ADAP TRIDUR

BUENAS PRÁCTICAS PARA
la adaptación al cambio climático en el
CULTIVO DEL TRIGO DURO EN CASTILLA Y LEÓN

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

Con el apoyo de:

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

Junta de Castilla y León

Presentación

ADAP TRIDUR

Este manual pretende explicar cómo es posible, a partir de una evaluación a escala local de los impactos climáticos esperados sobre la producción de trigo duro en los próximos 30 años, diseñar una estrategia de adaptación a escala de explotación que permita incrementar su resiliencia al cambio climático. Gracias a la experiencia desarrollada en las explotaciones piloto del proyecto GO Adaptridur, se han seleccionado 10 de las medidas de adaptación más prometedoras para hacer frente a este reto en Castilla y León. Agricultores, cooperativas agrarias e industria agroalimentaria pueden inspirarse en este manual para desarrollar sus propias estrategias de adaptación.

El Grupo Operativo Adaptridur, tiene entre sus objetivos estudiar el impacto del cambio climático en la producción cerealista, y específicamente el caso del trigo duro, tomando como escenario de referencia Castilla y León. Así, pretende evaluar las mejores prácticas de adaptación al cambio climático y poner en valor la eficacia de criterios para la protección de la biodiversidad en la producción del trigo duro. La iniciativa está promovida por el Grupo BC Servicios 2001 (Alma Prima), Valduebro Sociedad Coop, ITACYL y Fundación Global Nature.

Este grupo operativo es financiado por la Junta de Castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Competitividad de la Industria Agroalimentaria y de la Empresa Agraria a través de los fondos FEADER. Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural, de la Unión Europea.

DOCUMENTO ELABORADO POR:

Daniel Hernández Torres
Fundación Global Nature
Marzo 2021
info@fundacionglobalnature.org
www.fundacionglobalnature.org

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

Índice

00

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

ADAP TRIDUR

01. Agricultura y cambio climático //////////////////////// 06

02. El papel de las herramientas ACZ y FVT en la adaptación al cambio climático ////////////// 10

03. Resultados en las explotaciones piloto del Grupo Operativo Adaptridur //////////////////////////// 12

3.1. Indicadores Agroclimáticos identificados para el trigo duro (IACs) 13

3.2. Ejemplo de análisis de explotación piloto: Finca Cristo de Villahizán (Burgos) 16

04. Amenazas y oportunidades de los posibles impactos derivados del cambio climático en el cultivo del trigo duro ////////////////////////////// 20

05. Medidas clave para la adaptación al cambio climático en el cultivo del trigo duro ////////////// 22

5.1. Rotación de cultivos 24

5.2. Diversificación de cultivos 26

5.3. Laboreo superficial/Siembra directa 28

5.4. Análisis de suelos 30

5.5. Aplicación regular de materia orgánica 32

5.6. Siembra/cultivo de leguminosas 34

5.7. Ajuste de las fechas de siembra 36

5.8. Recolección con monitor de rendimiento y de contenido en proteína 38

5.9. Sistemas de riego eficientes y herramientas de ayuda a la toma de decisión en riego 40

5.10. Programa de Comercialización Diferenciada basado en criterios de sostenibilidad 42

06. Referencias bibliográficas ////////////////////////////// 44

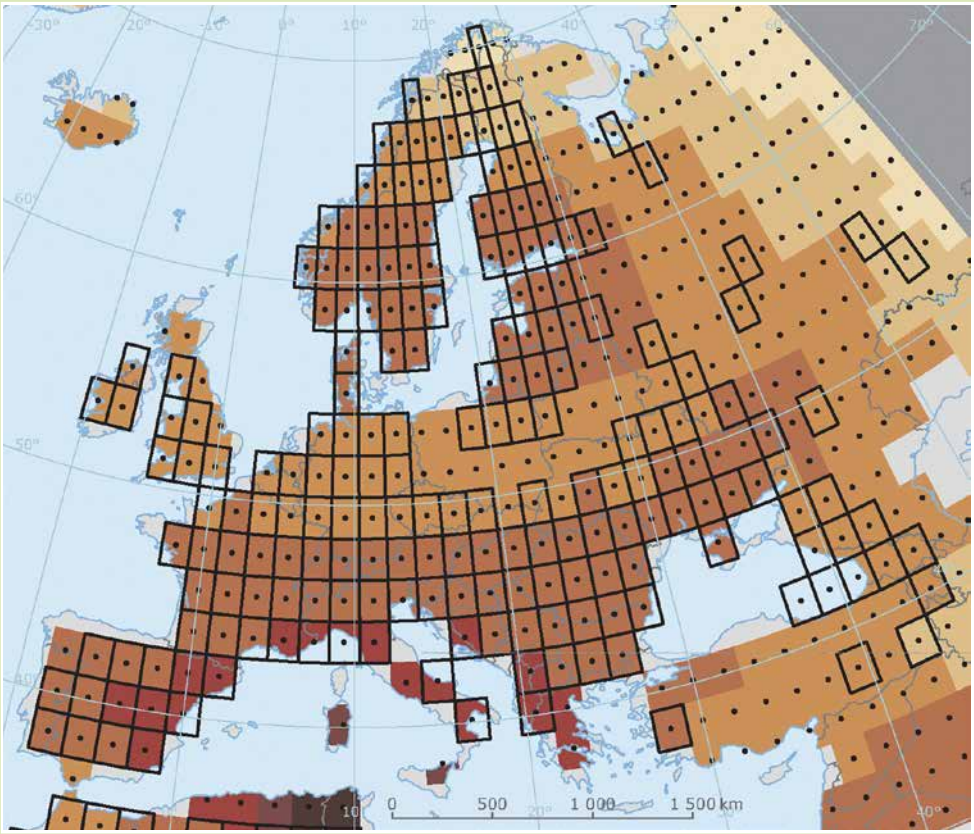
Agricultura y cambio climático

01

El cambio climático es un fenómeno planetario reconocido por un amplio consenso científico internacional, que afectará de manera dramática al agricultura y ganadería en el futuro inmediato.

En las últimas décadas se ha constatado un aumento general de las temperaturas, un aumento de los episodios de temperaturas extremas (olas de calor, noches cálidas), a la vez que las heladas son cada vez menos frecuentes (IPCC, 2014). Los patrones de lluvia han cambiado, de manera que en el sur de Europa recibimos hasta 70 mm de lluvia anuales menos que en la década pasada (EEA, 2012).

Concretamente, la región mediterránea será una de las más afectadas a nivel mundial, aunque se espera que el cambio climático no afecte por igual a la agricultura española en los diferentes territorios y zonas climáticas de España (atlántica, mediterránea norte, mediterránea sur, montaña mediterránea, etc.), dada la compleja orografía.



TENDENCIAS EN DÍAS CÁLIDOS OBSERVADAS EN EUROPA ENTRE 1960 Y 2017

Días/Década

- <5
- 5-6
- 6-7
- 7-8
- 8-9
- 9-10
- >10
- No hay datos
- No contemplado

Figura 01 //// **Tendencia en el número de días cálidos en Europa (1960-2017). Fuente: EEA 2016.**

Aunque la agricultura seguirá siendo factible en el futuro, se espera que los eventos climáticos extremos tengan consecuencias negativas, exponiendo el sector a mayor incertidumbre económica en tanto que los episodios de calor extremo y la reducción de las precipitaciones y la disponibilidad de agua pueden lastrar la productividad de los cultivos, a la vez que se acentúan la sequía, los veranos tórridos, las lluvias torrenciales, etc., contribuyendo a un mayor riesgo de desertificación y pérdida de biodiversidad.

Comparativamente, en otras regiones de Europa, el cambio climático podrá ser favorable para el cultivo en ciertas zonas, por lo que la competitividad de la agricultura española puede verse amenazada. En general, las temperaturas ya están afectando los periodos vegetativos de los cultivos y su rendimiento, y en el futuro cercano la expansión de la agricultura en regadío se topará con las limitaciones a la disponibilidad de agua.

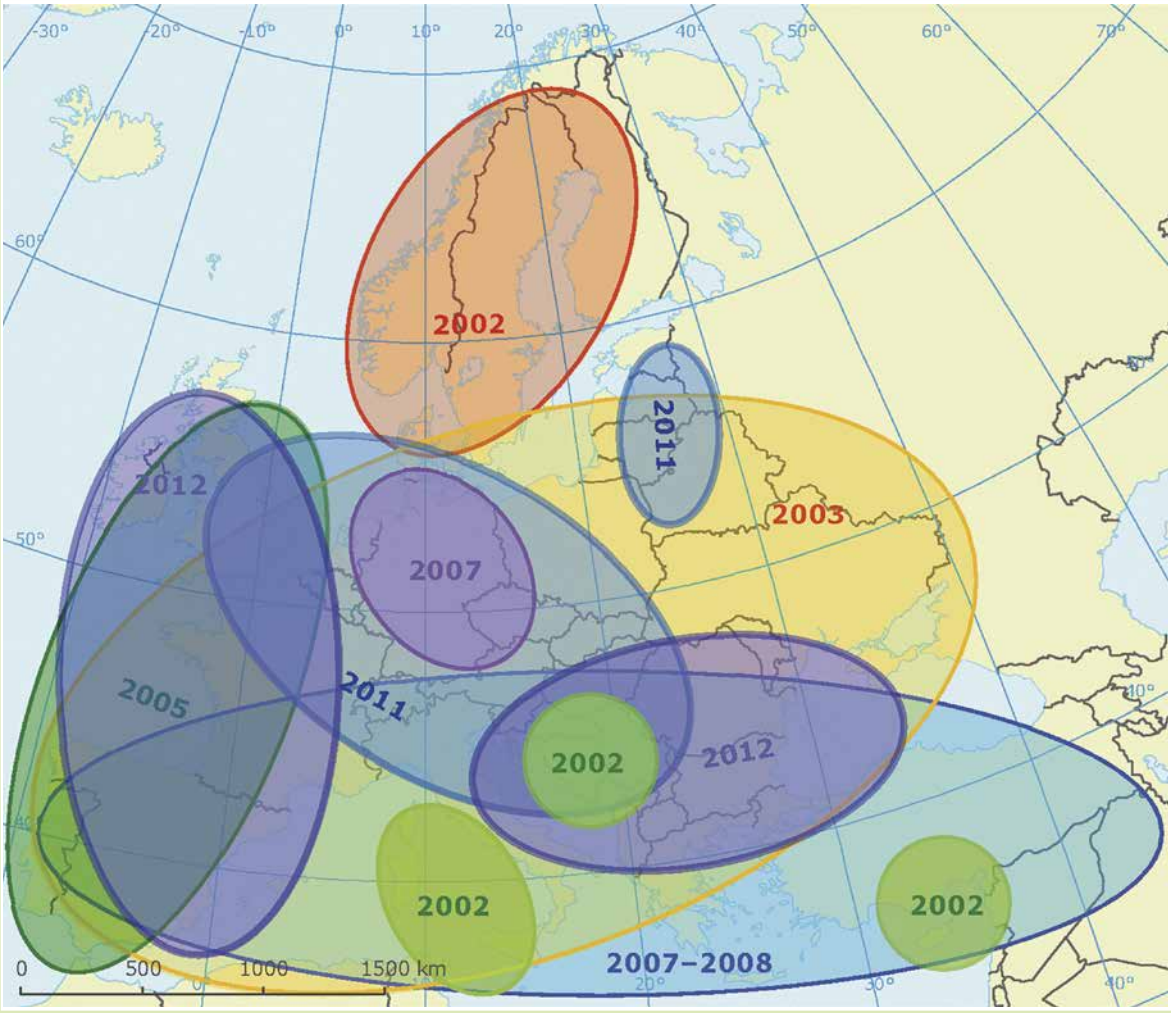


Figura 02 //// **Episodios de escasez de agua y sequía en Europa durante la última década. Fuente: EEA 2012.**

