



“Avances tecnológicos y biotecnologías agrarias para la adaptación a la sequía en el Estado español”

Lic. Dailyn Kamila Chavez Almeida

Trabajo entregado para la finalización de las Prácticas de Empresa en Máster Tecnología Ambiental

Modalidad: Online

Julio/2026

Tutor(es):

Ángel Muñoa Blas

Antonio Ferrer Márquez



Resumen

La agricultura española se enfrenta a un escenario de creciente escasez de recursos hídricos como consecuencia del cambio climático, lo que hace necesario desarrollar estrategias que incrementen la resiliencia de los sistemas productivos. Este trabajo recopila y analiza los principales organismos, centros de investigación y proyectos relacionados con las tecnologías y biotecnologías agrarias orientadas a la adaptación al estrés hídrico, tomando como referencia la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. El análisis evidencia una amplia capacidad científica y tecnológica, aunque con una distribución territorial desigual que pone de manifiesto la necesidad de reforzar la coordinación entre instituciones, la transferencia del conocimiento y el impulso a la Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) para favorecer una agricultura más sostenible y resiliente.

Palabras clave: agricultura, cambio climático, organismos, tecnologías, Guadalquivir.

Índice

Capítulo 1. Introducción	5
Capítulo 2. Materiales y Métodos	7
2.1. Caracterización del impacto del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir.....	7
2.1.1. Influencia del cambio climático sobre las precipitaciones en la región mediterránea, la Península Ibérica y la España peninsular.....	7
2.1.2. Agricultura y disponibilidad de recursos hídricos en España	8
2.1.2.1. Características de la cuenca del Guadalquivir	12
.....	14
2.2. Inventario y caracterización de especies adaptables y adaptadas a escenarios de escasez de agua y líneas de investigación existentes en la actualidad en tecnologías y biotecnologías agrarias.....	14
2.3. Descripción del marco y de los organismos dedicados a la investigación en estas disciplinas tanto públicos como privados	15
Capítulo 3. Conclusiones	16
Referencias	18
Anexos	20
Anexo 1	20
Anexo 2	23

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución proyectada de las anomalías de precipitación en la España peninsular para distintos escenarios de emisiones (RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) y diferentes periodos temporales del siglo XXI. Fuente: Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (AEMET)..... 8

Figura 2. Evolución de la severidad de los impactos económicos asociados a la sequía en España según distintos horizontes temporales y escenarios de calentamiento global. Fuente: Adaptado de Evaluación Regional del Impacto del Cambio Climático (ERICC, 2025) 10

Figura 3. Delimitación de la cuenca hidrográfica del río Guadalquivir y su red hidrográfica principal. Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (s. f.), La Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir..... 12

Figura 4. Cultivos de la CHG (CHG, s.f) 14

Índice de Tabla

Tabla 1. Cultivos vulnerables ante el cambio climático (Batalla & Sanz , 2025).....	9
Tabla 2. Distribución de cultivos de secano y regadío por Comunidad Autónoma (MAPA, 2025)	11
Tabla 3. Inventario y caracterización de especies adaptables y adaptadas a escenarios de escasez de agua y líneas de investigación existentes en la actualidad en tecnologías y biotecnologías agrarias (IFAPA, s. f.).....	20
Tabla 4. Inventario básico de organismos públicos de investigación en tecnologías de adaptación al cambio climático. Elaboración propia basada en fuentes públicas	23

Capítulo 1. Introducción

La Comisión Europea está avanzando en una Estrategia Europea de Resiliencia Hídrica en un escenario en el que el agua será un factor estratégico para la competitividad y la seguridad. La urgencia de desarrollar esta adaptación e incrementar el compromiso de todos los actores implicados se deriva de la gravedad e importancia de los efectos materializados en la última década, como son:

- La reducción tendencial de la disponibilidad de agua como consecuencia de la modificación de las precipitaciones y su contaminación (productos químicos industriales, pesticidas, nutrientes y productos farmacéuticos, etc.)
- El incremento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos: olas de calor, incendios forestales, sequías, lluvias torrenciales e inundaciones.
- La falta de adaptación de la gestión y gobernanza del agua en todos los niveles concernidos en sus 3 funciones: el agua como soporte de los ecosistemas, el agua como derecho humano fundamental para la vida digna y el agua como factor de producción en todas las actividades económicas.

Se pretende alcanzar una economía inteligente en materia de agua para reducir el consumo y mejorar la eficiencia hídrica en la Unión Europea (UE) en un 10 % de aquí a 2030 con distintas medidas e instrumentos en los que la participación de los trabajadores y trabajadoras son sustanciales tanto en actividad laboral como en su dimensión ciudadana.

En este contexto, la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir constituye un ejemplo representativo de los actuales desafíos que afronta la gestión del agua en España. Este sistema fluvial experimenta una disminución progresiva de la disponibilidad de recursos hídricos debido a la reducción de las precipitaciones, el aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia e intensidad de las sequías. Estas tendencias ponen de manifiesto la necesidad de reforzar la adaptación al cambio climático mediante una gestión más eficiente y sostenible del agua, en la que la participación de las administraciones, los sectores productivos y la ciudadanía desempeñe un papel fundamental para garantizar la resiliencia de los ecosistemas y la seguridad hídrica.

El objetivo de este trabajo es capacitar y dotar de conocimientos y competencias clave a los representantes de los trabajadores en los Comités de Empresa Europeos, órganos de representación sindical en los diferentes ámbitos estatales y organizaciones sindicales para impulsar la adaptación de las empresas y centros de trabajo al impacto del cambio climático sobre el uso y gestión de los recursos hídricos.

Sectores prioritarios

- Producción agraria y alimentaria.

Por ello, el presente documento se estructura en tres bloques principales. En primer lugar, se analiza el impacto del cambio climático sobre la disponibilidad

de los recursos hídricos en España, con especial atención a la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

Luego, se presenta un inventario de las principales especies cultivables, las líneas de investigación, las tecnologías y las biotecnologías agrarias orientadas a mejorar la adaptación de los cultivos al estrés hídrico. Asimismo, se describen los principales organismos públicos y privados que desarrollan estas investigaciones y contribuyen al avance de soluciones innovadoras para el sector agrícola.

Por último, se exponen las principales conclusiones derivadas del análisis realizado, destacando la importancia de la investigación, la transferencia del conocimiento y la coordinación entre administraciones, centros de investigación y sector productivo para impulsar una agricultura más resiliente, eficiente y sostenible frente al cambio climático.

Capítulo 2. Materiales y Métodos

2.1. Caracterización del impacto del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir

2.1.1. Influencia del cambio climático sobre las precipitaciones en la región mediterránea, la Península Ibérica y la España peninsular

“El cambio climático se define como el cambio del clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, sumado a la variabilidad natural del clima” (UNFCCC, 1992). Este fenómeno tiene su origen con el inicio de la Revolución Industrial desde la segunda mitad del siglo XVIII; el uso acelerado de combustibles fósiles demandados por las nuevas transformaciones tecnológicas, trajo como consecuencia la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI).

Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarburos (HFC), los perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6) (MITECO, s. f.). El aumento de su concentración en la atmósfera ha intensificado el efecto invernadero natural, alterando el balance energético de la Tierra y favoreciendo el incremento de la temperatura media global, proceso que constituye la principal causa del cambio climático actual.

Entre las principales consecuencias del cambio climático se encuentra el aumento de la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos meteorológicos extremos. Entre ellos destacan las sequías prolongadas, las olas de calor, las precipitaciones torrenciales y las inundaciones, cuyos efectos repercuten sobre la disponibilidad de recursos hídricos, los ecosistemas y las actividades socioeconómicas, especialmente la agricultura.

Europa se encuentra particularmente expuesta a los efectos del cambio climático. Según los registros disponibles, desde la década de 1980 el continente europeo presenta una tasa de calentamiento aproximadamente dos veces superior a la media mundial. Específicamente, en el sur se observan los episodios de sequía más intensos y prolongados desencadenados por el incremento de las temperaturas que favorece una mayor demanda evaporativa atmosférica. Actualmente, “el siglo XXI ha experimentado la mayor frecuencia de sequías severas de los últimos 150 años” (MITECO, 2024).

En la Península Ibérica, la sequía meteorológica está condicionada por los mecanismos de transporte de humedad atmosférica desde las principales fuentes: el Atlántico Norte, el mar Mediterráneo y la propia Península. Una reducción de la humedad atmosférica disminuye la nubosidad e incrementa la cantidad de radiación solar que alcanza la superficie terrestre. Este aumento de la insolación intensifica el calentamiento del suelo y favorece, de forma retroalimentada, una disminución adicional de la humedad ambiental. En consonancia con estos procesos, las proyecciones climáticas disponibles indican una tendencia a la reducción de la precipitación media durante el resto del siglo, lo que favorecerá condiciones climáticas más áridas en la región.

