales; desembalaje

Universidades España

G01N	Investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas.
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen.
A61K	Preparaciones de uso medico, dental o para el aseo.
C01B	Elementos no metálicos; sus compuestos.

A61B	Diagnóstico, cirugía, identificación (análisis de material biológico)
Conjuntas (Univ-empresas) España	
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen.
C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos.
A61K	Preparaciones de uso medico, dental o para el aseo.
C07D	Compuestos heterocíclicos.
A23L	Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas; su preparación o tratamiento, p. ej. cocción, modificación de las cualidades nutritivas, tratamiento físico ; conservación de alimentos o productos alimenticios en general.

Las tecnologías desarrolladas por el sistema productivo andaluz (utilizando las patentes como indicador) muestran que hay un paralelismo entre el tipo de tecnología que más se patenta y la importancia del sector industrial en la estructura productiva. Cada sector productivo -las empresas que lo integran- desarrollan su propia tecnología; aunque encuadrada en sectores de complejidad tecnológica media-baja y con un ritmo de crecimiento lento, es de esperar que esta actividad se intensifique en los próximos años. Sin embargo, en las universidades se está desarrollando tecnología de complejidad generalmente alta, aunque difícilmente imputable a algún sector industrial específico. Esta distribución de funciones puede parecer lógica (las empresas responden produciendo tecnología de aplicación directa en sus sectores productivos y con sus medios; las universidades responden produciendo tecnología más compleja de aplicación horizontal). Queda por dilucidar si efectivamente la tecnología que se patenta en las universidades está en relación con las demandas del sistema productivo, tiene una aplicación real o responde a otras causas.

4. La tecnología en 2020.

Este apartado sintetiza los resultados de los principales estudios de prospectiva tecnológica mundial editados por las más reputadas agencias gubernamentales, fundaciones o centros universitarios del mundo. Entre las fuentes consultadas se encuentran la Unión Europea, la FECYT, la Fundación OPTI, COTEC, la EOI o la RAND Corporation.

La relación de avances tecnológicos que sigue hace referencia a desarrollos que en 2020 serán susceptibles de aplicación industrial más o menos generalizada. Su absorción por parte de la sociedad y de las empresas andaluzas dependerá de su capacidad de asimilación y de cómo se actúe; en el apartado 5 se trata este asunto con mayor profundidad.

Con la intención de hacer más fácil la lectura del informe, hemos dividido las tecnologías en dos grupos: aquellas que son de aplicación generalizada en todos los sectores productivos –tecnologías generalistas- y aquellas que son específicas de un solo sector –tecnologías específicas-. Las primeras son consideradas como susceptibles de tener un mayor impacto en el futuro, por su capacidad de influencia en la totalidad de sectores económicos, por su capacidad para interactuar entre ellas y por favorecer el avance de las demás. Las segundas, resultado de la combinación de alguna de las anteriores y de usos y métodos propios de los diferentes sectores productivos, son mucho más específicas -por su extensa variedad escapan al contenido

de este informe. Únicamente haremos alguna referencia a aquellas tecnologías incluidas en este segundo grupo cuando afecten a sectores en los que Andalucía está especializada.

1. Tecnologías generalistas:

La práctica totalidad de estudios incluyen en este grupo cuatro tipos de tecnologías:

- a. Biotecnologías
- b. Nanotecnologías
- c. Materiales
- d. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

A continuación se apuntarán algunos de los avances tecnológicos que se espera sean de aplicación común en el año 2020:

a. Biotecnologías:

Buena parte de las aplicaciones de la biotecnología estarán relacionadas con la genética. Este tipo de avances tendrán un impacto significativo, sobre todo, en los sectores farmacéutico, sanitario y agroalimentario.

Entre las aplicaciones más significativas de la biotecnología se pueden mencionar:

- Diagnósticos rápidos basados en múltiples pruebas –de tipo biológico y genético- a partir de una única muestra, favorecidos por la existencia de grandes bases de datos con información de pacientes individualizada.
- Creación de fármacos específicos con capacidad para actuar en tumores u órganos concretos mediante reconocimiento molecular. Desarrollo de la farmacogenómica.
- Diseño y prueba de medicamentos mediante simulación en ordenadores.
- Existencia de implantes y prótesis que imitarán y mejorarán algunas funciones biológicas.
- Creación de insectos genéticamente modificados para evitar la extensión de plagas o la transmisión de enfermedades.
- Alimentos genéticamente modificados, como cereales, disponibles de forma generalizada para países poco desarrollados.
- Fabricación de plantas y algas capaces de absorber CO₂.
- Nuevas técnicas avanzadas con células troncales.

b. Nanotecnologías.