En el caso de los **cereales**, se ha identificado una gran vulnerabilidad al cambio climático, no solo por la escasez de agua, sino también por el aumento de temperaturas. Dos o más días con temperaturas máximas superiores a 30ºC en mayo o junio provoca un asurado del grano en su fase de llenado que afecta significativamente a la calidad, y las proyecciones muestran que esto ocurrirá más frecuentemente en el futuro cercano.

Por ello, ante la amenaza del cambio climático, **el área mediterránea necesita urgentemente soluciones prácticas de adaptación**. Teniendo en cuenta que la agricultura es causante de aproximadamente el 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan este cambio climático, el sector tiene un papel clave a la hora de promover **prácticas agrarias que combatan el cambio climático** y constituye, por lo tanto, una potente herramienta para mejorar las condiciones climáticas y además preservar la naturaleza y aumentar la viabilidad del sector.

Figura 03 //// **Pívot para riego en cultivos herbáceos.**

El papel de las herramientas ACZ y FVT en la adaptación al cambio climático

02

Para concretar los impactos del cambio climático en el futuro cercano en el cultivo de cereales, es necesario emplear herramientas que sean capaces de modelizar cómo se comportará el clima en los próximos años.

En este estudio se empleó la herramienta ACZ (Agro Climatic Zone) y FVT (Farm Vulnerability Tool), desarrolladas en el marco del proyecto LIFE AgriAdapt, y empleadas en más de 150 explotaciones piloto en toda Europa.

¿PERO CÓMO FUNCIONAN ESTAS HERRAMIENTAS?

/// En primer lugar, en la ACZ Tool se introducen datos climáticos del periodo de los últimos 30 años de las estaciones meteorológicas en un territorio de estudio delimitado en cuadrículas de 25x25 km.

/// En segundo lugar, se recogen estas mismas variables obtenidas de proyecciones de los 30 próximos años a partir del portal europeo Agri4Cast, para las mismas cuadrículas de 25x25 km. También se obtienen los datos modelizados de los pasados 30 años para mejorar las estimaciones.

/// Se introducen también los datos de rendimientos de cultivo, con las variaciones de los últimos 15 años, a escala provincial o por explotación (si los datos de las mismas están disponibles).

El análisis de la ACZ Tool permite cruzar, calcular y analizar estos datos, de los cuales se pueden obtener hasta 67 indicadores agroclimáticos (IACs) para la agricultura española.

Tras recopilar datos de explotaciones específicas, se emplea la FVT para traducir estos riesgos climáticos generales en una evaluación individual de la vulnerabilidad de cada explotación a partir de su contexto agronómico, económico y ambiental y así conocer su vulnerabilidad.

Juntando estas evaluaciones y prestando atención a los IACs, podemos diagnosticar los riesgos a los que se expone la producción de trigo duro en el futuro cercano.

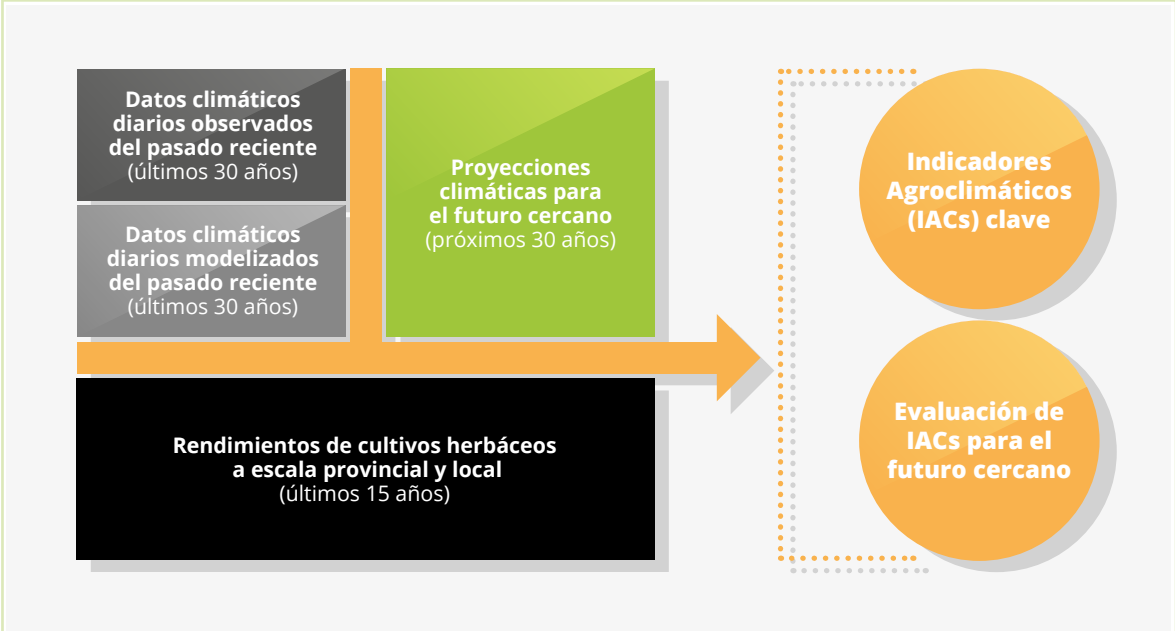


Figura 04 //// **Datos incorporados para la evaluación de riesgos climáticos y resultados obtenidos.**

Resultados en las explotaciones piloto del Grupo Operativo Adaptridur

03

Se ha elaborado un estudio de riesgos climáticos para las tres explotaciones piloto del proyecto, localizadas en las provincias de Burgos y Palencia y que suman entre las tres 2.100 ha de terreno. Su superficie está destinada mayoritariamente a cultivos herbáceos, entre ellos el trigo duro. A continuación, se muestran algunos planos con su ubicación espacial y la realidad climatológica actual atendiendo a diversas variables climáticas.

Las tres fincas analizadas se componen por numerosas parcelas con diferentes características. Algunas mantienen un sistema de secano tradicional, mientras que otras cuentan con sistemas de riego modernos apoyados por sistemas de mejora de la eficiencia del riego. También algunas cuentan con sistemas de control de plagas y enfermedades modernos y sofisticados. Algunas están apoyadas por actividades ganaderas; otras son ricas en biodiversidad y están muy integradas con el paisaje de ríos, montes y espacios forestales. La mayoría presentan rotaciones de cultivos muy interesantes, realizan barbechos, etc.

En resumen, esta riqueza de casuísticas ha permitido tener una perspectiva de cómo los impactos potenciales del cambio climático afectan a una explotación típica de Castilla y León. En todos los casos, se estima que las explotaciones se verán afectadas negativamente en el futuro cercano, aunque se han identificado algunas medidas que les protegen de estos efectos adversos modelizados en nuestro análisis.

3.1 Indicadores Agroclimáticos identificados para el trigo duro (IACs)

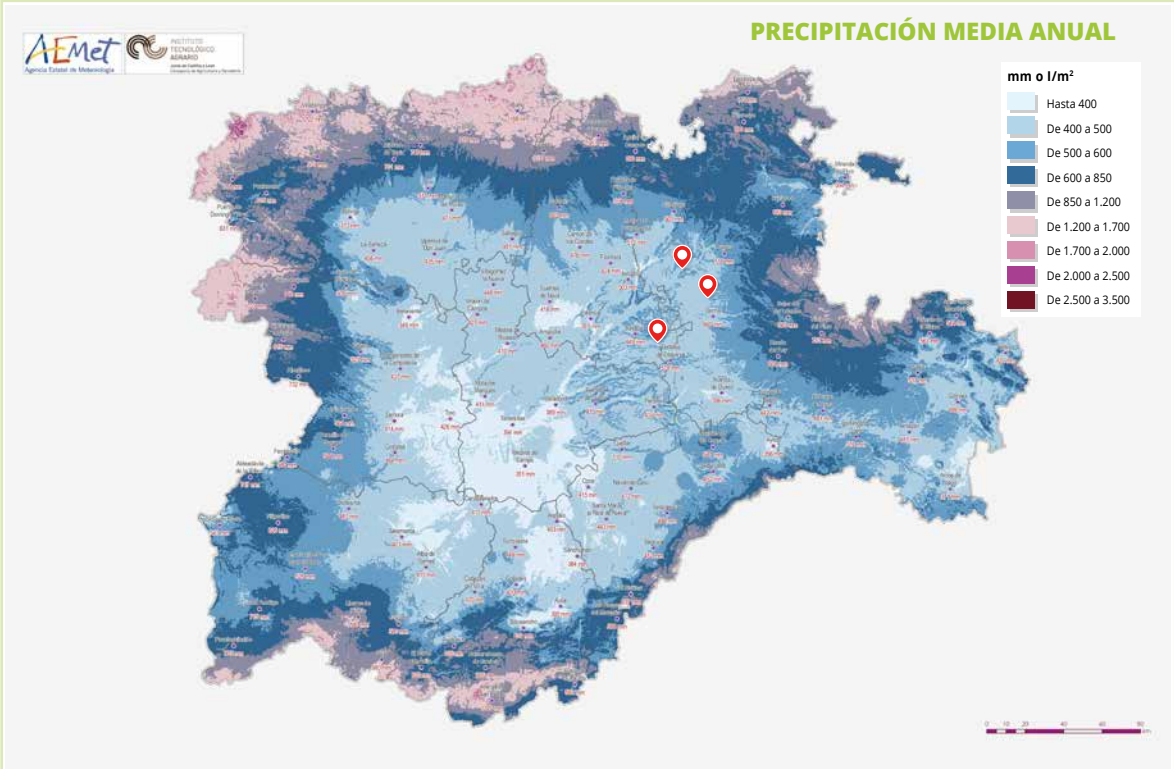
Un Indicador Agroclimático (IAC) es el parámetro climático (o combinación de parámetros) capaz de explicar el bajo rendimiento de un cultivo. Tras el análisis llevado a cabo en las explotaciones piloto, donde se han cruzado los rendimientos históricos para el trigo duro con los datos climáticos de los últimos 30 años, se han identificado los siguientes IACs:

/// Precipitaciones en otoño/invierno:
La germinación y el establecimiento del trigo duro pueden verse influidos tanto por un exceso como por un defecto de agua en otoño/invierno.