En coherencia con estos mecanismos, las proyecciones climáticas regionalizadas indican una disminución de la precipitación media durante el siglo XXI en la España peninsular (Ver Figura 1), especialmente en las regiones del sur (AEMET, 2017). Esta tendencia se intensifica en las cuencas hidrográficas meridionales, entre las que destaca el Guadalquivir, donde la reducción de precipitaciones puede comprometer la disponibilidad futura de recursos hídricos y afectar de manera significativa al sector agrícola.

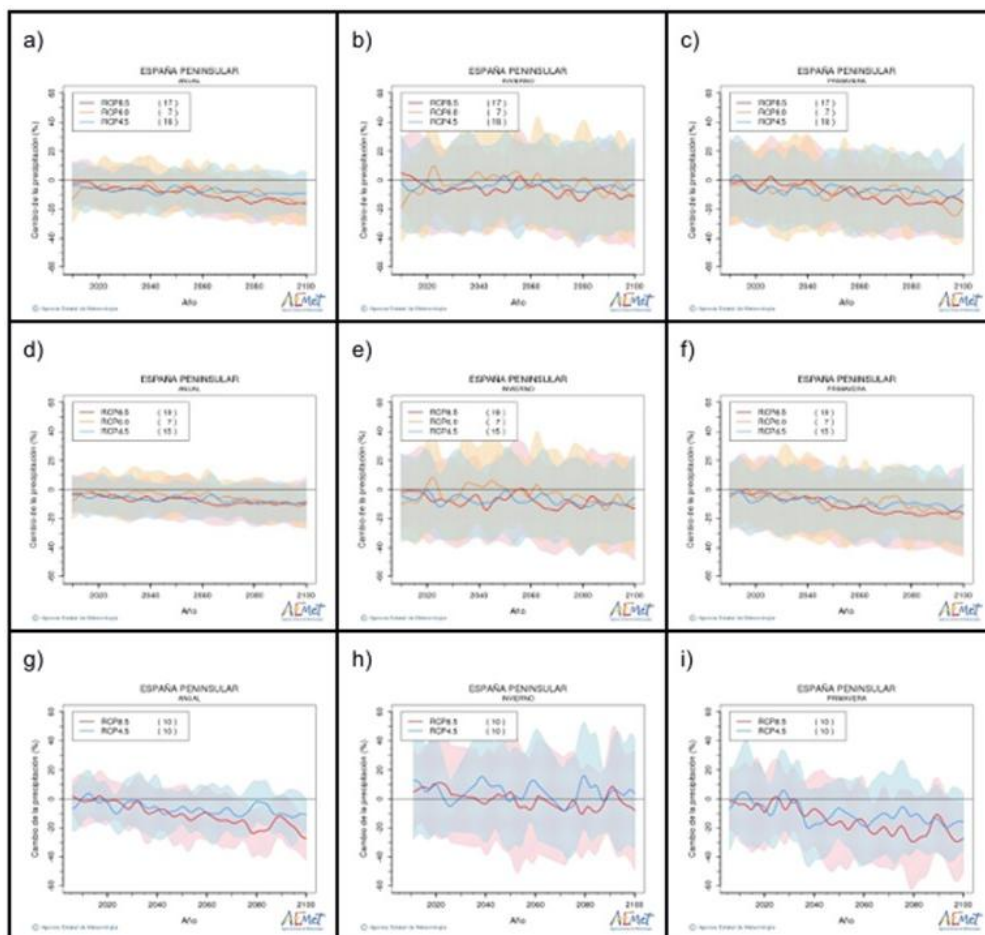


Figura 1. Evolución proyectada de las anomalías de precipitación en la España peninsular para distintos escenarios de emisiones (RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) y diferentes periodos temporales del siglo XXI. Fuente: Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (AEMET)

Como se aprecia en la Figura 1, las proyecciones climáticas para la España peninsular muestran la evolución de las precipitaciones bajo distintos escenarios de emisiones (RCP), periodos de proyección y estaciones del año. De forma general, se identifica una tendencia decreciente de la precipitación media, particularmente en los escenarios con mayores concentraciones futuras de gases de efecto invernadero, donde las anomalías negativas se acentúan hacia finales del siglo XXI.

2.1.2. Agricultura y disponibilidad de recursos hídricos en España

La agricultura constituye uno de los sectores más vulnerables frente al cambio climático debido a su elevada dependencia de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de recursos hídricos. En España, el incremento de las

temperaturas, la reducción de las precipitaciones, el aumento de la aridez y la mayor frecuencia de fenómenos extremos incrementan el riesgo de pérdidas de productividad y afectan especialmente a cultivos como el olivo, la vid, el almendro, los cítricos y el arroz (Ver Tabla 1), cuya vulnerabilidad varía en función de la región y del sistema de cultivo (Batalla & Sanz , 2025).

Tabla 1. Cultivos vulnerables ante el cambio climático (Batalla & Sanz , 2025)

Cultivos vulnerables	Problema	Variable	Consecuencia	Zonas afectadas
Almendro, viña, olivo y cítricos	Aumento de plagas y enfermedades	Incremento de las temperaturas	Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades	Principalmente regiones mediterráneas
Arroz	Intrusión salina y pérdida de superficie cultivable	Subida del nivel del mar, aumento de las temperaturas y cambios en los patrones de precipitación	Reducción del área cultivable	Zonas costeras como el Delta del Ebro, la Albufera de Valencia, la costa andaluza y las zonas insulares.

Históricamente, la agricultura ibérica ha estado estrechamente condicionada por la variabilidad climática. A lo largo de los siglos, la adopción de nuevas técnicas de gestión y el desarrollo de infraestructuras hidráulicas permitieron reducir parcialmente esta dependencia y aumentar la capacidad de adaptación del sector agrario. Sin embargo, los escenarios actuales de cambio climático plantean nuevos desafíos asociados a la disminución de las precipitaciones y a una mayor presión sobre los recursos hídricos.

Como consecuencia, las variaciones en las principales variables meteorológicas condicionan la ocurrencia e intensidad de los episodios de sequía. La persistencia de estas condiciones provoca estrés hídrico en el suelo y limita la disponibilidad de agua para los cultivos, lo que se traduce en una reducción de los rendimientos agrícolas. En consecuencia, la sequía constituye un factor de riesgo para la sostenibilidad del sector agrario y para la estabilidad económica de las regiones altamente dependientes de esta actividad (Ver Figura 2).

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5°C)	Medio plazo 2041-2060 (2°C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4°C)
Severidad del impacto	Crítica	Crítica	Catastrófica	Catastrófica
	Aon (2024) estima las pérdidas por sequía en España en 2023 en 5.500 millones de euros. Villegas et al. (2024) simulan pérdidas del 0,88 % del PIB para sequía en España según datos de 2017. Motta et al. (2025) estima las pérdidas actuales en España por sequía en 0,7 % del PIB.	Los diferentes estudios indican un aumento en la frecuencia, duración y severidad de las sequías durante todo el siglo, con especial énfasis en la última treintena Motta et al. (2025) estima en el escenario de 1,5°C un aumento en las pérdidas del 35 % en España. Este aumento supondría un valor inferior al 1 % del PIB.	Al igual que en el corto plazo, en el medio plazo la severidad, duración y frecuencia de las sequías seguirá en aumento. En este caso las pérdidas económicas, especialmente para el sector agrícola sí que podrían alcanzar la consideración de severidad catastrófica (Tramblay et al., 2020).	La frecuencia, duración y severidad de los periodos de sequía se prevé que aumentará hacia finales de siglo (MITECO, 2024). Según el Banco de España (Zarza, 2024), para sequías extremas de larga duración más severas, la pérdida sobre el PIB puede ser del 1,3 %.

Figura 2. Evolución de la severidad de los impactos económicos asociados a la sequía en España según distintos horizontes temporales y escenarios de calentamiento global. Fuente: Adaptado de Evaluación Regional del Impacto del Cambio Climático (ERICC, 2025)

Estas tendencias se reflejan en las proyecciones climáticas, que evidencian un aumento progresivo de la frecuencia, duración y severidad de los episodios de sequía en España a lo largo del siglo XXI. La Figura 2 muestra esta evolución bajo distintos escenarios de calentamiento global, destacando un incremento de los impactos económicos asociados, especialmente en sectores con elevada dependencia del agua, como la agricultura. En los escenarios de medio y largo plazo, estos impactos alcanzan niveles significativamente elevados, lo que pone de manifiesto la creciente vulnerabilidad del territorio frente al cambio climático.