Las nanotecnologías constituyen el sector tecnológico de mayor potencial; sin embargo, no se esperan cambios revolucionarios hasta finales de la próxima década. El interés por este tipo de tecnologías reside en la creencia generalizada en que de sus aplicaciones se derivarán importantes mejoras en biotecnología, materiales y computación.

Algunos de los avances más significativos serán:

- Nuevos tipo de sensores químicos y biológicos miniaturizados, altamente sensibles y selectivos.
- Uso generalizado de dispositivos computacionales miniaturizados insertados en todo tipo de bienes de consumo.
- Sistemas personales de monitorización médica con capacidad para la recogida y almacenamiento de información y comunicación.
- Nanoestructuras funcionales para controlar el suministro y dosis de medicamentos y para mejorar el resultado de implantes y prótesis.

c. Materiales.

Este campo tecnológico, que se nutre de la física, química, metalurgia, ciencia de los polímeros, cerámica e incluso biología, facilitará las bases de la biotecnología, de las nanotecnologías, las telecomunicaciones y la calidad de vida.

Algunas de las aportaciones más significativos en 2020 serán:

- Nuevos tejidos, que incorporarán fibra óptica y fuentes de energía, y responderán a estímulos externos.
- Implantación generalizada de técnicas de producción ecológica que evitarán la contaminación, aprovecharán la totalidad de residuos y evitarán catástrofes medioambientales.
- Producción masiva de células solares usando compuestos basados, en parte, en materiales nanoestructurados, orgánicos o biomiméticos.
- Purificación de aguas y sistemas de descontaminación basados en filtros y membranas activas nanoestructuradas.
- Construcción de tejidos multifuncionales cultivados en vivo a partir de estructuras biodegradables.

d. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

Las TIC se espera que continúen diez años más su rápido proceso de crecimiento y de influencia en el crecimiento económico. Sin embargo, el mantenimiento de su crecimiento acelerado dependerá de la aplicación de componentes a escala nanométrica.

Algunos de los avances más significativos en 2020 serán:

- Internet sin cable en todo el planeta (incluidas zonas rurales).
- Control de instrumental médico, electrodomésticos y sistemas de entretenimiento por ordenador.
- Bases de datos con información personal individualizada (médica, genética, etc.)
- Pequeños y baratos mecanismos de almacenamiento de todo tipo de datos e información.

- Mejora de las capacidades de los mecanismos de búsqueda, para texto y para imágenes, video, etc.
- Etiquetas con identificador de radiofrecuencia para productos, con aplicación a hábitos de consumo, movimientos de gente, etc.
- Uso generalizado de información biométrica individual para viajes, acceso seguro a instalaciones, a ordenadores o con fines comerciales.

2. Tecnologías específicas.

Como hemos señalado anteriormente, todos los sectores productivos se ven influidos por los avances tecnológicos. De la combinación de innovaciones en los sectores tecnológicos de tipo generalista y de su aplicación específica a sectores muy concretos surge lo que hemos denominado tecnologías específicas.

En esta sección haremos únicamente referencia a las tecnologías de aplicación en aquellos sectores productivos con un importante peso específico en Andalucía o en los que exista cierta especialización³.

a. Sector agroalimentario.

Este sector se verá profundamente afectado por los avances genéticos, fundamentalmente en especies de tipo vegetal, pero también animal. Plantas y árboles más resistentes, productos de crecimiento rápido con mínimo consumo o animales capaces de proporcionar carne o leche con determinados aportes serán algunos de los resultados. Se desarrollarán nuevos productos alimentarios (prebióticos, probióticos y nutracéuticos) y se generalizarán los avances biotecnológicos aplicados a la seguridad agroalimentaria (envases, análisis y control de calidad).

El sector se verá influido también por la mejora en la eficiencia de la energía solar, por la posibilidad de filtrar y depurar aguas -a partir de nuevos catalizadores y filtros- y por la capacidad para reciclar y aprovechar todos los residuos derivados de la actividad agrícola y ganadera, lo que redundará en un menor impacto medioambiental.

b. Construcción

La existencia de nuevos materiales y la aplicación de las TIC y las nanotecnologías – incluso la biotecnología- afectarán al sector y permitirán la generalización de edificios inteligentes, casas autónomas –con materiales con células solares incorporadas, por ejemplo- y viviendas y obras públicas que responderán a los estímulos externos.