/// Precipitaciones en primavera:
Menor pluviometría en primavera puede llevar asociado menores tasas de crecimiento del cereal, así como deficiencias en el espigado, desarrollo y llenado del grano.

/// Precipitaciones en junio/julio:
Condiciones climáticas más húmedas en junio/julio, junto con temperaturas frescas, pueden tener como consecuencia la pérdida de vitrosidad del grano. A mayor presencia de granos no vítreos (harinosos), se produce en el proceso industrial una menor cantidad de sémolas y una mayor cantidad de harina, lo cual en el trigo duro es un subproducto de menor interés. Asimismo, precipitaciones abundantes en estos meses también pueden provocar problemas de alternaría debido a la alta humedad relativa después del secado del grano.

/// Precipitaciones intensas (>15 mm) en junio/julio:
Precipitaciones superiores a las 15mm por día también traen como consecuencia la pérdida de vitrosidad del grano.



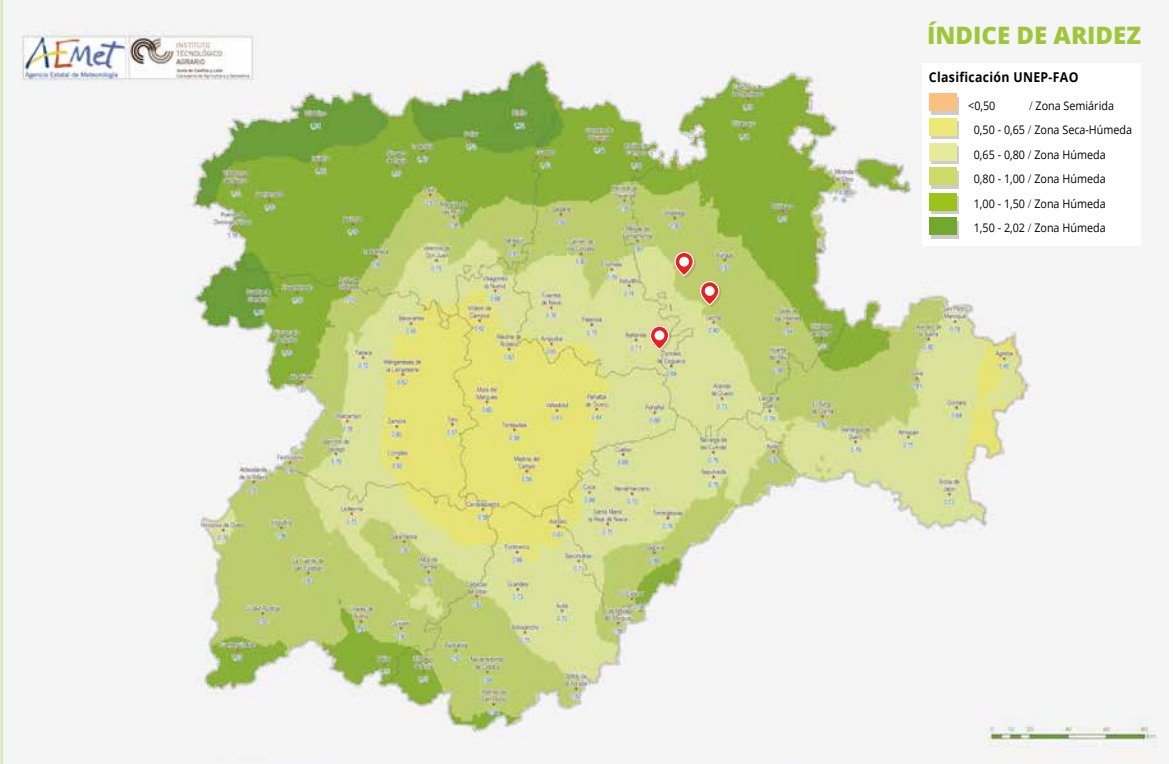


Figura 05 y 06 //// **Ubicación espacial de las parcelas y detalle de dos variables climáticas clave para el cultivo del trigo duro: a) Precipitación media anual; b) Índice de aridez. Fuente: AEMET.**

/// Temperatura media en otoño/invierno:
Inviernos más cálidos pueden conllevar problemas asociados a la falta de vernalización en una de las variedades de trigo duro utilizadas, lo que influiría negativamente en el rendimiento final esperado.

/// Temperatura media en febrero:
Se reporta en la región un aumento de las afecciones por la enfermedad fúngica septoria, asociadas a un incremento de las temperaturas en el mes de febrero.

/// Diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima en febrero:
Se reporta una posible correlación entre la diferencia de temperaturas entre el día y la noche en el mes de febrero con afecciones de septoria.

/// Temperatura media en primavera:
Un incremento de la temperatura media en primavera puede traer como consecuencia una mayor incidencia de plagas y enfermedades, así como unas tasas de evapotranspiración superiores que afectarán negativamente al balance hídrico.

/// Temperatura media en junio/julio:
Aunque un aumento de temperatura excesivo puede traer como consecuencia un mayor asurado del grano, en ocasiones puede ser beneficioso para reducir el fenómeno de pérdida de vitrosidad asociado a temperaturas frescas y exceso de humedad.

/// Balance hídrico en otoño/invierno:
La germinación, el establecimiento y las primeras etapas de desarrollo del trigo duro pueden verse influidos negativamente por un mayor déficit hídrico.

/// Balance hídrico en primavera:
Un mayor déficit hídrico en primavera puede traer como consecuencia menores tasas de crecimiento del cereal, así como deficiencias en el espigado, desarrollo y llenado del grano.

FUENTE	Modelos globales/regionales empleados
Modelos globales / Regionales empleados	ETHZ-CLM-HadCM3Q0
	METO-HC-HadRM3Q0-HadCM3Q0
	DMI-HIRHAM5-ECHAM5
Escenario climático (SRES / RCP)	SRES A1B
Marco temporal	2046
Lugar	/// Cuadrículas 66061, 67063, 68063 /// Finca Los Alfoces (Palencia), /// Finca Torrepadierne (Burgos), /// Finca Cristo de Villahizán (Burgos)

Tabla 01. //// **Modelos, escenario climático, marco temporal y localización de las proyecciones calculadas**

/// Nº de días de helada en abril y mayo:
Los daños por helada afectarán negativamente al rendimiento final esperado.

/// Temperaturas máximas >30º C en mayo y junio:
Temperaturas máximas por encima de los 30º C en mayo y junio acentúan el efecto del asurado del grano, dando lugar a granos más pequeños, arrugados y de menor peso específico, afectando negativamente al rendimiento final esperado.

/// Periodos de sequía:
Afectan negativamente a las tasas de crecimiento de la planta, así como al espigado, desarrollo y llenado del grano.

/// Olas de calor:
Afectan negativamente a las fases de desarrollo y llenado del grano, acentuando el efecto del asurado.

Para caracterizar el clima del futuro cercano (es decir, para los próximos 30 años) se utilizan las proyecciones de tres modelos climáticos simple disponibles en el portal europeo Agri4Cast de la Comisión Europea (ver Tabla 01). Estos modelos calculan la misma serie de parámetros climáticos que se utilizaron para los comentarios del pasado reciente, identificando sus tendencias para el futuro cercano.

3.2 Ejemplo de análisis de explotación piloto: Finca Cristo de Villahizán (Burgos)

A continuación, se muestran a modo de ejemplo las tablas y gráficos de evolución de los principales Indicadores Agroclimáticos (IACs) identificados para el cultivo de trigo duro en una de las explotaciones piloto (Finca Cristo de Villahizán, Burgos), del pasado reciente al futuro cercano, derivados de la media de los tres modelos especificados anteriormente.