En la actualidad, la superficie agraria útil (SAU) en España se sitúa en torno a los 23 millones de hectáreas, lo que equivale aproximadamente a la mitad del territorio nacional. De este total, cerca de 17 millones de hectáreas corresponden a tierras de cultivo, de las que el 76% se destina a cultivos de secano y el 24% restante a regadío (MITECO, s. f.). Esta distribución refleja la importancia que ambos sistemas de producción tienen en el territorio español y se manifiesta en las distintas especializaciones agrícolas de las comunidades autónomas, donde predominan diferentes tipos de cultivos en función de las condiciones climáticas, edáficas y de la disponibilidad de recursos hídricos. La Tabla 2 resume los principales cultivos de cada comunidad autónoma según el régimen de cultivo predominante.

Tabla 2. Distribución de cultivos de secano y regadío por Comunidad Autónoma (MAPA, 2025)

Comunidad Autónoma	Cultivos predominantes	Predominio
Andalucía	Olivar de almazara, trigo/cebada, girasol, cítricos y hortícolas	Olivar secano (mayoritario), cereales secano, girasol secano, cítricos y hortícolas regadíos
Aragón	Cebada, trigo, maíz, alfalfa	Cebada y trigo secano; maíz y alfalfa regadío
Asturias	Praderas y forrajes, maíz forrajero, manzano	Praderas secano; maíz forrajero regadío/secano; manzano secano
Illes Balears	Almendo, cereal, olivar, viñedo	Predominio del secano
Canarias	Plátano, tomate, papa, viñedo	Predominio del regadío, excepto parte del viñedo
Cantabria	Praderas, maíz forrajero, pastos	Predominio del secano
Castilla-La Mancha	Viñedo, cebada, trigo, olivar	Predominio del secano; parte del viñedo y olivar en regadío
Castilla y León	Cebada, trigo, maíz, remolacha	Cebada y trigo secano; maíz y remolacha regadío
Cataluña	Cebada, olivar, viñedo, frutales	Cebada, olivar y viñedo secano; frutales regadío
Comunidad Valenciana	Cítricos, caqui, arroz, hortalizas	Predominio del regadío
Extremadura	Olivar, cereal, tomate de industria, maíz	Olivar y cereal secano; tomate y maíz regadío
Galicia	Maíz forrajero, praderas, viñedo, patata	Praderas y viñedo secano; maíz y patata principalmente regadío
La Rioja	Viñedo, cereal, hortalizas, frutales	Viñedo y cereal secano; hortalizas y frutales regadío
Comunidad de Madrid	Cebada, trigo, olivar, viñedo	Predominio del secano
Región de Murcia	Lechuga y otras hortícolas, cítricos, viñedo	Hortícolas y cítricos regadíos; viñedo mayoritariamente secano
Navarra	Cereal, maíz, hortalizas, viñedo	Cereal y viñedo secano; maíz y hortalizas regadío
País Vasco	Praderas, maíz forrajero, viñedo	Praderas y viñedo secano; maíz forrajero regadío

El regadío constituye un elemento estratégico dentro del sistema agroalimentario español debido a su contribución directa en la producción agraria y el desarrollo económico del sector. Aunque representa únicamente alrededor del 16 % de la superficie agraria útil (MAPA, 2024), genera aproximadamente el 50 % de la producción final agraria (MITECO, s. f.). Además, su impacto trasciende el ámbito productivo, ya que aporta en torno al 2,4 % al Producto Interior Bruto (PIB) y proporciona empleo a cerca del 4 % de la población (MITECO, s. f.).

Dentro del sistema productivo, predominan los cultivos herbáceos en términos de extensión con 9 081 867 ha, mientras que los cultivos leñosos ocupan una menor proporción con 5 113 962 ha y los barbechos con 2 421 283 ha (MAPA, 2024). El regadío adquiere especial relevancia en las producciones de mayor

valor económico, ya que aproximadamente el 90 % de la superficie destinada a hortalizas y cítricos, así como más del 75 % de la dedicada a tubérculos, se cultiva bajo este sistema (MITECO, s. f.). Además, su implantación es también significativa en otros aprovechamientos agrícolas, como el viñedo, el olivar, los cultivos forrajeros y los cultivos industriales, donde la superficie regada representa entre el 20 % y el 30 % del total cultivado (MITECO, s. f.).

Bajo este escenario, la disponibilidad de recursos hídricos constituye un factor clave para la sostenibilidad del sector agrario, especialmente en aquellas regiones donde las proyecciones climáticas anticipan una reducción de las precipitaciones. Entre ellas destaca la región hidrográfica del Guadalquivir, una de las principales áreas agrícolas de España, cuya actividad productiva depende en gran medida de las condiciones hidroclimáticas.

2.1.2.1. Características de la cuenca del Guadalquivir

La cuenca hidrográfica del río Guadalquivir constituye uno de los sistemas hídricos más importantes de España. Tiene una extensión superficial de aproximadamente 57.527 km², que comprende doce provincias de cuatro comunidades autónomas (aproximadamente 90% de su extensión se localiza en Andalucía, 7% en Castilla de la Mancha, 2% en Extremadura y menos del 1% en Murcia) (CHG, s. f.) y está delimitada por Sierra Morena al norte, las cordilleras Béticas al sur y el Océano Atlántico al oeste (Ver Figura 3).



Figura 3. Delimitación de la cuenca hidrográfica del río Guadalquivir y su red hidrográfica principal. Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (s. f.), La Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

La figura anterior muestra la delimitación de la demarcación hidrográfica del río Guadalquivir y la extensa red de drenaje articulada por el río principal y sus numerosos afluentes. La disposición de estos cursos fluviales refleja la complejidad de esta red hidrográfica y su papel fundamental en la distribución de los recursos hídricos a lo largo del territorio.

Bajo una perspectiva climática, este sistema fluvial se caracteriza por un régimen mediterráneo con una marcada irregularidad espacial y temporal de las

precipitaciones (media anual de 550 l/m²). Como consecuencia, se evidencian episodios súbitos (de gran magnitud y de pequeña escala de temporal) que afectan a un medio especialmente vulnerable por el aumento de la temperatura y los periodos sequía (CHG, s. f.). Estas condiciones afectan la capacidad de infiltración del suelo y aumenta los procesos erosivos, afectando a la disponibilidad y conservación de los recursos hídricos.

Este contexto, adquiere especial importancia debido al peso de la actividad agraria en la economía de este territorio hidrográfico. La agricultura constituye uno de los principales sectores productivos del territorio y su desarrollo depende estrechamente de la disponibilidad de agua. A ello se suma la relevancia de la agroindustria, principal subsector industrial de la región, al influir positivamente en el empleo y el valor añadido bruto (VAB) de la actividad industrial (representando el 22 % y el 29 %, respectivamente) (CHG, s. f.).

2.1.2.1.1. Recursos hídricos del Guadalquivir

Como se ha mencionado anteriormente, resulta evidente la influencia del cambio climático sobre los recursos naturales. Ante esta situación, se ha identificado una reducción de la disponibilidad de recursos hídricos en gran parte de España.

En particular, en la vertiente hidrográfica del Guadalquivir, la disminución de las precipitaciones, el incremento de las temperaturas, el aumento de la evapotranspiración y la mayor frecuencia de las sequías reducen la disponibilidad de recursos hídricos para la actividad agrícola. Considerando estos factores, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) debe optimizar la asignación de los recursos entre el abastecimiento urbano, el regadío, los usos industriales y la conservación ambiental.

Según la CHG, un total de 883.083 ha han sido transformadas en regadío, de las cuales 845.986 ha se encuentran actualmente en explotación. El regadío representa aproximadamente el 87 % del consumo total de agua de la demarcación, con un volumen medio anual cercano a 3.324 hm³ (CHG, s.f). La elevada dependencia de este uso respecto al recurso hídrico hace que cualquier disminución de las aportaciones naturales tenga un impacto directo sobre la disponibilidad de agua.

Para hacer frente a esta problemática, el Plan Andaluz de Acción por el Clima (PAAC) propone diversas medidas de adaptación, entre las que destacan: aumentar la eficiencia de los sistemas de riego, modernizar las infraestructuras hidráulicas, utilizar aguas regeneradas, mejorar la planificación hidrológica y fomentar cultivos con menores necesidades hídricas (Junta de Andalucía, 2020). Estas actuaciones tienen como objetivo garantizar la sostenibilidad de la agricultura, optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos y reducir la vulnerabilidad del sector.

2.1.2.1.2. Cultivos en la cuenca el Guadalquivir

En la cuenca del Guadalquivir, el olivar constituye el cultivo de regadío predominante (Ver Figura 4) y presenta una dotación media de agua

relativamente baja (alrededor de 1.500 m³/ha.año) en comparación con otros cultivos, como el arroz, cuya demanda hídrica lo supera 7 veces (CHG, s.f).