La existencia de microsensores en edificios e instalaciones, al igual que hasta ahora lo han hecho las cámaras de vigilancia, permitirá disponer de entornos más seguros y adaptados a usos específicos.

³ Véase el apartado 3.1.

c. Industrias de la energía.

Los patrones de consumo variarán enormemente. El petróleo seguirá siendo una fuente fundamental de energía y productos derivados, pero la energía procedente de la biomasa, el hidrógeno y las energías renovables compartirán el futuro a partes iguales. La energía solar, cuyos principales obstáculos son el coste, la eficiencia energética y el almacenamiento, alcanzarán enormes progresos en 2020. Los combustibles fósiles seguirán usándose en las grandes industrias, en un contexto más limpio, junto con ciclos combinados de gas.

d. Aeronáutico.

Nuevos materiales, nanotecnologías y TIC influirán sobremanera en este sector. Los materiales compuestos y los procesos industriales para su mezcla determinarán el futuro. También la incorporación de materiales inteligentes, capaces de responder a estímulos externos se extenderá a este sector.

La reducción en el consumo de carburante, así como aviones más “ecológicos” serán posibles –nuevos combustibles-.

e. Industria de la confección.

La incorporación de nuevos materiales y materiales inteligentes dominarán el textil. Se fabricarán ropas capaces de responder a cambios externos o a la presencia de sustancias en el entorno.

En el campo sanitario, se fabricarán tejidos con sensores y actuadores capaces de procesar variables bioquímicas y fisiológicas –susceptibles de utilizarse, por ejemplo, en la monitorización de una persona-.

f. Fabricación de muebles y carpintería.

Los nuevos materiales y los materiales inteligentes se incorporarán completamente al sector. El uso de tejidos autolimpiables, por ejemplo, o muebles y materiales de carpintería capaces de responder a necesidades externas se generalizarán. En cuanto a la provisión de materia prima, la biotecnología permitirá avances en la silvicultura.

5. Escenarios tecnológicos para Andalucía 2020.

En esta sección pretendemos avanzar una imagen de la situación tecnológica de Andalucía en el año 2020. Para ello, vamos a construir cuatro escenarios -de peor a mejor- en los que plantearemos diferentes posibilidades o situaciones. Puesto que la prospectiva tecnológica coincide más o menos en el tipo de desarrollos que dominarán el panorama en el año de referencia, los diferentes escenarios para Andalucía se elaborarán en función de que la región sea capaz de absorber esos cambios e incorporarlos en mayor o menor medida.

Resulta complicado dibujar diferentes escenarios tecnológicos prescindiendo de aquellos elementos no tecnológicos de la sociedad que influyen en el resultado final. Por este motivo, aunque el escenario tendrá siempre una referencia tecnológica, se dibujará también la situación de los factores condicionantes de la asimilación tecnológica.

1. Escenario 1: “De mal en peor”

Andalucía no ha sido capaz de incorporar los nuevos adelantos tecnológicos. Las empresas, por falta de estímulos externos, falta de mano de obra cualificada y ausencia de capacidad para adaptarse a una realidad cambiante, han dejado de incorporar los últimos adelantos tecnológicos a sus procesos productivos; este hecho ha contribuido a que pierdan competitividad en relación con las empresas de otras regiones. Aunque los niveles de empleo se mantienen estables –servicios como el turismo o los dependientes del sector público pueden sobrevivir a medio plazo sin un aporte tecnológico sustancial- estamos abocados a una pérdida progresiva de puestos de trabajo por falta de competitividad.

La sociedad no se ha adaptado tampoco a los nuevos cambios. La educación y la formación no son valores importantes, ni de la sociedad andaluza en general, ni de los poderes públicos en particular. La escasa cualificación de la mano de obra –problema que tiene su origen en la enseñanza primaria e incluye a toda la escalera formativa- impide que los avances tecnológicos se incorporen a la vida laboral y a la cotidiana. La falta de mano de obra cualificada hace que las empresas sean incapaces, no ya de crear, sino simplemente de incorporar avances tecnológicos generalizados en otros países o regiones. La población hace en su vida diaria un uso limitado de las ventajas que proporcionan las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Los poderes públicos son incapaces de invertir la situación. La administración no ha podido o no ha sabido modificar el sistema educativo para adaptarlo a las nuevas necesidades. El inglés sigue siendo la asignatura pendiente, la formación primaria y secundaria no proporciona unos conocimientos aceptables y la formación profesional y superior no provee técnicos capaces de incorporar los nuevos avances a las empresas. La política científica y tecnológica no está definida conforme a una planificación clara y participativa; la inversión en I+D+i y en educación se mantiene en niveles inferiores a la media española y comunitaria.