FUENTE	PR (media)	PR (min.)	PR (max.)	FC (media)	FC (min.)	FC (max.)	Δ% (media)
Precip. otoño/invierno (mm)	270,19	139,24	455,71	269,89	152,75	460,27	0%
Precip. primavera (mm)	150,67	78,32	244,77	130,50	63,46	221,55	-13%
Precip. junio/julio (mm)	57,98	16,81	114,49	48,72	11,46	121,93	-16%
Precip. intensa junio/julio (Nº días)	0,50	0,00	3,00	0,33	0,00	2,67	-33%
Tmedia otoño/invierno (ºC)	6,46	4,66	8,08	7,09	5,50	8,64	10%
Tmedia febrero (ºC)	4,87	1,60	7,64	5,80	3,26	8,04	19%
Tmax-Tmin febrero (ºC)	9,01	7,40	10,81	8,75	7,01	10,14	-3%
Tmedia primavera (ºC)	12,87	11,27	14,10	13,59	11,83	15,61	6%
Tmedia junio/julio (ºC)	18,11	16,51	19,85	19,23	17,09	21,00	6%
Balance hídrico otoño/invierno (mm)	-9,47	-165,30	186,79	-7,65	-140,35	190,23	-19%
Balance hídrico primavera (mm)	-195,87	-290,97	-75,53	-232,62	-328,97	-113,22	-19%
Nº días helada marzo/abril	11,17	1,33	29,33	7,67	1,00	25,33	-31%
Tmax>30ºC mayo/junio (Nº días)	0,83	0,00	7,00	3,00	0,00	13,33	260%
Tmax>30ºC julio (Nº días)	4,50	0,00	14,00	9,67	1,33	20,33	115%
Períodos de sequía (Nº)	3,67	1,00	7,00	4,17	1,00	7,00	14%
Olas de calor (Nº)	1,83	0,33	3,67	3,67	0,67	6,33	100%

Tabla 02. //// **Evolución de Indicadores Agroclimáticos del pasado reciente (PR) al futuro cercano (FC) en la cuadrícula 68063, Finca Cristo de Villahizán.**

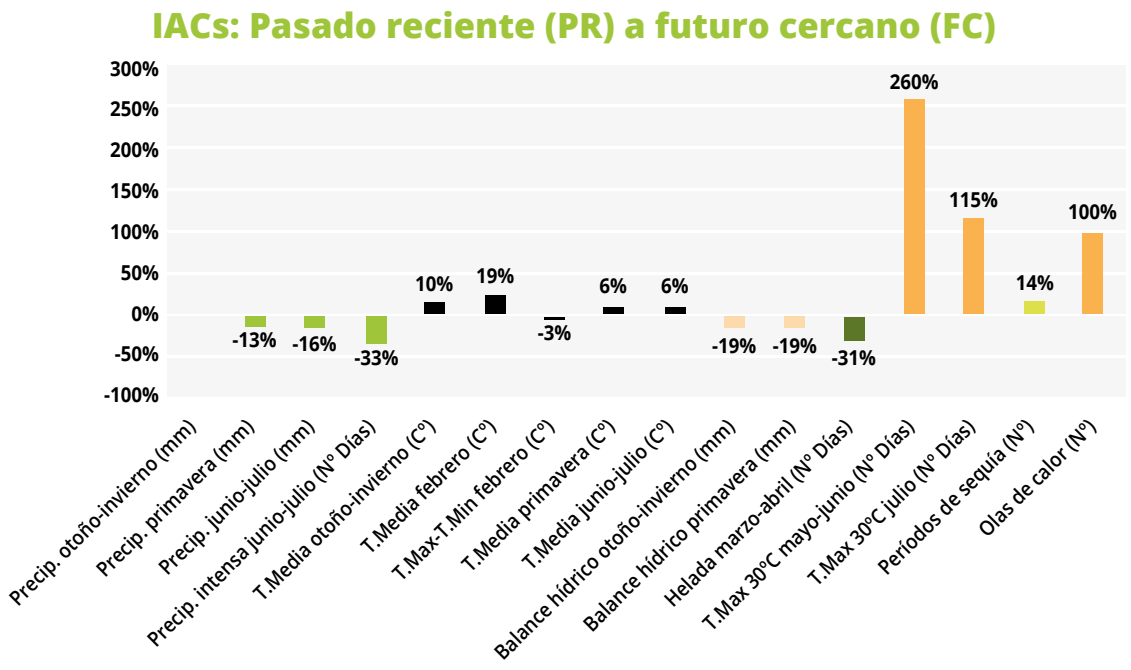


Figura 07 //// **Evolución de Indicadores Agroclimáticos del pasado reciente al futuro cercano (%) en la explotación piloto Cristo de Villahizán**

VULNERABILIDAD AGROCLIMÁTICA: SITUACIÓN PRESENTE Y FUTURA.

Tras analizar la evolución de los diferentes Indicadores Agroclimáticos (IACs) en la explotación piloto, se puede apreciar que:

1 /// La pluviometría en otoño/invierno se mantendrá en los niveles actuales. Sin embargo, se observa un descenso generalizado en primavera y principios de verano (del 13 al 16% en negativo).

2 /// La temperatura media tiende a aumentar en todas las épocas del año, pero principalmente en otoño/invierno (10% en positivo). En primavera y principios de verano, el aumento rondará el 6%. En febrero, se observa un aumento de la temperatura media anormalmente alto (del 19% en positivo). Sin embargo, la **diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas** en este mes tiene una ligera tendencia descendente (3% en negativo).

3 /// El balance hídrico también muestra una preocupante tendencia descendente en otoño/invierno y primavera en esta explotación (19% en negativo).

4 /// Los días con temperaturas superiores a los 30º C en mayo, junio y julio muestran una tendencia ascendente muy preocupante (del 115 al 260% en positivo).

5 /// El número de periodos de sequía está proyectado que aumente en un 14%, y **el número de olas de calor** en un 100% en esta explotación.

POSIBLES IMPACTOS POSITIVOS:

1 /// El número de días de helada en marzo y abril se verá bastante reducido con carácter general (31% en negativo).

2 /// Los eventos de precipitaciones intensas (>15mm/día) en junio y julio se reducirán de forma generalizada en el futuro cercano (33% en negativo).

3 /// Las temperaturas medias más elevadas a principios de verano afectarán positivamente al secado del grano del trigo duro y fomentarán un aumento de su vitrosidad.

La mayoría de los impactos negativos tienen que ver con un **aumento de las temperaturas** y una **reducción de las precipitaciones**, lo cual se traduce en un **déficit hídrico más acentuado**. Asimismo, **los ataques de ciertas plagas o enfermedades** pueden hacerse más recurrentes.

En la tabla de la página siguiente puede verse un calendario con impactos potenciales relacionados con el trigo duro que tendrán lugar en cada mes, así como su aumento de frecuencia respecto a la actualidad.

Figura 08 //// **Campo de trigo duro en Burgos.**

Nº	IACs	Calendario												FC
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	**Precipitación** (mm)													0%
02.	**Precipitación** (mm)													-13%
03.	**Precipitación** (mm)													-16%
04.	**Precip. intensa** (Nº días)													-33%
05.	**T. media** (ºC)													10%
06.	**T. media** (ºC)													19%
07.	**Tmax-Tmin** (ºC)													-3%
08.	**Tmedia** (ºC)													6%
09.	**Tmedia** (ºC)													6%
10.	**Balance hídrico** (mm)													-19%
11.	**Balance hídrico** (mm)													-19%
12.	**Nº días helada**													-31%
13.	**Tmax>30ºC** (Nº días)													260%
14.	**Tmax>30ºC** (Nº días)													115%
15.	**Períodos de sequía** (Nº)													14%
16.	**Olas de calor** (Nº)													100%

IMPACTOS:

IAC 2: potenciales reducciones en la tasa de crecimento, desarrollo de la espiga y llenado del grano.
IACs 3, 4 y 9: potenciales reducciones en el riesgo de pérdida de vitrosidad.
IAC 5: potencial falta de vernalización en deterimadas variedades. Menores rendimientos.
IAC 6: potencial aumento del riesgo de afección por enfermedades fúngicas (por ejemplo, septoria)
IAC 8 y 15: potencial reducción de las tasas de crecimiento, desarrollo de la espiga y llenado del grano
IAC 7: mayor estrés hídrico pero mejor vitrosidad y mejora del secado.
IAC 10: potencial reducción de tasas de germinación, establecimiento y desarrollo en las primeras fases.
IAC 11: potencial reducción de las tasas de crecimiento, tamaño de la espiga, y problemas en las fases de desarrollo y llenado del grano.
IAC 12: potencial reducción de los daños por heladas y posible aumento de afección por plagas y enfermedades.
IACs 13, 14 y 16: potencial aumento del riesgo e intensidad del fenómeno conocido como asurado del grano.

Sequía | **Lluvia** | **Altas temperaturas** | **Bajas temperaturas**

Tabla 03. //// **Distribución mensual de los impactos estimados para el cultivo del trigo duro.**

Amenazas y oportunidades de los posibles impactos derivados del cambio climático en el cultivo del trigo duro

04

En la siguiente tabla, se resumen las principales amenazas a las que se enfrentan las explotaciones de trigo duro en la región estudiada a partir de los impactos climáticos proyectados y de otras características del manejo agronómico típicas. Estos riesgos se complementan con las oportunidades identificadas, que se concretarán en medidas específicas en la sección siguiente.

Amenazas	Oportunidades
En el futuro, aumentará la temperatura media durante toda la temporada de otoño/invierno y primavera, pudiendo traer como resultado el incremento de las afecciones fúngicas, mayores tasas de evapotranspiración y problemas derivados de la falta de vernalización.	Las temperaturas más suaves en invierno y la reducción de los días de heladas pueden ayudar a adelantar el calendario de cultivo.
Modificación de la duración de las estaciones, afectando la fenología de los cultivos. Se prevé un aumento del a temperatura en invierno, por lo que la acumulación de horas de frío será menor, reduciendo la vernalización y el rendimiento.	El descenso de precipitaciones en junio/julio, así como de episodios de lluvia intensa, ayudarán a reducir los riesgos de pérdida de vitrosidad y reducirán las afecciones fúngicas.
Los días con temperaturas máximas por encima de los 30º C en mayo/junio y las olas de calor aumentarán, incrementando el riesgo de asurado del grano.	Explorar el desempeño de nuevas variedades y fechas de siembra en los campos experimentales.
Las precipitaciones disminuirán y el déficit hídrico se verá acentuado en otoño/invierno y primavera, afectando a la germinación, establecimiento y desarrollo del cultivo, así como al desarrollo de la espiga y llenado del grano. También se podrán ver limitadas las reservas de agua para riego.	Implementación de cultivos intermedios para evitar la erosión del suelo y aprovechar el nitrógeno excedente del cultivo anterior, limitando su pérdida por lixiviación y produciendo un aumento de materia orgánica fresca tras su enterrado.
Prácticas comunes de tratamiento fitosanitario y laboreo afectan negativamente a la calidad del suelo y la preservación de la biodiversidad.	Aumentar la interacción con explotaciones ganaderas.
Erosión y desertificación, acentuadas por el déficit hídrico, pérdida de cobertura vegetal del suelo, episodios de lluvias torrenciales intensas, etc.	Técnicas de laboreo reducido que preserven la fertilidad del suelo, y reducción del uso de herbicidas y otros productos fitosanitarios.
Degradación de zonas de interés ecológico y pérdida de biodiversidad. Mayor riesgo de aparición de especies invasoras (flora y fauna).	Incrementar las aportaciones de fertilizantes orgánicos, estiércol y otros biofertilizantes (bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, micorrizas solubilizadoras de fósforo, etc.).
Disminución de rendimientos y reducción de los márgenes de rentabilidad.	Fomentar la biodiversidad y restaurar las zonas de interés ecológico en las parcelas.
	Programas de comercialización diferenciada basados en el valor pro-biodiversidad y de adaptacion al cambio climático de las granjas.