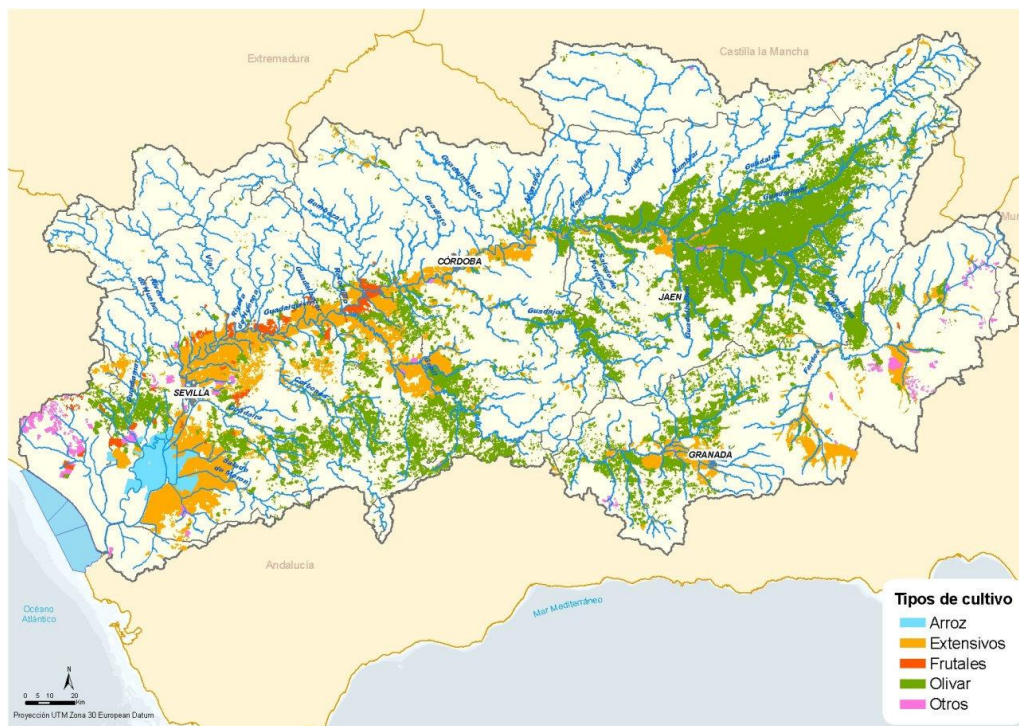


Figura 4. Cultivos de la CHG (CHG, s.f)

2.2. Inventario y caracterización de especies adaptables y adaptadas a escenarios de escasez de agua y líneas de investigación existentes en la actualidad en tecnologías y biotecnologías agrarias

El análisis de los cultivos y de sus variedades es fundamental para garantizar una agricultura más productiva, sostenible y adaptada a los desafíos actuales, como el cambio climático, la escasez de agua, la aparición de nuevas plagas y enfermedades y las crecientes exigencias de calidad del mercado. Los estudios sobre mejora vegetal y biotecnología permiten desarrollar nuevas variedades con mayor rendimiento, calidad y resistencia, así como conservar los recursos genéticos de interés agrícola mediante bancos de germoplasma.

Además, el conocimiento de la diversidad genética y la aplicación de técnicas de diagnóstico y mejora contribuyen a proteger los cultivos y a garantizar la disponibilidad de material vegetal para las generaciones futuras. Ante esta situación, el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) desarrolla numerosos proyectos de investigación orientados a la conservación, caracterización y mejora de especies de gran importancia para la agricultura andaluza.

La Tabla 3 del Anexo 1 recopila los principales proyectos de investigación del área de Mejora Vegetal y Biotecnología del IFAPA, centrados en la conservación de recursos fitogenéticos, la mejora genética y varietal de los cultivos y el desarrollo de estrategias biotecnológicas para incrementar la productividad, la calidad y la sostenibilidad de la agricultura andaluza. Los proyectos abarcan una

amplia diversidad de especies de interés agrícola, entre ellas olivo, fresa, frutos rojos, leguminosas, cereales, cultivos hortícolas, aguacate, mango, pitaya, maracuyá y frutales de hueso. Sus principales líneas de trabajo incluyen la conservación de bancos de germoplasma, la obtención de nuevas variedades adaptadas al cambio climático y al estrés hídrico, la mejora de la calidad de los frutos, el incremento de la resistencia frente a enfermedades y plagas, y la aplicación de herramientas biotecnológicas como la cisgénesis y el diagnóstico molecular. La mayor parte de las investigaciones se desarrollan en los centros IFAPA de Alameda del Obispo (Córdoba) y Málaga, aunque también participan los centros de Huelva, La Mojonera (Almería), Las Torres (Sevilla), Camino de Purchil (Granada) y Venta del Llano (Jaén), lo que pone de manifiesto la amplia distribución territorial de la investigación agraria en Andalucía.

2.3. Descripción del marco y de los organismos dedicados a la investigación en estas disciplinas tanto públicos como privados

La Tabla 4 del Anexo 2 presenta un inventario de las tecnologías empleadas en la mejora vegetal y biotecnología, indicando las especies cultivables objeto de estudio, las principales características de las investigaciones, los centros donde se desarrollan y los proyectos asociados. Esta información permite conocer las líneas de investigación existentes en torno a la conservación, caracterización y mejora de cultivos de interés agrícola, así como las estrategias dirigidas a incrementar su productividad, calidad y adaptación a las condiciones ambientales y fitosanitarias.

Capítulo 3. Conclusiones

1. El cambio climático representa uno de los principales desafíos para la agricultura. El incremento de las temperaturas, las sequías, la reducción de la disponibilidad de agua y la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos afectan la productividad y la sostenibilidad de los cultivos.
2. La investigación sobre la adaptación de los cultivos al cambio climático contribuye a aumentar la resiliencia del sector agrícola frente a los efectos del calentamiento global. En este contexto, la mejora vegetal y la biotecnología desempeñan un papel fundamental ya que permiten la obtención de variedades más resistentes. Estas estrategias se complementan con el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas agronómicas orientadas a mejorar la capacidad de adaptación de los sistemas agrícolas. Entre las principales líneas de investigación destacan:
 - ✓ Mejora genética y biotecnología: desarrollo de nuevas variedades de cultivos, como cereales y leñosos, mediante técnicas de selección avanzada para incrementar la resistencia a las sequías prolongadas, la salinidad y las altas temperaturas.
 - ✓ Edición genética: aplicación de herramientas como CRISPR/Cas9 para desarrollar variedades con mayor capacidad de adaptación y mayor valor añadido.
 - ✓ Agricultura de precisión e inteligencia artificial (IA): utilización de sensores, drones, sistemas de información geográfica, fenómica y robótica para optimizar el riego y monitorizar el estado de los cultivos frente a eventos climáticos extremos.
 - ✓ Gestión de suelos y ecosistemas: aplicación de prácticas de agricultura regenerativa, como las cubiertas vegetales, la siembra directa y la agricultura de carbono, junto con el estudio de microorganismos beneficiosos del suelo para mejorar la fertilidad, aumentar la retención de agua y reducir el uso de fertilizantes.
 - ✓ Agroclimatología y modelos predictivos: integración de datos meteorológicos y climáticos, entre ellos los proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), para anticipar sequías, olas de calor y otros fenómenos extremos, facilitando la planificación de las labores agrícolas.
3. España dispone de una sólida capacidad científica y tecnológica para impulsar la adaptación de los cultivos al cambio climático. Centros de investigación, universidades y organismos públicos desarrollan numerosos proyectos en ámbitos como la mejora genética, la biotecnología, la agricultura sostenible, la conservación de los recursos fitogenéticos y el uso eficiente del agua, contribuyendo al desarrollo de soluciones innovadoras para aumentar la resiliencia del sector agrario.
4. La capacidad científica y tecnológica relacionada con la adaptación de los cultivos al cambio climático no se distribuye de forma homogénea entre las comunidades autónomas. Andalucía, Cataluña, Aragón, Galicia y la

Comunidad Valenciana concentran el mayor número de centros especializados y proyectos de investigación. Esta desigualdad puede limitar la generación, transferencia y aplicación del conocimiento.