2. Escenario 2: “Todo sigue igual”

Andalucía sigue la tendencia general del resto de regiones españolas que están en niveles similares de desarrollo. Las empresas, fundamentalmente aquellas de gran dimensión o las que son el referente de su sector (líderes), aprovechan los avances tecnológicos para mantener su ventaja competitiva. Sin embargo, las PYMES –la práctica totalidad del tejido empresarial- no incorporan los últimos adelantos, no disponen de incentivos externos para ello y la mano de obra no está lo suficientemente preparada para asumir esta labor. Las tecnologías son aprovechadas cuando ya lo han sido en otras regiones españolas. La economía crece gracias a determinadas actividades encuadradas en el sector servicios y la construcción. El

empleo crece por el incremento de actividad en estos dos sectores, pero la industria y la agricultura, lejos de incorporar las nuevas tecnologías, pierden competitividad y empleo.

Los políticos mantienen una actitud pasiva hacia la educación y la formación. La mano de obra formada y preparada para absorber las nuevas tecnologías –existiendo– es escasa y se concentra en un reducido número de empresas. La mayor parte de la población, especialmente aquella que no ha recibido una formación media o superior, no está preparada para aprovechar los cambios tecnológicos. Las empresas más competitivas, ubicadas sobre todo en los grandes núcleos urbanos, son las que contratan la mano de obra especializada; en las zonas rurales y en las PYMES de esas zonas los adelantos tecnológicos se incorporan lentamente.

Los poderes públicos hacen un esfuerzo por cambiar la dinámica y aprovechar los recursos tecnológicos de Andalucía, sin embargo, el esfuerzo no consigue movilizar a la sociedad. Las empresas no tienen capacidad para responder a las exigencias innovadoras y las instituciones no pueden asumir ese papel. El presupuesto dedicado a I+D+i y a educación sigue la tendencia de los últimos años y, aun creciendo, no lo hace al mismo ritmo que otras regiones.

3. Escenario 3: “Vamos bien”

Andalucía ha conseguido romper la dinámica en la que se encontraba e incorpora parcialmente los cambios tecnológicos más recientes. Las empresas de los principales sectores productivos y algunos sectores de alta tecnología, movidas por la necesidad de competir, por la existencia de mano de obra cualificada y un ambiente propicio, aprovechan las nuevas tecnologías. Este movimiento en los principales sectores económicos se concentra en el sector turístico, en el sector servicios empresariales y en algunos sectores industriales. En los sectores de alta tecnología el cambio se produce en las zonas urbanas; los Parques Tecnológicos, próximos a los centros de generación de conocimiento, son el motor de esas incorporaciones. Aparecen nuevas redes de colaboración, formales e informales, entre empresas, y entre OPIs y empresas, que permiten aprovechar los recursos científicos de los centros de investigación regionales.

La educación, sin haber experimentado una drástica reforma, ha conseguido mejorar parcialmente la formación; la sociedad civil y los poderes públicos han entendido que esta es la herramienta fundamental de cambio y han hecho un esfuerzo por proporcionar mejores instrumentos a las generaciones venideras. El empleo mejora en esos sectores y se estabiliza en las empresas industriales capaces de adaptarse. Aunque el cambio no es generalizado, el efecto demostración se traslada progresivamente. La sociedad, sobre todo en las zonas urbanas, entiende los retos de los nuevos tiempos y ve las nuevas tecnologías como una oportunidad, tanto para mejorar la competitividad de la economía, como su calidad de vida. Aun así, persisten sectores y zonas geográficas incapaces de incorporarse a esta dinámica.

Los poderes públicos han conseguido involucrar en el cambio a los agentes sociales; sin embargo, el cambio es lento y no se han roto las dinámicas seculares. Empresarios, sistema educativo y universidades perciben el cambio tecnológico y la necesidad de incorporarlo a la sociedad como algo necesario. Los ciudadanos, fundamentalmente las generaciones jóvenes,

están familiarizados con los avances de las TIC, por lo que poco a poco entramos en el proceso de modernización.