Tabla 04 //// **Amenazas y oportunidades para la producción de trigo duro en explotaciones piloto.**

Medidas clave para la adaptación al cambio climático en el cultivo del trigo duro

05

Como respuesta a los impactos climáticos estudiados por el Grupo Operativo, se propone una lista con 10 medidas clave para la adaptación al cambio climático y contribuir a mitigar sus efectos. Estas medidas han sido discutidas con productores profesionales y han sido filtradas a partir de su valoración, seleccionando aquellas que han sido acogidas con mejor predisposición y han considerado más viables. Podéis consultar el listado completo de medidas en el informe extendido del Grupo Operativo Adaptridur.

Todas estas medidas de adaptación sostenible abordan ocho componentes cruciales para la adaptación: manejo del suelo, manejo de nutrientes, manejo del agua, manejo de plagas y enfermedades, manejo de la eficiencia energética, riesgos, compatibilidad con la actividad ganadera y biodiversidad.

Figura 09 //// **Siembra de trigo duro en una de las fincas experimentales.**

5.1 Rotación de cultivos

DEFINICIÓN:

Es la técnica agronómica que consiste en utilizar diferentes cultivos en una misma parcela en años sucesivos. El objetivo es alternar plantas con diferentes necesidades (requerimientos nutritivos, diferentes sistemas radiculares, etc.) y afectadas por plagas, enfermedades y especies adventicias también diferentes.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	Diferentes sistemas radiculares trabajan el suelo a diferentes profundidades y de diferente forma. Se mejora su estructura.
MANEJO DE **Nutrientes**	Diferentes especies presentan diferentes requerimientos nutricionales, aprovechando en muchos casos los nutrientes restantes del cultivo anterior. Asimismo, existen ciertas especies (leguminosas) capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en nódulos radiculares, mejorando la fertilidad del suelo.
MANEJO DEL **Agua**	Una mejor estructura del suelo favorece su capacidad de infiltración y almacenamiento del agua.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	Mediante la alternancia de cultivos, se rompen los ciclos de plagas y enfermedades.
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	Se reducen las aplicaciones de fertilizantes y productos fitosanitarios, minimizando el consumo energético.
Riesgos	El cultivo de diferentes especies ayuda a diversificar los riesgos relacionados con determinados impactos climáticos, evitándose las pérdidas totales.
Ganadería	Un mayor abanico de cultivos mejora la nutrición y la superficie pastable del ganado.
Biodiversidad	Los organismos asociados al agroecosistema se benefician de una mayor diversidad de recursos para su alimentación, refugio o anidamiento.

IMPLEMENTACIÓN:

Nunca se repite el mismo cultivo en la misma parcela en años consecutivos y, si es posible, tampoco se repiten cultivos de una misma familia botánica (gramíneas, legumbres, etc.). Asimismo, se deben cultivar al menos 3 especies diferentes en un periodo de 5 años. Se recomienda alternar cultivos más demandantes en nutrientes con aquellos más frugales, y cultivos con diferentes sistemas de raíces.

Tanto en secano como regadío las rotaciones presentan gran variedad de posibilidades. Para apoyar la toma de decisión, se adjunta a continuación una tabla con el efecto que puede tener un cultivo en cultivos posteriores (adaptación del *Código de Buenas Prácticas Agrarias de Castilla y León*).

CULTIVO	Trigo	Cebada	Maíz	Remolacha	Patata	Colza	Alfalfa	Girasol
Trigo	R	M	MB	B	MB	B	MB	B
Cebada	B	B	MB	M	MB	B	MB	B
Maíz	B	B	MB	B	MB	B	MB	MB
Remolacha	MB	MB	MB	M	-	B	MB	MB
Patata	N	B	-	-	M	-	MB	B
Colza	R	R	-	MB	-	M	-	B
Alfalfa	B	MB	-	-	M	-	M	MB
Girasol	B	B	B	MB	MB	R	MB	M

MB: Muy bueno. Descenso de rendimientos despreciaables, o como mucho, inferiores al 5%.
B: Bueno. Descenso de rendimientos entre el 5 y el 15%.
R: Regular. Descenso de rendimientos entre el 15 y el 30%.
M: Malo. Descenso de rendimientos superiores al 30%.

Figura 10 //// **Ejemplo de rotación de cultivos: trigo, veza, cebada, avena, girasol.**

5.2 Diversificación de cultivos

DEFINICIÓN:

La diversificación de cultivos se refiere al cultivo de diferentes especies o variedades en la misma campaña agrícola en una misma explotación. De esta forma, se diversifica el riesgo de pérdidas totales por plagas, enfermedades o eventos climáticos adversos, al cultivar especies con diferentes puntos críticos a lo largo de su ciclo de vida.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	Diferentes sistemas radiculares trabajan el suelo a diferentes profundidades y de diferente forma. Se mejora su estructura.
MANEJO DE **Nutrientes**	Diferentes especies presentan diferentes requerimientos nutricionales, aprovechando en muchos casos los nutrientes restantes del cultivo anterior. Asimismo, existen ciertas especies (leguminosas) capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en nódulos radiculares, mejorando la fertilidad del suelo.
MANEJO DEL **Agua**	-
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	Mediante la alternancia de cultivos en el espacio, se crean barreras que frenan la difusión de plagas y enfermedades, que no impactan por igual a los diferentes cultivos.
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	Se reducen las aplicaciones de fertilizantes y productos fitosanitarios, minimizando el consumo energético.
Riesgos	El cultivo de diferentes especies ayuda a diversificar los riesgos relacionados con impactos climáticos o irregularidades del mercado, evitándose las pérdidas totales.
Ganadería	Un mayor abanico de cultivos mejora la nutrición y la superficie pastable del ganado.
Biodiversidad	Los organismos asociados al agroecosistema se benefician de una mayor diversidad de recursos para su alimentación, refugio o anidamiento.

IMPLEMENTACIÓN:

Se puede considerar que la diversificación es adecuada si se producen al menos dos cultivos diferentes en explotaciones de más de 10 hectáreas dentro de la misma campaña agrícola. En el caso de superficies más de 30 hectáreas, se considera adecuado cultivar al menos tres cultivos diferentes dentro de la misma campaña agrícola en cada explotación.

Teniendo en cuenta las condiciones agroclimáticas de Castilla y León, existen numerosos cultivos que complementan a la producción de trigo duro. Estos cultivos además encajan perfectamente con planes de rotación de cultivos (ver "Rotación de cultivos"). Para una correcta diversificación de cultivos, pueden utilizarse legumbres como guisantes, lentejas, garbanzos, yeros o almortas (bien para aprovechamiento humano o para forraje), cultivos herbáceos comunes como alfalfa, girasol, colza y otros cereales, o cultivos más exóticos como el amaranto o la quinoa.

Además, dentro de un mismo cultivo existen numerosas variedades con distintas cualidades agronómicas. Dentro de toda esta variedad se pueden encontrar opciones que ayuden a hacer frente a las condiciones desfavorables causadas por el cambio climático. En regadío, el abanico de posibilidades a implementar es mayor que en secano.

Figura 11 //// **Ejemplo de diversificación de cultivos: tomate de industria, cereal, barbecho y alfalfa.**

5.3 Laboreo superficial/Siembra directa

DEFINICIÓN:

A la hora de labrar la tierra y prepararla para el siguiente cultivo, la labor puede hacerse a diferentes profundidades y con aperos que volteen o no el terreno. Voltear el suelo implica mezclar diferentes horizontes y alterar su estructura, lo que afecta negativamente a las diferentes poblaciones de organismos beneficiosos que en él se desarrollan. Un laboreo superficial utilizando aperos que no produzcan volteo del suelo o una siembra directa con un mínimo impacto en el mismo, son opciones a tener en cuenta para mantener una buena estructura, una buena fertilidad, y favorecer la biodiversidad asociada al cultivo.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	No se mezclan horizontes de suelo diferentes y se mantiene una mejor estructura del mismo. Los restos vegetales sobre el terreno minimizan los procesos erosivos.
MANEJO DE **Nutrientes**	-
MANEJO DEL **Agua**	Al mejorar la estructura del suelo en horizontes inferiores, se mejora su capacidad para almacenamiento de agua.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	-
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	El laboreo superficial y la siembra directa suponen un menor uso de combustible en las labores de campo. Sin embargo, nuevas emisiones pueden registrarse derivadas de un mayor uso de herbicidas.
Riesgos	La pérdida de carbono del suelo disminuye, por lo que el suelo mantiene mejores propiedades de infiltración, reduciendo el riesgo de pérdida de fertilidad por erosión o de anegamiento de las cosechas.
Ganadería	Al no voltear los horizontes superficiales, el rastrojo y semillas permanecen más tiempo sobre el terreno, sirviendo de alimento al ganado.
Biodiversidad	Las poblaciones de hongos, bacterias, anélidos, artrópodos y otros invertebrados beneficiosos del suelo no se ven amenazadas por los movimientos de tierra a mayor profundidad. Sin embargo, efectos adversos pueden encontrarse por la mayor utilización de herbicidas en estas superficies.

IMPLEMENTACIÓN:

El laboreo superficial se considera cuando no se produce volteo de horizontes y la profundidad de la labor no sobrepasa los 15 cm, como contraposición al laboreo profundo con volteo de horizontes. La materia orgánica y nutrientes del suelo se concentran en los 30 primeros centímetros, enterrando esta capa fértil al voltearlo. Además, en caso de que hubiera horizontes con materiales limitantes enterrados, como rocas calizas, volteando el suelo se mueven hacia a la superficie, influyendo negativamente en los cultivos sensibles. Los aperos más utilizados en laboreo superficial son tipo chísel, grada de discos y/o cultivador. Los dos últimos, pese al voltear el terreno, no voltean horizontes a diferentes profundidades al ser un tratamiento superficial, considerándose también en esta práctica.

En el caso del no laboreo, el suelo apenas se perturba y se mantiene cubierto con residuos vegetales al menos en un 30% de su superficie. Con esto se ahorran operaciones agrícolas y se garantiza la cobertura protectora del suelo. Para realizar una siembra directa correcta es necesario que los restos de la cosecha del cultivo anterior sean adecuadamente triturados y esparcidos. La sembradora directa suele estar compuesta por un elemento separador y cortador de los restos vegetales, otro para abrir el surco, con disco simples o dobles, otro para fijar la semilla y otro para enterrarla.