5. Los principales esfuerzos de investigación se centran en cultivos estratégicos para la agricultura española. Entre ellos destacan el olivo, los frutos rojos, los cereales, las leguminosas, los cultivos hortícolas, la vid y diversos cultivos tropicales y subtropicales, abordando aspectos como la mejora genética, la resistencia a plagas y enfermedades, la eficiencia en el uso del agua y la adaptación de los cultivos a las nuevas condiciones climáticas.
6. En el ámbito de este estudio, la agricultura bajo invernadero ocupa un papel secundario, ya que las condiciones ambientales se encuentran parcialmente controladas, reduciendo la influencia directa de algunos efectos del cambio climático respecto a los cultivos al aire libre.
7. La información científica se encuentra dispersa entre diferentes organismos y proyectos. Sería recomendable disponer de plataformas que integren la información generada por las distintas administraciones y centros de investigación, favoreciendo la transferencia del conocimiento y su aplicación por parte del sector agrícola.
8. La aceleración del proceso de calentamiento global y el incremento de los riesgos e impactos observados en los últimos años, especialmente en Europa y la región mediterránea, hacen necesario intensificar la investigación en tecnologías agrarias y en el desarrollo de nuevas variedades de cultivo, así como incrementar la financiación pública y privada destinada a estos ámbitos. En la actualidad, dicha financiación resulta claramente insuficiente, lo que limita el desarrollo de variedades más resistentes al cambio climático, la mejora en la evaluación de sus impactos y la transferencia de tecnologías e innovaciones hacia agricultores y empresas del sector.
9. Las futuras investigaciones deben integrarse en la planificación de la gestión del agua. Los avances obtenidos por los centros de investigación deberían incorporarse de forma más efectiva a los planes hidrológicos y a las políticas de gestión de los recursos hídricos, facilitando la toma de decisiones basada en evidencias científicas.
10. España dispone de una base científica sólida para afrontar la adaptación de los cultivos al cambio climático. Sin embargo, resulta necesario reforzar la coordinación entre las administraciones públicas, los centros de investigación y el sector productivo, incrementar la inversión en I+D+i y mejorar la transferencia del conocimiento para favorecer una agricultura más resiliente, competitiva y sostenible.

Referencias

- AEMET. (2017). *Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5*.
https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Guia_escenarios_AR5/Guia_escenarios_AR5.pdf.
- Batalla, I., & Sanz, M. (2025). *Agricultura, ganadería, pesca y acuicultura y alimentación*.
https://ericc.adaptecca.es/sites/default/files/docs/C05_ERICC-2025_agricultura.pdf.
- CHG. (s. f.). *La Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir*. Obtenido de Confederación Hidrográfica del Guadalquivir: <https://www.chguadalquivir.es/la-demarcacion-hidrografica-del-guadalquivir>
- CHG. (s.f.). *La gestión del agua*. Obtenido de <https://www.chguadalquivir.es/la-gestion-del-agua>
- IFAPA. (s. f.). *Mejora Vegetal y Biotecnología*. Obtenido de Junta de Andalucía:
https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/buscador-avanzado?advs%5B0%5D=tipo%3Aproyecto&advs%5B1%5D=area%3A105&search_api_fulltext=Mejora%20Vegetal%20y%20Biotecnolog%C3%ADa&project_in_execution=2
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Chapter 8: Water Cycle Changes*.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter08.pdf: Cambridge University Press.
- Junta de Andalucía. (2020). *Evaluación Ambiental Estratégica (Procedimiento Ordinario). Plan Andaluz de Acción por el Clima (PAAC)*.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/4489286/PP_PAAC.pdf.
- Junta de Andalucía. (2020). *Recursos hídricos disponibles en Andalucía*.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/6178913/AG01_2019.pdf/ad0a0357-5843-757b-80af-a200001caf2f?t=1620888155916.
- MAPA. (2024). *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE). Análisis de los sistemas de regadíos en España*. Obtenido de
<https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/estadisticas/temas/estadisticas-agrarias/2.agricultura/1.-encuesta-sobre-superficies-y-rendimientos-de-cultivos--esyrcer/informes-sectoriales/regadios2024.pdf?utm>
- MAPA. (2024). *Informe anual de indicadores de agricultura, pesca y alimentación*.
https://www.mapa.gob.es/es/dam/jcr:50ac8588-918c-4321-9feb-d72ae05c72a6/INFORME%20ANUAL_METADATOS.pdf.
- MAPA. (2025). *Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos de España (ESYRCE). Resultados provisionales 2025*. <https://www.mapa.gob.es/es/dam/jcr:4ab54d2c-65ad-4ec7-a248-33e16e3f4d0b/ComentariosEspana2025.pdf>.
- MAPA. (2025). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Análisis de los sistemas de regadío en España. ESYRCE*.
<https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/estadisticas/temas/estadisticas-agrarias/2.agricultura/1.-encuesta-sobre-superficies-y-rendimientos-de-cultivos-->

esyrce/informes-sectoriales/an-lisis-de-los-regad-os-espa-oles-2025_resultados-provisionales.pdf.

MITECO. (2024). *Informe CLIVAR-Spain sobre el clima en España*.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2024_INFORME_CLIVAR-SPAIN.pdf.

MITECO. (s. f.). *Análisis económico*. Obtenido de MITECO:

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-sostenible-de-regadios/agua-agricultura-regadio/analisis-economico.html>

MITECO. (s. f.). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*. Obtenido de MITECO:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/inventario-gases-efecto-invernadero.html>

MITECO. (s. f.). *Sector agrícola y ganadero*. Obtenido de

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/agricola.html>

UNFCCC. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*.

<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf#:~:text=Acknowledging%20that%20change%20in%20the%20Earth%E2%80%99s>.

Anexos

Anexo 1

Tabla 3. Inventario y caracterización de especies adaptables y adaptadas a escenarios de escasez de agua y líneas de investigación existentes en la actualidad en tecnologías y biotecnologías agrarias (IFAPA, s. f.)

Tecnología	Especie cultivable	Caracterización/Centro IFAPA	Proyecto
Mejora Vegetal y Biotecnología	Habas	Investigación y transferencia de técnicas de mejora genética. Alameda del Obispo (Córdoba).	Realización y verificación de cruzamientos entre variedades de habas de la empresa Semillas Fitó S.A.U.
	Fresa (Fragaria × ananassa)	Realización de los exámenes técnicos de identificación varietal de fresa, de acuerdo con los protocolos aprobados por las Oficinas Española (OEVV) y Comunitaria (OCVV) de Variedades Vegetales. Málaga.	Extensión a 2026 de la prórroga del convenio de encomienda de gestión para el registro de variedades de fresa.
		Mejora de fresas. Málaga.	Ensayos para la valoración de selecciones del programa de mejora de fresas nuevos materiales s.a.
		Conservación a largo plazo de más de 800 accesiones del género Fragaria mediante la combinación de métodos in vivo e in vitro. Málaga.	Conservación del banco de germoplasma de fragarias.
		Estudio de la variación natural de la fresa. Málaga.	Explotación de la variación natural de la fresa para mejorar la calidad del fruto y la eficiencia en el uso del agua.
	Mora (Rubus spp.)	Mejora de material vegetal. Alameda del Obispo, Córdoba.	Innovación biotecnológica para la mejora de material vegetal en el cultivo de la mora: calidad organoléptica y resiliencia ambiental.
	Melocotonero y ciruelo (Prunus persica y Prunus salicina)	Mejora de germoplasma y varietal. Alameda del Obispo, Córdoba.	Estudio de mejora varietal y banco de germoplasma de las especies Prunus persica y Prunus salicina.

Aguacate (<i>Persea americana</i>)	Evaluación de acolchados para mejorar la salud del suelo y reducir enfermedades. Málaga.	Efecto del uso de distintos tipos de acolchados (plástico frente a orgánico) en la salud del suelo/estructura del suelo y en el comportamiento agronómico del aguacate.
Diversos cultivos	Diagnóstico molecular de plagas y hongos asociados. Málaga.	Identificación molecular y caracterización de individuos de <i>Euwallacea fornicatus</i> sensu lato y hongos simbioses.
Hortícolas	Conservación de los recursos hortícolas en Andalucía. La Mojonera, Almería.	Banco de germoplasma de hortícolas del IFAPA.
Leguminosas de interés agrícola y alimentario	Conservación de colecciones de semillas de especies leguminosas para agricultura y alimentación. Alameda del Obispo (Córdoba).	Conservación del banco de germoplasma de leguminosas.
Fragarias (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> y especies silvestres)	Conservación de más de 800 accesiones mediante conservación in vivo e in vitro. Málaga.	Conservación del banco de germoplasma de fragarias.
Pitaya (<i>Hylocereus</i> spp.) y maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	Mejora genética de cultivos tropicales emergentes para selección varietal y adaptación agronómica. Alameda del Obispo (Córdoba).	Proyecto de mejora genética en pitaya y maracuyá.
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	Estudio de los factores ambientales que afectan a la floración y al cuajado en las condiciones de la Axarquía malagueña. Málaga.	Evaluación de los limitantes ambientales en la época de floración para optimizar el cuajado de mango en las condiciones de la Axarquía malagueña.
Frutos rojos	Aplicación de cisgénesis para la mejora genética de frutos rojos. Alameda del Obispo (Córdoba).	Proyecto de fitomejoramiento de frutos rojos mediante cisgénesis.
Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>), arándano	Obtención y evaluación de nuevas variedades de frutos rojos adaptadas a las condiciones productivas andaluzas. Huelva.	Programa de mejora varietal en frambuesa, arándano y mora.