4. Escenario 4: “Somos la referencia”

Andalucía es una región líder en la incorporación de los nuevos avances tecnológicos a su sistema productivo. La sociedad está implicada en el cambio. Las empresas de todos los sectores, tradicionales o modernos, PYMES o grandes empresas, aprovechan las ventajas competitivas que proporcionan los nuevos avances tecnológicos. El empleo crece en el sector servicios y en la construcción; se mantiene en el sector industrial y el agrícola, que gracias a la rápida absorción de los adelantos tecnológicos, han adquirido una ventaja competitiva que les permite eludir la crisis derivada de la deslocalización y de las importaciones de productos más baratos de otros países.

El cambio, que se ha gestado en los últimos años, ha sido posible gracias a la reforma drástica del sistema educativo, que transformó la educación primaria, secundaria y técnica con la intención de conseguir una población más preparada -idiomática e intelectualmente- para la absorción de los cambios tecnológicos. La universidad, firmante con otros agentes e instituciones de un gran “pacto por el progreso tecnológico”, está claramente involucrada en el cambio mediante la formación de sus titulados y la colaboración con el tejido productivo. Andalucía es capaz de adaptar inmediatamente los nuevos avances gracias, en parte, a la formación de su mano de obra –universitaria o no- y a su continuo reciclaje. Sin ser el motor de la economía, en el entorno de los Parques Tecnológicos y los Centros de Innovación surgen nuevas empresas e ideas –fundamentalmente en biotecnología, nanotecnología, materiales o TIC- que contribuyen a mantener a Andalucía en la vanguardia del uso de los nuevos avances tecnológicos y a incorporar los adelantos a los sectores tradicionales. Los Parques Tecnológicos prestan servicios (vigilancia tecnológica, por ejemplo) a empresas de todos los sectores productivos. Las redes de colaboración entre empresas y entre OPIs y empresas se generalizan. El tejido productivo aprovecha al máximo la capacidad de transferencia tecnológica de los centros de investigación.

Los poderes públicos han multiplicado su esfuerzo inversor en el sistema educativo y en la política de I+D+i. Han involucrado a la totalidad de la sociedad en un gran pacto y han hecho atractivos los cambios tecnológicos para la mayor parte de la población, que no ve como ajenas las ventajas de las TIC en su vida cotidiana.

Andalucía, sin ser generadora de avances tecnológicos mundiales, es la referencia entre las regiones innovadoras por su capacidad de absorción y asimilación de los nuevos cambios.

En definitiva, la concreción en 2020 de un escenario u otro -de los cuatro planteados- es algo que depende de numerosos factores. Lo que sí parece evidente es que la única forma de desplazarse entre ellos es mediante el diseño de políticas activas por parte del Gobierno regional. Son fundamentalmente los poderes públicos los que tienen capacidad para incidir en esos múltiples factores que determinan la asimilación tecnológica. A corto plazo podemos esperar medidas encaminadas al incremento de los gastos en I+D+i –hasta ahora insuficientes-, el incremento de la transferencia tecnológica de los OPIs o la apuesta por los Parques

Tecnológicos, pero será sólo a medio o largo plazo cuando se aprecien los resultados de las medidas capaces de revertir la situación actual (educación, formación, creación de redes, disponibilidad de financiación privada, valoración social de la investigación y de la iniciativa empresarial, etc).

6. Fuentes de información.

A continuación se relacionan las fuentes consultadas. Por problemas de espacio detallamos únicamente la institución responsable. El documento o documentos en cuestión pueden estar en formato electrónico o en papel.

Central de Balances de Andalucía

<http://www.centraldebalancesdeandalucia.org>

Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa

<http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa>

CORDIS

http://cordis.europa.eu/foresight/key_tech.htm

EOI Escuela de Negocios

<http://www.eoi.es>

European Commission

Join Research Center e IPTS

<http://www.jrc.cec.eu.int>

FECYT

<http://www.fecyt.es>

Fundación OPTI

<http://www.opti.org/publicaciones/tendencias.asp>

Fundación COTEC

<http://www.cotec.es>

Instituto de Estadística de Andalucía

<http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadistica>

Instituto Nacional de Estadística

<http://www.ine.es>

National Intelligence Council

<http://www.dni.gov/nic>

Oficina Española de Patentes y Marcas

<http://www.oepm.es>

The European Foresight Monitoring Network

<http://www.efmn.info>

The RAND Corporation

<http://www.rand.org/>