Figura 12 //// **Siembra semidirecta con mínimo laboreo.**

5.4 Análisis de suelos

DEFINICIÓN:

El análisis de suelos agrícola es una herramienta asequible y fundamental para conocer la calidad del suelo y sus necesidades, determinando sus propiedades físicas y químicas, así como el contenido en macro y micronutrientes. De esta manera, se dispondrá de la información necesaria para el diseño y la actualización de los planes de fertilización, y también para evaluar el éxito del manejo de la explotación a largo plazo. Esto reportará beneficios a nivel de producción, pero también a nivel de ahorro en fertilizantes y productos fitosanitarios.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	Permite medir la evolución en contenido de materia orgánica, pudiendo proyectar aportes regulares posteriores (o no) dependiendo de la idoneidad de sus niveles.
MANEJO DE **Nutrientes**	Permite estimar su contenido en nutrientes y adecuar los planes de fertilización.
MANEJO DEL **Agua**	-
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	El análisis de suelos y el adecuado plan de fertilización resultante, evitará los riesgos de excesos o déficits nutricionales en el cultivo, lo que aumentará su resistencia a los ataques de plagas y enfermedades.
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	El conocimiento del contenido nutricional puede evitar aplicaciones de fertilizante innecesarios y ahorrar energía
Riesgos	-
Ganadería	-
Biodiversidad	Una fertilización excesiva puede generar desequilibrios en las características del suelo que pueden afectar negativamente a bacterias, hongos o artrópodos beneficiosos que en él habitan. El análisis de suelos ayuda a mitigar estos riesgos.

IMPLEMENTACIÓN:

Para realizar un análisis de suelo, se debe de tomar una muestra homogénea y representativa de la finca a una profundidad adecuada (0-30 cm en el caso el trigo duro). Por medio de una pala o azadón, se cava un hoyo en forma de "V" a la profundidad acordada y se corta una rebanada de uno de los lados del hoyo, la parte central de esta rebanada se pasa una bolsa o recipiente y se desprecian los bordes. Es importante repetir esta operación al menos siete veces más en diferentes puntos de la parcela a analizar, recorriéndola en zig-zag. Una vez se han obtenido todas las muestras, se juntan, mezclan y se selecciona una cantidad total de 1-2 kg de peso (dependiendo de las indicaciones del laboratorio), la cual se introduce en la bolsa en la que se identifica la parcela y el cultivo anterior que tuvo lugar en ella, mandándose por último al laboratorio siguiendo sus indicaciones.

Al recibir los resultados de vuelta, el análisis de suelo aportará información acerca de la capacidad que tendrá el cultivo para responder bien a la fertilización de los diferentes nutrientes analizados. Que el nivel de un nutriente se categorice como bajo, implica que el cultivo responderá muy bien al abonado aumentando bastante su rendimiento con respecto a la situación inicial. Si el nivel es medio, seguramente responderá bien a la fertilización aumentando su rendimiento, pero éste no aumentará tanto por unidad fertilizante introducida. Si el nivel del nutriente es alto, significa que probablemente el cultivo no responda positivamente a la aplicación de fertilizante, no teniendo un efecto sobre el aumento de los rendimientos. Es importante seguir las recomendaciones y observaciones que el laboratorio adjunte con el análisis efectuado.

Es aconsejable realizar al menos un análisis de suelo cada tres años a escala de parcela.

Figura 13 //// **Detalle de suelo agrícola y los agregados que en él se forman**

5.5 Aplicación regular de materia orgánica

DEFINICIÓN:

La fertilidad del suelo se divide en fertilidad química (nutrientes), fertilidad biológica (organismos asociados) y fertilidad física (estructura). Mientras que una fertilización mineral sólo atiende al primer tipo, una fertilización/enmienda orgánica a base de estiércol bien compostado, compost o abonos verdes (entre otros) será capaz de atender a los tres. Esto mejorará la capacidad del suelo para retener agua, la disponibilidad de los nutrientes, y la biodiversidad asociada.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	El incremento de materia orgánica favorece la formación de agregados, que hacen que el suelo sea menos susceptible a la erosión y mejore sus propiedades físico químicas, así como su microbiota beneficiosa.
MANEJO DE **Nutrientes**	Se incrementa la fertilidad del suelo y propicia la incorporación de formas de carbono lábiles o estables.
MANEJO DEL **Agua**	El aumento de carbono orgánico en el suelo fomenta la retención de agua.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	Las aplicaciones de materia orgánica inoculan microorganismos y el carbono fomenta la actividad microbiana responsable de procesos de mejora de la fertilidad.
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	-
Riesgos	-
Ganadería	La apuesta por el estiércol ayudará a rentabilizar las explotaciones ganaderas asociadas o cercanas a la finca.
Biodiversidad	Se fomenta la biodiversidad en todos los eslabones de la cadena trófica (proliferación de microorganismos beneficiosos y descomponedores, lo cual a su vez repercute en micro invertebrados consumidores y transformadores del suelo). A mayor escala, las poblaciones de macro invertebrados se ven muy favorecidas por estos aportes de materia orgánica, y pueden servir de alimento a otros organismos superiores como pueden ser las aves esteparias.

IMPLEMENTACIÓN:

Existen diversas opciones a la hora de realizar una aportación orgánica del terreno:

/// Incorporación de restos del cultivo anterior: en el caso de considerarse apropiado sanitariamente (el cultivo no ha sufrido ninguna plaga o enfermedad importante que pueda afectar al cultivo posterior), pueden incorporarse al terreno los órganos no cosechados en vez de proceder a su retirada (por ejemplo, la paja del cereal o los restos de leguminosas).

/// Abonos verdes: en la campaña de barbecho, pueden sembrarse especies enriquecedoras (leguminosas) que serán incorporadas al terreno antes de que produzcan semilla.

/// Estiércol, compost o pastoreo rotacional: en caso de tener una explotación ganadera cercana, puede considerarse la aplicación de estiércol bien compostado o incluso ceder la superficie para el ganado realice un pastoreo rotacional en la ventana temporal sin cultivo.

/// Pellets orgánicos: en caso de no tener una explotación ganadera cercana, pueden adquirirse abonos orgánicos comerciales.

/// Digestato: en caso de disponer de una planta de digestato cercana, su aplicación será también muy beneficiosa para los tres tipos de fertilidad del suelo.

Se recomienda realizar al menos una aplicación de materia orgánica cada dos años.

Figura 14 //// **Planta de producción de digestato.**

5.6 Siembra/cultivo de leguminosas

DEFINICIÓN:

Las leguminosas son un elemento importante a la hora de mantener la fertilidad del suelo y romper los ciclos de ciertas plagas y enfermedades. En la nutrición de los cultivos, el nitrógeno es un elemento clave, pero las formas químicas en las que las plantas pueden aprovecharlo suelen ser poco abundantes en el suelo. De hecho, se trata de un elemento muy abundante y, aunque el 70% del aire se compone de nitrógeno en forma N2, este no está disponible para las plantas. Sin embargo, en las raíces de las leguminosas se forman unos nódulos dónde se encuentran unas bacterias capaces de fijar ese nitrógeno del aire y proporcionárselo a las plantas.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	Los sistemas radiculares son diferentes a otros cultivos, trabajando el suelo a diferentes profundidades y de diferente forma.
MANEJO DE **Nutrientes**	Las leguminosas son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en nódulos radiculares, el cual queda en el terreno para cultivos ulteriores.
MANEJO DEL **Agua**	Una mejor estructura del suelo favorece su capacidad de infiltración y almacenamiento del agua.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	Introduciendo una especie diferente al cultivo anterior, se rompen los ciclos de plagas y enfermedades.
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	Se reducen las aplicaciones de fertilizantes y productos fitosanitarios, reduciendo el consumo energético.
Riesgos	-
Ganadería	Las leguminosas suponen un aporte extra de proteína para el ganado.
Biodiversidad	Las leguminosas constituyen un excelente aporte proteico para la fauna asociada al agroecosistema, así como de polen y néctar para polinizadores y artrópodos beneficiosos para el control biológico de plagas.

Por ello, con la siembra de leguminosas y un manejo adecuado de ellas, se puede reducir o eliminar las necesidades de emplear otros fertilizantes, disminuyendo los costes. Es importante también tener en cuenta que las legumbres suponen un recurso nutricional excelente para toda la fauna, incluyendo al ganado, por lo que su cultivo se puede combinar excelentemente con otros aprovechamientos.

IMPLEMENTACIÓN:

Existen una gran variedad de legumbres adaptables a los diferentes tipos de suelo, condiciones climáticas, necesidades del manejo agronómico, anuales y plurianuales, que pueden encajar en diferentes rotaciones de cultivos. Algunas tienen un interés para forraje y alimento de ganado y otros para consumo humano. Además, se pueden sembrar intercaladas en asociación con otras especies.

El *Código de Buenas Prácticas Agrarias de Castilla y León* recomienda algunas especies de leguminosas aptas tanto para secano como regadío: alfalfa, almortas, altramuces dulces, judías verdes y secas, esparceta, garbanzos, tréboles, guisantes verdes y secos, habas verdes y secas, haboncillos, lentejas, vezas, veza-Cereal (en combinación), yeros.

Como recomendación general, se considera que al menos el 10% de la SAU debería sembrarse con leguminosas (anuales o plurianuales), como cultivo principal, barbecho semillado o en asociación con otras especies para la producción de forraje.

Figura 15 //// **Parcela de guisante en finca piloto del proyecto GO Adaptridur.**

5.7 Ajuste de las fechas de siembra

DEFINICIÓN:

Debido a los regímenes más irregulares de precipitaciones y la tendencia creciente de temperaturas máximas por encima de 30º C en los meses de mayo, junio y julio, cabe considerar la posibilidad de adelantar la siembra. De esta manera, el cultivo puede aprovecharse de las lluvias más tempranas y evitar en la medida de lo posible esos periodos de estrés térmico terminando antes su ciclo.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	-
MANEJO DE **Nutrientes**	-
MANEJO DEL **Agua**	El cultivo es capaz de aprovechar el aporte hídrico derivado de lluvias tempranas.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	-
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	-
Riesgos	El cereal tiene la posibilidad de evitar parte de los meses con un mayor estrés térmico y reducir el riesgo de asurado del grano.
Ganadería	-
Biodiversidad	-

IMPLEMENTACIÓN:

El adelanto de la fecha de siembra depende en gran medida de la ubicación geográfica, la variedad de trigo duro y las condiciones edafoclimáticas locales. Sin embargo, se considera buena práctica para adaptación al cambio climático intentar desempeñar las labores de siembra en una ventana temporal de 15-30 días antes de la siembra habitual (siempre que las lluvias lo permitan). De cualquier modo, es importante que las siembras se realicen antes de los meses de invierno.