	(Vaccinium spp.) y mora (Rubus spp.)		
	Cereales	Mejora de la estabilidad del rendimiento frente a estrés biótico y abiótico. Las Torres (Sevilla) y Alameda del Obispo (Córdoba).	Mejora de la Estabilidad del Rendimiento de Cereales frente a Desafíos por estrés biótico y abiótico.
	Leguminosas	Incremento de la competitividad de los programas europeos de mejora genética de leguminosas y sostenibilidad de los cultivos. Alameda del Obispo (Córdoba).	Breeding European Legumes for Increased Sustainability (BELIS).
	Olivo (Olea europaea)	Conservación de variedades de olivo en la Colección de Referencia del Banco Mundial de Germoplasma de Olivo. Alameda del Obispo (Córdoba).	Conservación del banco mundial de germoplasma de olivo.
		Adaptación al estrés hídrico y mejora genética. Alameda del Obispo, Camino de Purchil, Venta del Llano (Córdoba, Granada y Jaén, respectivamente).	Variabilidad fenotípica e interacción genotipo-ambiente de la adaptación a estrés hídrico en olivo.
		Estudio de la diversidad genética. Alameda del Obispo (Córdoba).	Estudio de la diversidad genética para composición acídica y compuestos menores en una colección mundial de variedades de olivo y su interacción genotipo-ambiente.
		Desarrollo de estrategias integradas para mitigar el impacto de Xylella fastidiosa en Europa mediante investigación, innovación y manejo fitosanitario. Alameda del Obispo (Córdoba).	Beyond Xylella, Integrated Management Strategies for Mitigating Xylella fastidiosa Impact in Europe (BeXyl).

		Obtención de material vegetal de olivo mediante mutagénesis para evaluar la resistencia a Xylella fastidiosa. Alameda del Obispo (Córdoba).	Generation of Olive Vegetal Material for Mutation and Subsequent Xylella fastidiosa Resistance Evaluation.
	Garbanzo (Cicer arietinum)	Introducción de nuevas fuentes de resistencia a la rabia (ascoquitosis). Alameda del Obispo (Córdoba).	Introducción de nuevas fuentes de resistencia a rabia en variedades de garbanzos desarrolladas en la comarca de Campo de Tejada.

Anexo 2

Tabla 4. Inventario básico de organismos públicos de investigación en tecnologías de adaptación al cambio climático. Elaboración propia basada en fuentes públicas

Comunidad Autónoma/Ámbito	Organismo	Función/Descripción	Tecnologías / Líneas de investigación en adaptación al cambio climático
Gobierno de España	Oficina Española de Cambio Climático (OECC)	Adscrita a MITECO	• Evaluación de vulnerabilidad de los ecosistemas y el sector agrario. • Planificación de la adaptación mediante el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). • Posee la plataforma AdapteCCa (Ver Visor de Escenarios) para evaluar escenarios climáticos futuros.
	Fundación Biodiversidad	Financia múltiples proyectos enfocados en la resiliencia territorial agrícola y ganadera	• Mejora Genética y Biotecnología: Creación de nuevas variedades de cultivos (como cereales y leñosos) mediante selección avanzada para resistir sequías prolongadas, salinidad y golpes de calor (Ver Estudio de la SEAE y AdapteCCa). • Agricultura de Precisión e IA: Uso de sensores, drones y sistemas de información geográfica para optimizar el riego y monitorear la salud de las plantas frente a eventos climáticos extremos. (Ver Foro Económico Mundial sobre tecnologías). • Gestión de Suelos y Ecorregímenes: Fomento de técnicas apoyadas por la PAC como el uso de cubiertas vegetales,

			siembra directa y agricultura de carbono para mejorar la retención de agua y proteger los campos frente a la erosión. • Agroclimatología y Modelos Predictivos: Integración de los datos de la AEMET para anticipar sequías, olas de calor y adaptar los ciclos y fechas de siembra de los cultivos.
	Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	Cuenta con múltiples institutos de referencia que investigan la biotecnología agrícola en España y tiene diferentes áreas de Investigación Tecnológica de vanguardia orientadas a la soberanía alimentaria y la adaptación al cambio climático	• Edición Genética: Uso de CRISPR/Cas9 para desarrollar variedades de mayor valor añadido. • Fenómica y Robótica: Empleo de drones para escanear parcelas y monitorizar el comportamiento de los cultivos. • Microbiología del Suelo: Estudio de hongos y bacterias que facilitan la captación de nutrientes y reducen el uso de fertilizantes químicos.
	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC)	Principal motor científico	• En su <u>Centro de Recursos Fitogenéticos</u> investiga, conserva y mejora el material vegetal para crear variedades de cultivo más tolerantes al estrés hídrico y a las altas temperaturas (Ver <u>Blog del INIA sobre adaptación</u>).
	Instituto de Agrobiotecnología (IdAB-CSIC)	Centro mixto con el Gobierno de Navarra en Mutilva	• Destaca por sus investigaciones en biología molecular de patógenos, biotecnología vegetal aplicada, fijación de nitrógeno y bioestimulantes para la agricultura sostenible.
	Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC)	Situado en Córdoba	• Está enfocado en la mejora genética vegetal (cereales, leguminosas, olivo) utilizando técnicas avanzadas como CRISPR/Cas9, transcriptómica y tecnologías de fenotipado.
	Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA-CSIC)	Con sede en Canarias.	• Su grupo de Agrobiotecnología se especializa en nutrición vegetal, fertilidad de suelos y aprovechamiento de subproductos.

Galicia	Las tecnologías de adaptación al cambio climático en los cultivos de Galicia incluyen la agricultura de precisión (IA, drones y robots en cultivos de maíz y patata), y el uso de variedades de vid adaptadas a la subida de temperaturas. ✓ Agricultura de precisión: Iniciativas como el proyecto Precigal integran IA, drones y sensores de Internet de las Cosas) para optimizar cultivos estratégicos como el maíz y la patata. ✓ Viticultura y Enología: La Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA) mantiene un banco de germoplasma con docenas de variedades de vid autóctona para afrontar los desafíos climáticos en la elaboración del vino. ✓ Tecnologías espaciales: El proyecto europeo AgroSpace, en el que participa la Universidad de Vigo (UVigo), utiliza la observación de la Tierra y tecnologías aeroespaciales para modernización agrariagénica de maíz, patata y básicas, conservación de germoplasma.		
	Misión Biológica de Galicia (MBG)	Salcedo, Pontevedra	• Conservación de germoplasma autóctono y la mejora genética de cultivos tradicionales gallegos (como el maíz, la patata y las brásicas) para hacerlos más resistentes a plagas y sequías.
	Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG)	Santiago de Compostela (A Coruña)	• Enfocado en la biotecnología aplicada a especies vegetales, fitorremediación y conservación de ecosistemas agrícolas y forestales frente al estrés climático.
	Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)	Mabegondo, Abegondo (A Coruña)	• Investiga prácticas agrarias, sistemas forrajeros y la adaptación de cultivos extensivos y leñosos a las condiciones edafoclimáticas gallegas.
	Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA)	Leiro (Ourense, Galicia)	• Focalizado en la adaptación tecnológica del sector vitivinícola frente a la subida de temperaturas y la alteración de los ciclos de la vid.
	Universidad de Vigo (Campus Auga): Instituto de Agroecología	Tiene como objetivo la transición hacia sistemas agroalimentarios resilientes	• Tecnologías agroecológicas y digitales.
Aragón	Tecnologías y Estrategias Aplicadas: ✓ Mejora Genética y Edición Génica: Desarrollo de cultivos con menor necesidad de frío invernal y mayor resistencia al estrés hídrico (destacan proyectos locales con el melocotón y cerezos siempreverdes, así como los avances en trigo).		

	✓ Agroecología y Agricultura del Carbono: Uso de biofertilizantes de liberación controlada y prácticas de agricultura regenerativa para retener el carbono orgánico en el suelo, reducir el uso de químicos y combatir la desertificación. ✓ Plataformas de Riesgos Climáticos y Riego Inteligente: Herramientas digitales (como <i>Agrodigi</i> o <i>Controlhydro</i>) que combinan el procesamiento de imágenes por satélite con el <i>Internet de las Cosas (IoT)</i> para predecir sequías y gestionar el riego de forma hiper-eficiente en viñedos y olivares.		
	Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA)	Principal motor autonómico	• Coordina proyectos clave de los planes Agroalnext y estudios europeos enfocados en el estudio de la biodiversidad agrícola y frutales.
	Estación Experimental de Aula Dei (dependiente del CSIC) (EEAD-CSIC)	Con sede en Zaragoza	• Destaca por sus investigaciones punteras en el departamento de genética y mejora vegetal, buscando variedades de trigo y frutales adaptadas al aumento de temperaturas y a las nuevas técnicas genómicas.
	Centro Tecnológico CIRCE	Zaragoza	• Especializado en el desarrollo de plataformas de riesgos climáticos y medidas de adaptación tecnológica.
	UAGA: La Unión de Agricultores y Ganaderos (UAGA)	Zaragoza	• Impulsora directa de proyectos en campo (como <u>CLIMAFRUT</u>) para que el sector aplique la tecnología para anticipar fenómenos extremos.
Cataluña	Las tecnologías de adaptación al cambio climático en especies de cultivo en Cataluña se centran en el desarrollo de la agricultura regenerativa, la agricultura del carbono y la mejora genética. Estas estrategias buscan reducir la vulnerabilidad agraria frente a sequías y altas temperaturas, siendo impulsadas por una red de organismos, centros de investigación y marcos estratégicos de distinto ámbito. Tecnologías y Estrategias Implementadas en Cultivos: ✓ Agricultura Regenerativa y del Carbono: Se evita el labrado del suelo para favorecer el secuestro de carbono y la retención de agua en cultivos extensivos y leñosos. El proyecto europeo LIFE AgroForAdapt fomenta la integración de árboles, arbustos y cultivos para mejorar la resiliencia del sector. ✓ Mejora Genética y Biotecnología: En centros como el CRAG, se investiga la tolerancia al estrés hídrico y térmico de cultivos mediterráneos (como el cereal, el olivar y el almendro) para modificar o seleccionar especies con mayor resistencia.		

✓ Agricultura de Precisión e IA: Uso de sensores y macrodatos para el uso eficiente del agua de riego, la monitorización de estrés en plantas y la aplicación localizada de fitosanitarios. ✓ Proyectos y Planes de Acción Regionales. ✓ Estrategia ESCACC30: Marco legal de la Generalitat de Cataluña que aglutina todas las medidas operativas para adaptar el sistema agroalimentario, mitigar la vulnerabilidad territorial y fomentar paisajes agrícolas adaptados. ✓ Life eCOadapt50: Iniciativa participativa Life eCOadapt50 desplegada en 19 territorios catalanes (como el Alt Penedès) que implementa la planificación local de adaptación climática.		
Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF)	Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	• Colabora estrechamente en el estudio de la ecología terrestre y la agricultura del carbono. • Gestiona fincas de ensayo como Mas Planeses para promover la agronomía resiliente.
Centro de Investigación en Agrogenómica (CRAG)	Bellaterra, Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	• Investigador de vanguardia en la base molecular de las plantas. • Desarrolla biotecnología para adaptar los caracteres genéticos de los cultivos a condiciones climáticas adversas.
Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC)	Solsona (Lleida)	• Trabaja en la adaptación a través de la gestión multifuncional y el fomento de sistemas agroforestales resilientes.
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA)	Referente en investigación agraria en Cataluña	• Lidera proyectos como <u>AgriCarboniCat</u> y estudios sobre <u>agricultura regenerativa</u> y salud del suelo para retener humedad y capturar carbono.
El Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales (ICTA-UAB)	Instituto	• Evalúa las estrategias y tecnologías para una economía sostenible y la transición ecológica.
Oficina Catalana del Cambio Climático	Adscrita a la Generalitat, es el organismo gubernamental que dicta las directrices autonómicas	• Coordinación de la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático (<u>ESCACC30</u>).

Castilla y León	La adaptación de los cultivos al cambio climático está impulsada principalmente por el <u>ITACyL</u> y la <u>Junta de Castilla y León</u>. Las tecnologías aplicadas incluyen modelos predictivos, agricultura de precisión, modernización de regadíos, sistemas agroforestales y la introducción de cultivos alternativos frente al estrés hídrico. Tecnologías y Estrategias de Adaptación: ✓ Agricultura de precisión y telecontrol: Uso de sensores, estaciones meteorológicas e imágenes por satélite para optimizar el riego y el uso de insumos, reduciendo así la vulnerabilidad frente a sequías. ✓ Mejora genética y control fitoclimático: Empleo de modelos de análisis (como las herramientas desarrolladas en el proyecto FITOCLIM) para seleccionar y adaptar especies, así como el desarrollo de programas de mejora genética en cultivos básicos como la remolacha azucarera. ✓ Sistemas Agroforestales: Proyectos europeos como LIFE AgroForAdapt promueven la combinación deliberada de árboles con cultivos (sistemas silvoarables) para protegerlos de las altas temperaturas y mejorar el microclima. ✓ Cultivos Alternativos: En respuesta a la sequía y la degradación del suelo, se ensaya la introducción de especies muy resilientes como el amaranto, capaz de soportar calor extremo y estrés hídrico mediante fotosíntesis C4.		
	Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL)	Lidera la labor científica aplicada en el sector	• Sus líneas incluyen el desarrollo de nuevas técnicas agronómicas, modelización de cultivos y evaluación de variedades adaptadas a las nuevas condiciones térmicas.
	Junta de Castilla y León (Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural) Entidades colaboradoras: Iniciativas como AGROINNOVACyL (junto a Urcacyl, Agropal, Cobadu y Acor)	Trabajan en ensayos de campo para mejorar la resiliencia de los cultivos extensivos.	• Gestiona la transferencia de tecnología al campo y coordina las ayudas a la mitigación y adaptación climática en el marco de la PAC
Castilla-La Mancha	La región cuenta con la Estrategia de Cambio Climático (apoyada por la plataforma Adapteca para reducir la vulnerabilidad del campo castellano-manchego. Además, proyectos como AgriAdapt de la <u>Fundación Global Nature</u> aplican estas soluciones directamente en olivares y viñedos.		

	Tecnologías y Estrategias de Adaptación en Cultivos: ✓ Manejo Integral del Agua y Riego de Precisión: Los estudios de la UCLM se enfocan en optimizar la demanda hídrica de los cultivos de regadío y mejorar la eficiencia. ✓ Ecofisiología de Cultivos Regionales: A través del grupo del IRIAF, se analiza la respuesta de la vid o el pistacho a estreses abióticos (sequía, altas temperaturas) y la variabilidad intra-específica para seleccionar genéticas más adaptables. ✓ Cubiertas Vegetales: Implementación técnica en cultivos leñosos (viñedo, olivar) para mejorar la infiltración del agua y proteger el suelo de la erosión frente a eventos climáticos extremos Actividades.		
	Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal (IRIAF) Agrupación de centros especializados como el IVICAM y el CIAPA	Estudian la resiliencia en cultivos leñosos.	• Las tecnologías están enfocadas en riego de precisión <u>CREA</u>, ecofisiología vegetal y agricultura de resiliencia hídrica para cultivos estratégicos como la vid, el olivo y el pistacho.
	Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)	Ciudad Real, Albacete, Cuenca y Toledo (Castilla-La Mancha). Rectorado en Ciudad Real.	• Lidera estudios sobre el impacto del clima en los recursos hídricos y agrarios a través de su centro CREA.
	Jardín Botánico CLM	Entidad	• Colabora en la caracterización y conservación de especies y variedades tradicionales manchegas frente a las nuevas condiciones climáticas JBCLM.
Comunidad Valenciana	Tecnologías de Adaptación Desarrolladas: ✓ Agricultura de Precisión y Digitalización: Uso de sensores de humedad, drones e IA (como en el proyecto SMART CLIMATE AGRI-PV) para optimizar el riego y minimizar el estrés hídrico frente a sequías prolongadas. ✓ Biotecnología y Cultivos In Vitro: Empresas biotecnológicas valencianas como ValGenetics y COTEVISA aplican técnicas de saneamiento vegetal y micropropagación para crear clones y cultivos más robustos, libres de enfermedades y adaptados a las exigencias térmicas.		

	✓ Sistemas Agrovoltáicos: Integración de la producción agrícola con paneles solares, permitiendo proteger los cultivos del exceso de radiación solar y reducir la evaporación del agua. ✓ Infraestructuras Verdes y Biodiversidad: Fomento de setos y cubiertas vegetales para proteger los suelos de la erosión y favorecer el control natural de plagas.		
	Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)	Dependiente de la Generalitat Valenciana, es el centro de referencia para la agricultura mediterránea	• Investiga la fisiología de cultivos leñosos, la eficiencia hídrica, y desarrolla nuevas variedades vegetales resistentes a la sequía y al estrés térmico (como sus estudios en el cultivo del boniato).
	Universitat Politècnica de València (UPV)	A través del Instituto COMAV, se dedica a la conservación y mejora genética de hortalizas autóctonas	• Aplica la introgresión para introducir genes silvestres de resistencia climática en los cultivos.
	Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE)	Centro mixto del CSIC, la Universitat de València y la Generalitat	• Estudia el impacto de la erosión y la escasez de agua en los agroecosistemas.
	Asociación Valenciana de Agricultores (AVA-ASAJA)	Lidera proyectos propios y cuenta con su <u>finca experimental Sinyent</u>	• Testan nuevas tecnologías agrícolas y variedades en condiciones climáticas reales.
Región de Murcia	Tecnologías de Adaptación en Cultivos: ✓ Mejora Genética y Biotecnología: Desarrollo de nuevas variedades de frutales (melocotón, uva de mesa) y hortícolas que toleran mejor la salinidad, el calor y la sequía. ✓ Agricultura de Precisión y Teleobservación: Monitorización de necesidades de riego mediante satélites, drones y redes de estaciones climáticas. ✓ Fertirriego Inteligente y Digitalización: Uso de plataformas y sensores <u>Agrocomponentes</u> o sistemas de Agritech Murcia para optimizar agua y gestionar la climatización en cultivos protegidos. ✓ Agricultura de Carbono y Regenerativa: Técnicas de manejo de secano para transformar los campos en sumideros de carbono, mejorar la estructura del suelo y mitigar la desertificación.		

	IMIDA	Instituto dependiente de la Comunidad Autónoma	• Centrado en adaptar la agricultura mediterránea al estrés hídrico y térmico.
	Centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS-CSIC)	Desarrolla los trabajos científicos en agricultura, recursos naturales, biotecnología vegetal.	• Investiga la fisiología vegetal, la mejora genética y el uso eficiente del agua en el suelo.
	Agritech Murcia	Plataforma de empresas y centros tecnológicos regionales especializada en tecnología agrícola aplicada	• Riego, automatización e invernaderos.
	Universidad de Murcia (UMU)	Impulsa proyectos clave como el LIFE AMDRYC4	• Regeneración de suelos.
Extremadura	La actividad se centra en el uso de riego de precisión, sensorización, selección de variedades adaptadas y técnicas de agricultura de conservación. Tecnologías y Estrategias Implementadas: ✓ Sensorización y Riego Automatizado: Aplicación de riego deficitario controlado en cultivos leñosos como el olivar, cerezo y vid para reducir el consumo de agua sin mermar la producción. ✓ Agrovoltaica: Modelos pioneros que combinan la instalación de plantas fotovoltaicas con cultivos (plantas aromáticas y medicinales) y ganadería ovina, protegiendo las especies del estrés térmico. ✓ Nuevas Técnicas Genómicas (NTGs): Apoyo y avance en la adopción de normativas europeas para desarrollar cultivos más resilientes y con menor necesidad de insumos hídricos y fertilizantes en plazos más cortos. ✓ Cubiertas Vegetales: Práctica de agricultura de conservación muy extendida en la región para retener la humedad del suelo, evitar la erosión y mejorar la fertilidad.		
	CICYTEX	Gestiona diversos institutos y áreas centradas en la fruticultura mediterránea, el olivar y la dehesa	• Desarrollan proyectos como <i>ET-AGROS</i>, centrado en el uso de sensores y tecnologías de riego frente a la sequía, y <i>ADAPFRUIT</i>, enfocado en nuevas técnicas para especies frutales.
	Universidad de Extremadura (UEX)	Participa a través de grupos de investigación,	• Mejora genética de especies forestales y agrícolas frente a estrés hídrico y térmico.

		colaborando en iniciativas como el proyecto AFCLIMA-DEMO (junto a TRAGSA)	
	Administración Autonómica: Junta de Extremadura	Articula sus planes de acción climática mediante la Estrategia de Cambio Climático y el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrícola	• Disponible en el portal Adapteca.
Andalucía	Los estudios se centran en la búsqueda y aplicación de tecnologías para adaptar los cultivos al cambio climático (sequía, altas temperaturas y estrés hídrico). Tecnologías de Adaptación y Proyectos: ✓ Tecnologías de vanguardia enfocadas en el uso eficiente del agua, la mejora genética y la agricultura de precisión. ✓ Agua e Internet de las Cosas): Proyectos como <u>AQUAIA</u> aplican sistemas ciberfísicos e IA para optimizar el riego, mientras que plataformas como TIC for Bio combinan sensores en el suelo y datos satelitales para reducir la huella hídrica en cultivos como el olivar ecológico. ✓ Robótica y Agricultura Inteligente: El proyecto europeo LIFE-ACCLIMATE integra IA, robótica aérea/terrestre y sensores para cultivos de invernadero, especialmente en zonas como Almería. ✓ Mejora Genética y Bioinsumos: El IFAPA y el CSIC trabajan en la creación de mapas genéticos y bioinnovaciones orientadas a obtener cultivos más tolerantes a estreses térmicos.		
	Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)	Dependiente de la Junta de Andalucía, es el principal organismo autonómico.	• Destaca por su Laboratorio de Sequía y Clima Futuro ubicado en Córdoba, pionero a nivel mundial para simular escenarios de estrés térmico e hídrico en especies mediterráneas (olivo, almendro, vid).
	Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC)	Con sede en Córdoba	• Investiga el manejo sostenible y la conservación del suelo para hacer frente a la desertificación y el cambio global.

	Andalucía Agrotech EDIH	Clúster y consorcio público-privado	• Acelera la transformación digital del agro, impulsando el uso de tecnologías disruptivas.
Canarias	Tecnologías y Proyectos Principales: Gestión Eficiente del Agua ✓ Plataforma SICMA Canarias: Tecnología de alta resolución (100x100 metros) que modela variables climáticas insulares para optimizar la gestión hídrica y garantizar el suministro agrícola. ✓ Proyecto ADAPTaRES (desarrollado por el ITC): Fomenta el uso eficiente y la reutilización de aguas regeneradas en la agricultura. ✓ Agricultura Inteligente y Climática (Smart Agriculture): desarrollo de la herramienta VidDATA, creada por el ITER para la consulta climática y la planificación del sector vitivinícola frente al calentamiento global. ✓ Conservación y Suelo: desarrollo del Banco de Semillas de El Hierro, un proyecto para preservar la biodiversidad y el patrimonio agrícola local mediante variedades más resilientes. ✓ Proyecto Vercochar (ICIA): Investiga la regeneración de suelos agrícolas degradados utilizando residuos orgánicos transformados para aumentar la resiliencia contra la sequía. ✓ Agrovoltaica: regulación de la tecnología agrovoltaica, que combina la producción de energía solar con el cultivo, protegiendo las plantas de la radiación excesiva y reduciendo la evaporación del agua.		
	Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)	Ente autónomo del Gobierno regional	• Investiga la agricultura sostenible, la regeneración de suelos y la eficiencia de riegos.
	Instituto Tecnológico de Canarias (ITC)	Empresa pública centrada en I+D+i	• Impulsando la transformación tecnológica y sostenible del campo canario.
	Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER)	Centro del Cabildo de Tenerife	• Especializado en energías renovables y desarrollo de software aplicado al clima y la agricultura.
	Portal de Cambio Climático del Gobierno de Canarias	Centraliza toda la información científica	• Posee mapas de riesgo y proyectos de adaptación.
Illes Balears	Tecnologías y Estrategias de Adaptación: ✓ Teledetección y Alerta de Sequía: Desarrollo de herramientas basadas en índices de vegetación (como el NDVI) para monitorizar el estrés hídrico de los cultivos y optimizar el riego.		

	✓ Agricultura Regenerativa: Manejo del suelo para aumentar su materia orgánica y capacidad de retención de agua, clave ante la escasez de precipitaciones. ✓ Innovación en Cultivos Leñosos: Proyectos de investigación específicos para adaptar cultivos tradicionales mediterráneos como la viña, el olivo y el almendro frente a los escenarios climáticos futuros. ✓ Economía Circular y Bioestimulantes: Transformación de subproductos agrícolas en materiales de alto valor (ricos en carbono y nutrientes) mediante fermentación, para mejorar la resiliencia de las plantas. ✓ Reconversión y Recuperación: Ayudas autonómicas (financiadas en parte por el Impuesto de Turismo Sostenible) para diversificar cultivos y replantar especies leñosas adaptadas al clima insular.		
	Conselleria d'Agricultura, Pesca i Medi Natural	Dirección General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural	• Coordina las políticas autonómicas de adaptación.
	Instituto de Investigación y Formación Agroalimentaria y Pesquera (IRFAP)	Brazo ejecutor de proyectos de investigación	• Estudian variedades más resistentes y gestión de suelos frente a la sequía.
	PlantMed (UIB)	Grupo de investigación de Biología de las plantas en condiciones de estrés de la Universidad de las Islas Baleares	• Enfocado en cómo responde la fisiología vegetal a la sequía y al cambio global.