Figura 16 //// **Siembra temprana de cereal.**

5.8 Recolección con monitor de rendimiento y de contenido en proteína

DEFINICIÓN:

Dentro una misma parcela, el cultivo puede crecer de manera muy diferente y presentar variaciones en su rendimiento en la distancia de unos pocos metros. Estas diferencias pueden deberse a diferencias en la textura del suelo o en su contenido de nutrientes, o pueden deberse a la orografía propia de una parcela. Por ejemplo, que una hilera de trigo se encuentre en una loma o en una hondonada afecta a su exposición al viento, o cambia la humedad que se retiene en el suelo, o a la cantidad de luz solar que recibe, etc.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	Se pueden optimizar las labores atendiendo a su efecto en la producción y calidad finales.
MANEJO DE **Nutrientes**	Se puede optimizar el uso de fertilizantes atendiendo a su efecto en la producción y calidad finales
MANEJO DEL **Agua**	Se pueden optimizar los riegos de apoyo atendiendo a su efecto en la producción y calidad finales.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	-
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	Optimizando los procesos mencionados anteriormente se incrementa la eficiencia energética.
Riesgos	Permite homogeneizar rendimientos y establecer parámetros críticos que determinan bajas producciones o de menor calidad.
Ganadería	-
Biodiversidad	-

Las cosechadoras dotadas con un monitor de rendimiento y/o medidores de proteína son capaces de medir la cantidad de producto cosechado y su variabilidad en cuanto al contenido proteico gracias a unos sensores incorporados que van midiendo la cantidad y características del grano que recogen en tiempo real. Además, mientras tanto registran la información de su posición espacial en forma de coordenadas geográficas, con lo que se obtienen datos que se pueden cruzar para obtener mapas de la variación espacial de la producción.

IMPLEMENTACIÓN:

Esta y otras técnicas de agricultura de precisión recopilan datos mediante los cuales generan mapas de prescripción, que recogen las recomendaciones de actuación para cada parte de la parcela. Estos mapas permiten conocer con detalle los problemas productivos en las diferentes zonas de la explotación, y así tomar las medidas adecuadas para averiguar si los bajos rendimientos o contenidos adecuados de proteína han sido un problema derivado de problemas técnicos durante los episodios de riego, de distribución irregular de la fertilización, de condiciones edafológicas diferentes o de cualquier otro tipo de condicionante localizado.

Es importante recalcar que, además de la recolección con monitor de rendimiento y/o contenido en proteína, en la actualidad se encuentran disponibles numerosos servicios de teledetección para fines similares empleados en la agricultura de precisión. Estos sistemas de teledetección suelen basarse en imágenes satelitales o en el vuelo con drones, ofreciendo la segunda opción una resolución espacial mucho mayor.

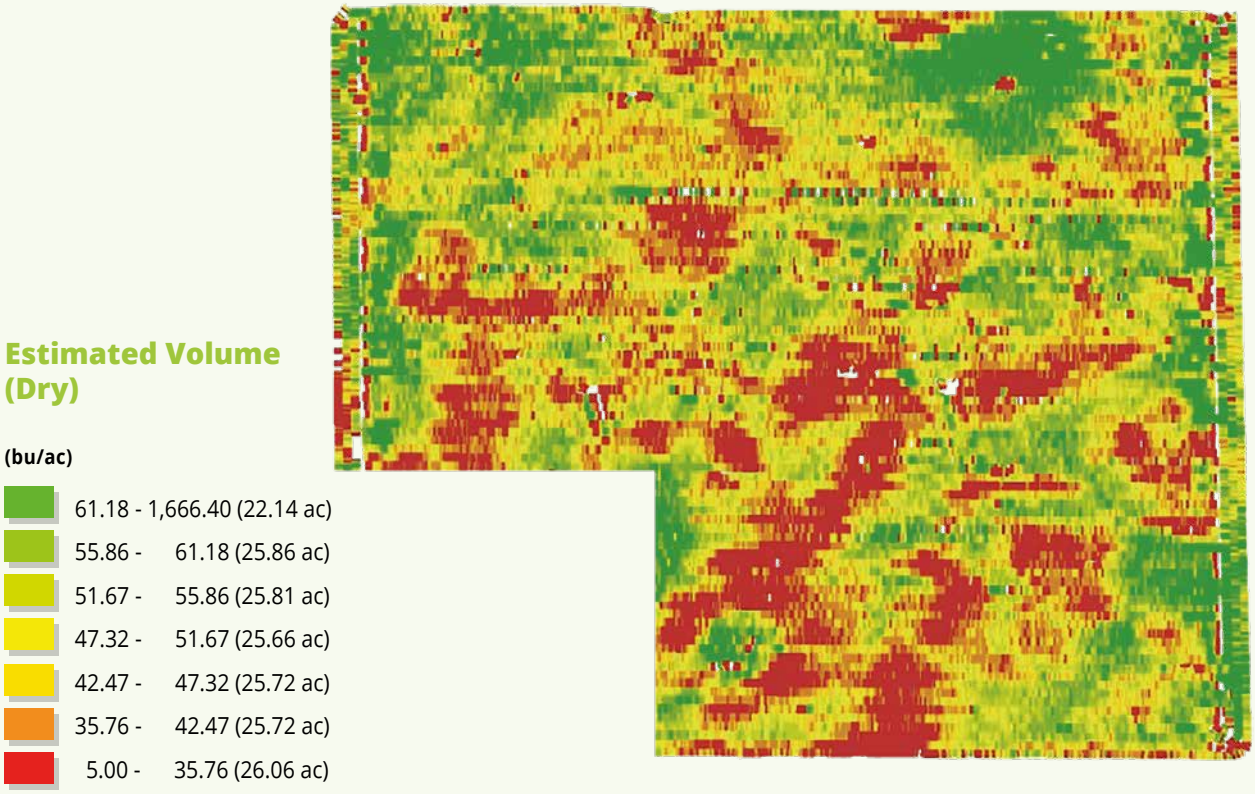


Figura 17 //// **Ejemplo de mapa de rendimientos en cultivo de soja. Fuente: ISUcyGrain, Trabajo Propio, GNU Free Documentation License 1.2.**

5.9 Sistemas de riego eficientes y herramientas de ayuda a la toma de decisión en riego

DEFINICIÓN:

Las previsiones del cambio climático muestran una tendencia hacia la disminución de las lluvias, por lo que a la vez que aumentan las necesidades hídricas de los cultivos, se espera que la presión sobre los recursos hídricos también crezca. Aunque el riego de los cultivos no es una opción para todas las explotaciones, allí donde sea posible existen opciones tecnológicas que permiten minimizar el consumo de agua que deben ser consideradas.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	-
MANEJO DE **Nutrientes**	-
MANEJO DEL **Agua**	Utilizando los sistemas de mayor eficiencia se asegura una optimización en el uso del agua.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	-
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	El empleo de sistemas de riego más avanzados, incluyendo por ejemplo emisores de baja presión, permitirán reducir también el consumo energético. Además, al optimizar el uso de agua para riego, también se reduce el consumo energético de la explotación.
Riesgos	Teniendo en cuenta los escenarios futuros con menor disponibiliad hídrica, aumentar la eficiencia de los sistemas de riego ayuda a reducir riesgos asociados a la escasez de agua.
Ganadería	-
Biodiversidad	Mediante el cálculo de las necesidades hídricas y riegos más eficientes, se extrae menos agua de los cuerpos de agua cercanos, favoreciendo la biodiversidad que en ellos habita.

Desde el punto de vista de la aplicación del agua de riego, existen diferentes posibilidades. Ordenadas de menos a más eficiente, se consideran los siguientes sistemas: riego por inundación o a manta, cañones, aspersores, pívots, goteo y goteo enterrado. Asimismo, existen soluciones adicionales para cada uno de los sistemas de riego mencionados anteriormente que permiten mejorar más aún su eficiencia: difusores a baja presión, pívots articulados, etc.

No obstante, independientemente del sistema de riego que se elija, un riego eficiente requiere realizar un balance de la demanda de agua del cultivo, para lo cual se precisa conocer con la mayor precisión posible cuales son sus necesidades hídricas y así evitar aportar más agua de la necesaria, o limitar su aporte a períodos críticos. Algunos de las herramientas de apoyo a la decisión que pueden utilizarse son: sondas tensiométricas, servicios de asesoramiento al regante o técnicas de teledetección mediante imagen satelital o drones.

IMPLEMENTACIÓN:

Una primera aproximación a las herramientas de apoyo a la decisión, gratuita y disponible para todo el mundo, consiste en consultar los servicios autonómicos de asesoramiento al regante. La página web de la Oficina del Regante de ITACYL (**www.itacyl.es/agro-y-geo-tecnologia/herramientas-para-toma-de-decisiones/oficina-del-regante**) dispone de varias herramientas para apoyar al agricultor. Mediante una red de estaciones meteorológicas distribuidas por el territorio y gracias al calibrado en el terreno que realizan los técnicos, se pueden solicitar informes dónde se indica la cantidad de agua que necesita un cultivo particular a lo largo del año para una zona determinada.

Sin embargo, si el agricultor está dispuesto a realizar una inversión en equipamiento, puede proveerse de sondas que miden el contenido de agua del suelo (tensiómetros). Otra opción de gran interés son las técnicas de teledetección, para las cuales existen servicios especializados en imagen multiespectral de satélites o drones, con la que se obtienen mapas muy precisos a nivel de parcela que indican, por ejemplo, la humedad del suelo o el estrés hídrico de las plantas.

Asimismo, en algunos lugares que no disponen de fuente de agua propia, el precio del agua puede variar a lo largo del día. A menudo, el precio del agua durante la noche es más bajo que durante el día. Programando por lo tanto los riegos por la noche se puede lograr no solo un ahorro económico, sino también una mejora en la eficiencia del riego al evitar las pérdidas de agua por evapotranspiración.

Figura 18 //// **Diferentes instrumentos y sensores para controlar las necesidades hídricas del cultivo.**

5.10 Programa de comercialización diferenciada basado en criterios de sostenibilidad

DEFINICIÓN:

El cambio climático plantea un desafío a todos los agricultores. Afrontarlo, sin embargo, puede suponer un esfuerzo económico crítico. Para lograr la adaptación al cambio climático, se deberá en muchos casos adaptar también la comercialización hacia un modelo que dote a la empresa de un alto valor añadido social y ponga en valor los esfuerzos de preservación del medioambiente que realizan los agricultores, traduciéndose en un incremento del margen comercial y en la priorización de su producto. Esto se denomina Programa de Comercialización Diferenciada.

BENEFICIOS:

MANEJO DEL **Suelo**	El programa contempla medidas sostenibles de manejo eficiente de suelos en coherencia con la adaptación al cambio climático.
MANEJO DE **Nutrientes**	El programa contempla medidas sostenibles de manejo de nutrientes en coherencia con la adaptación al cambio climático.
MANEJO DEL **Agua**	El programa contempla medidas sostenibles de manejo eficiente del agua en coherencia con la adaptación al cambio climático.
MANEJO DE **Plagas y Enfermedades**	El programa contempla medidas sostenibles de manejo de plagas y enfermedades en coherencia con la adaptación al cambio climático.
MANEJO DE LA **Eficiencia Energética**	El programa contempla medidas sostenibles de manejo de la eficiencia energética en coherencia con la adaptación al cambio climático.
Riesgos	Conseguir aportar valor añadido al producto e integrarlo en circuitos de comercialización diferenciada aumentará el margen de beneficios de la actividad agropecuaria. conseguir incluir el producto en nichos de mercado específicos reduce la necesidad de competir con grandes volúmenes en mercados convencionales, y diversifica las opciones.
Ganadería	Si el Programa de Comercialización Diferenciada contempla como pieza clave la gestión integrada de las fincas mediante la agricultura y la ganadería, la coherencia entre ambas actividades facilitará la labor del ganadero.
Biodiversidad	Un Programa de Comercialización Diferenciada con medidas de adaptación sostenibles se orientará necesariamente a favorecer la conservación de la biodiversidad.

IMPLEMENTACIÓN:

Para desarrollar un Programa de Comercialización Diferenciada, es necesaria la cooperación de los diferentes eslabones dentro de la cadena de suministro, no es algo que pueda alcanzarse en solitario.

El primer paso sería desarrollar unas bases técnicas en base a las cuales se va a diferenciar el producto (Código de Aprovisionamiento Sostenible). Estas bases incluirán una serie de buenas prácticas agronómicas como las que han podido verse con anterioridad en este documento, para las cuales se desarrollarán unos indicadores y un protocolo para su implementación (quién, cuándo, cómo, dónde y con qué recursos se van a implementar estas buenas prácticas).

Una vez diseñado el sistema, también ha de desarrollarse un plan de evaluación y mejora continua que permita cuantificar la mejora de los actores que componen el programa y medir el progreso de nuestro producto en el tiempo. Es este progreso el que, una vez medido y cuantificado con periodicidad (por ejemplo) anual, podrá ser comunicado a clientes y consumidores para demostrar en base a datos reales y verificables que el producto que se comercializa está dotado de una mayor calidad social y ambiental, ofreciendo al consumidor las herramientas e información necesarias para que pueda priorizar el producto por encima de otro e, incluso, pagar más por ello.

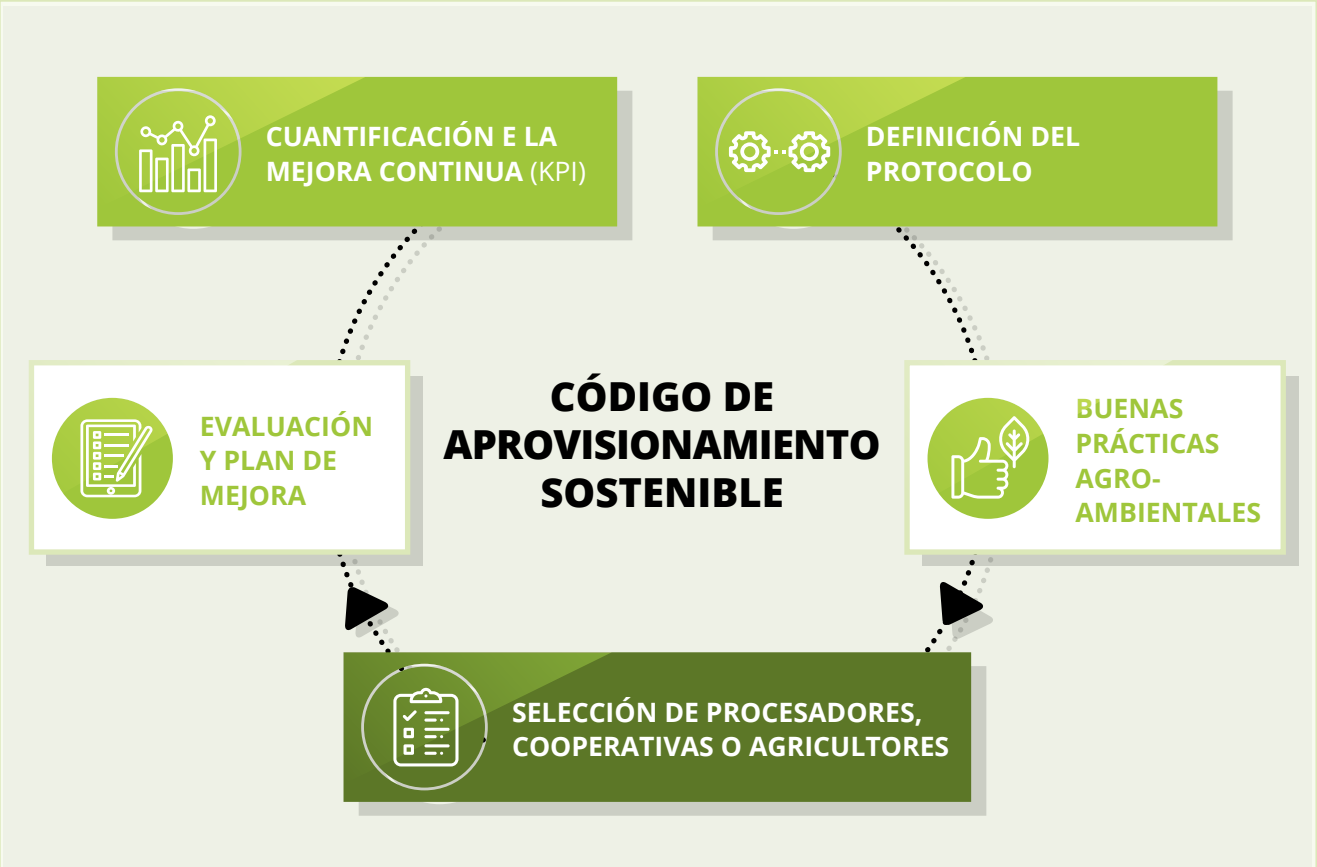


Figura 18 //// **Esquema de estrategia para un aprovisionamiento sostenible que desemboque en una comercialización diferenciada.**

Referencias bibliográficas

06

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

/// AgriAdapt, 2017:
Adaptación sostenible de sistemas agrarios europeos al cambio climático. *Informe de referencia.*

/// AgriAdapt, 2020:
Adaptación sostenible de sistemas agrarios europeos al cambio climático. *Manual de adaptación.*

/// European Environment Agency, 2020:
www.eea.europa.eu

/// Food & Biodiversity, 2019:
Biodiversidad en estándares y sellos en la industria agroalimentaria. *Biodiversity Fact Sheets – Cultivation of wheat.*

/// Gabaldón-Leal C., Lorite I.J., Mínguez M.I., Lizaso J.I.,Dosio A., Sanchez E., and Ruiz-Ramos M., 2015.
Strategies for adapting maize to climate change and extreme temperatures in Andalusia, Spain. *Climate Research, 65:159-173, doi:10.3354/cr01311.*

/// Garrido A., Rey D., Ruiz-Ramos M. and Mínguez M.I., 2011.
Climate change and crop adaptation in Spain: consistency of regional climate models. *Climate Research Climate Research 49, 211-227.*

/// Garrido A., Bielza M., Rey D., Mínguez MI. and Ruiz-Ramos M., 2011.
Insurance as an adaptation to climate variability in agriculture. *Chapter 19 in: Handbook on Climate Change and Agriculture Mendelsohn M and Dinar A. (Eds.), Edward Elgar Publishing Ltd., ISBN10 1849801169.*

/// GO Innovatrigo, 2020:
Innovaciones para la mejora de la sostenibilidad ambiental y económica para la producción de trigo en España. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs).*

/// Hugh J. Beckie et al., 2020.
Farming without Glyphosate? *Plants, MDPI Journals.*

/// Ibáñez D. 2011.
Efectos del cambio climático en las actividades agrarias y forestales. *2011.*

/// Iglesias A y Quiroga S. 2007.
Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain. *Climate Research. 34: pp. 45–57.*

/// Iglesias A., Quiroga S., Schlickenrieder J.. 2010.
Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain. *Climate Research, 44: 83-94.*

/// IPCC, 2014:
Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Ginebra, Suiza: IPCC.* Recuperado de **www. ipcc. ch/index. htm**

/// M.I. Mínguez Tudela. 2011 MINUNIMAD-CC:
Minimización de incertidumbres en los análisis de impactos y adaptaciones en los sistemas agrícolas de la Península Ibérica. Herramienta de Soporte Científico para la Toma de Decisiones Políticas". *AGL2008-00385. 2009- 2011.*

/// M.I. Mínguez Tudela. 2015.
MULCLIVAR, Subproyecto ACER-AGRO, Variabilidad Climática Multiescalar. Impactos Agrícolas Y Económicos. *Ii Evaluación Integrada De Riesgos Climáticos y Económicos: Adaptación De Sistemas Agrícolas En España.*

/// Moss, R. et al, 2008.
Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts and response strategies. *Informe de la reunión de expertos del IPCC celebrada del 19 al 21 de septiembre de 2007 en Noordwijkerhout (Países Bajos), Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Suiza, 132 págs.*

/// Moss, R. et al, 2010.
The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature, 463, 747–756.*

ADAP TRIDUR

ALMA PRIMA
Sustainable Raw Materials

INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRARIO

Junta de Castilla y León

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

VALDUEBRO

Con el apoyo de:

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales