



PROYECTO “LIFE RegaDIOX (LIFE12 ENV/ES/00426)”

INFORME INTERMEDIO DE EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Entregable perteneciente a la:

**ACCIÓN C. SEGUIMIENTO DEL IMPACTO DE LAS ACCIONES
DEL PROYECTO**

**C1 Seguimiento Medioambiental de las
Repercusiones del Proyecto.**

Documento:	INFORME INTERMEDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL
Fecha:	14/03/2016
Versión:	Borrador a contrastar entre los socios
Acción	C1. Seguimiento medioambiental de las repercusiones del proyecto.
Elaboración:	 GAP Recursos, S.L.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. El Proyecto LIFE REGADIOX	5
1.2. Metodología de Evaluación.....	6
1.2.1. Marco general de la evaluación	6
1.2.2. Metodología del proyecto	9
1.3. Marco Normativo del Cambio Climático	11
1.4. Contexto Socioeconómico del Proyecto	14
1.4.1. Emisiones de la agricultura	14
1.4.2. Consumo de energía en la agricultura navarra	15
1.4.3. Caracterización del regadío en Navarra	18
1.4.4. Efectos esperados del Cambio Climático sobre la agricultura de regadío en Navarra	21
1.4.5. Consumo de fertilizantes en la agricultura navarra	22
2. RESULTADOS AMBIENTALES DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO	26
2.1. Bases y objetivos de las Acciones B1 a B3	26
2.2. B1 Cambio de uso del suelo secano-regadío para fijación de carbono	27
2.2.1. Bases y Objetivos específicos de la Acción B1.....	27
2.2.2. Metodología de la experiencia demostrativa	27
2.2.3. Resultados	28
2.3. B2. Laboreo reducido en cultivos herbáceos de regadío, encaminado a la mayor fijación de carbono y balance de emisiones.....	33
2.3.1. Bases y objetivos de la Acción B2.....	33
2.3.2. Metodología de la experiencia demostrativa	33
2.3.3. Resultados ambientales del laboreo reducido en cultivos herbáceos.....	34
2.4. B3. Uso de cubiertas vegetales en cultivos permanentes de regadío, encaminadas a la mayor fijación de C y balance de emisiones	36
2.4.1. Bases y objetivos de la Acción B3.....	36
2.4.2. Metodología de la experiencia demostrativa	36
2.4.3. Resultados ambientales del laboreo reducido en cultivos permanentes	37
2.5. B4 Eficiencia del uso del N en fertilizantes orgánicos frente a fertilizantes inorgánicos	40
2.5.1. Bases y objetivos de la Acción B4.....	40
2.5.2. Metodología de la experiencia demostrativa	43
2.5.3. Resultados ambientales de la Experiencia B4	44
2.6. B5 Gestión sostenible del uso del agua de riego	46
2.6.1. Bases y objetivos de la Acción B5.....	46
2.6.2. Metodología de la experiencia demostrativa	47
2.6.3. Resultados ambientales de la Experiencia B5	48
3. RESULTADOS GLOBALES.....	53
3.1. Potencial de las experiencias demostrativas	53
3.1.1. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío definido y testado contribuye a la mitigación del cambio climático?.....	53

3.1.2. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío definido y testado contribuye a la adaptación al cambio climático?.....	54
3.1.3. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío mejora la eficiencia en el uso de energía?.....	55
3.1.4. ¿En qué medida el modelo de agricultura definido y testado reduce otros impactos ambientales de la actividad agraria haciéndola más sostenible?.....	55
PRÓXIMOS PASOS: PREPARACIÓN DEL INFORME FINAL DE EVALUACIÓN.....	57
Tareas previstas para la evaluación final ambiental y socioeconómica.....	57

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El Proyecto LIFE REGADIOX

El **objetivo general** del proyecto es **diseñar, demostrar, testar y difundir** el impacto que puede tener en los efectos del cambio climático, un **modelo mejorado de gestión sostenible de la agricultura de regadío** integrado en las políticas agrarias y rurales de Navarra.

Se centra en el análisis de **prácticas de manejo del suelo** que **incrementen a medio y largo plazo la captación y estabilización de CO₂ atmosférico como materia orgánica** del suelo, y de **prácticas de manejo que supongan un uso más eficiente y sostenible de los nutrientes la energía y el agua** y por tanto **menor cantidad de emisiones de gases** de efecto invernadero (GEI).

Los **objetivos específicos** que se han establecido son los siguientes:

- Diseñar un modelo innovador de gestión agrícola en sistemas de regadío para promover la adaptación y mitigación del cambio climático, enfocado en dos líneas de actuación:
 - 1) Fijación de Carbono orgánico en el suelo (balance de CO₂)
 - 2) Reducción de emisiones de GEI (balance de emisiones)
- Implementar con carácter demostrativo experiencias de referencia del modelo para contrastar la metodología propuesta y demostrar su impacto.
- Implementar experiencias piloto a gran escala para testar el impacto del modelo en la agricultura profesional.
- Evaluar el impacto de las actuaciones, los aprendizajes y los resultados de las acciones del proyecto desde un punto medioambiental y socioeconómico.
- Capacitar a agricultores y transferir los aprendizajes y resultados para su posible inclusión en prácticas habituales, así como capitalizar y elevar éstos a políticas agrarias/medioambientales a nivel regional, nacional y europeo.
- Difundir el modelo y su papel principal como mitigador del cambio climático a nivel regional, nacional y europeo; para su posible capitalización y transferencia a otros territorios (sobre todo aquellos con clima semiárido del sur de Europa).

El **plan de acción** estructura las acciones en los siguientes bloques:

A) Acciones preparatorias.

B) Acciones técnicas de implementación de experiencias demostrativas en dos líneas de actuación, la mejora de la fijación de carbono orgánico en el suelo y la reducción de emisiones de GEI. Las acciones son las siguientes:

- B1 Experiencias demostrativas de cambio de uso del suelo seco-regadío para fijación de carbono
- B2. Experiencias demostrativas de laboreo reducido en cultivos herbáceos de regadío, encaminadas a la mayor fijación de carbono y balance de emisiones.
- B3. Experiencias demostrativas de uso de cubiertas vegetales en cultivos permanentes de regadío, encaminadas a la mayor fijación de C y balance de emisiones.

- B4 Eficiencia del uso del N en fertilizantes orgánicos frente a fertilizantes inorgánicos
- B5 Gestión sostenible del uso del agua de riego
- B.6 Experiencias piloto a gran escala implantadas en parcelas agrícolas profesionales.
- C) Acciones de seguimiento del impacto medioambiental y socioeconómico del proyecto.
- D) Acciones de sensibilización difusión, formación y capitalización de agricultores e inclusión de aprendizajes en políticas agrarias o medioambientales.
- E) Acciones de gestión y coordinación del proyecto y el consorcio

El proyecto cuenta con **tres beneficiarios directos** (un beneficiario coordinador y dos asociados): Fundación FUNDAGRO (beneficiario coordinador), la UPNA (Universidad Pública de Navarra) e INTIA (Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias). Además, dispone de entidades colaboradoras, como las Cooperativas agrarias de la Comunidad Foral de Navarra, las Asociaciones de Regantes, los Gestores de Residuos Orgánicos y una implicación importante del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra.

1.2. Metodología de Evaluación

1.2.1. Marco general de la evaluación

La Evaluación del impacto ambiental del proyecto se enmarca en la Acción **C. Acciones de seguimiento del impacto medioambiental y socioeconómico del proyecto**, cuyo objetivo es monitorizar los indicadores de impacto ambiental y elaborar una evaluación del impacto ambiental y socioeconómico del proyecto.

Tal y como se definió inicialmente y se desarrolló posteriormente en el Plan de Evaluación¹; el **presente informe se centra en los aspectos ambientales**, aunque se complementará en la fase final del proyecto con un informe socioeconómico.

La evaluación ambiental se orienta mediante preguntas de evaluación, cuya respuesta se basan principalmente en los indicadores de impacto del proyecto generados en las experiencias demostrativas (Acción B), y en información y conocimientos adicionales aportados por los socios, el panel de expertos (a través de los Workshops del proyecto) y la bibliografía relacionada. Las tablas siguientes muestran las preguntas ambientales de evaluación y los indicadores establecidos, con las previsiones iniciales.

¹ Entregado en Noviembre de 2014

Cuadro 1: Preguntas para la evaluación ambiental

PREGUNTAS	CRITERIOS
1. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío definido y testado contribuye a la mitigación del cambio climático?	<ul style="list-style-type: none"> – Debido a un balance de C más positivo (captura – emisiones) por transformación de secano en regadío – Debido a prácticas de manejo en regadío que potencian la captura de C (efecto sumidero) – Debido a prácticas de manejo en regadío con menores emisiones de GEI
2. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío definido y testado contribuye a la adaptación al cambio climático?	<ul style="list-style-type: none"> – Por mejorar la eficiencia del uso de agua y nutrientes – Por permitir la diversificación de cultivos
3. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío mejora la eficiencia en el uso de energía ?	<ul style="list-style-type: none"> – Menor uso de energía por unidad de producción
4. ¿En qué medida el modelo de agricultura definido y testado reduce otros impactos ambientales de la actividad agraria haciéndola más sostenible?	<ul style="list-style-type: none"> – Por permitir el control y prevención de la erosión del suelo agrario, la contaminación por nitratos en aguas subterráneas, o la reducción de residuos agrarios... – Por generar otros impactos ambientales positivos indirectos (biodiversidad)

Cuadro 2: Indicadores de resultado del proyecto

Indicador	Unidad de medida/ <i>método de cálculo</i>	Experiencias	Resultados esperados (Objetivos)	Observaciones sobre los objetivos
1. Variación de Secuestro de C atmosférico	t CO ₂ eq/ha x año kg CO ₂ /Kg cosecha	B1+B6	+2,78 t CO ₂ eq/ha año	Estimado para maíz en base a ensayos previos
		B2+B6	+0,45 t CO ₂ eq/ha año	Estimado para secano en base a ensayos previos
		B3+B6	+1,78 Mg t CO ₂ eq/ha año	Estimado para viñedo en base a ensayos previos
2. Variación de CO₂equiv emitido	Kg CO ₂ equiv/ha	B1,B2, B3+B6	--	A determinar
		B4+B6	- 178 kg CO ₂ equiv/ha ²	Estimado en base a ensayos previos
		B5+B6	-100 t CO ₂ equiv /ha ³ Reducción del gasto energético: -5% de energía/ha ⁴	Adicionalmente: auditorías en 32 redes de IG que cubren 33.000 has aprox. y

² Aplicando el factor de emisión de 5,927 kg CO₂equiv/Kg N

³ Junto con la acción B4

⁴ Debido a la reducción de presión de trabajo en cada uno de los diseños y sistemas de riego. Actualmente el diseño de los sistemas de regadío en el Canal de Navarra se realiza con una presión de 54 m.c.a. de entrada en la parcela. El objetivo planteado es trabajar con una presión mínima en parcela de 40 m.c.a. El cálculo del ahorro energético se realiza teniendo en cuenta que el consumo medio de los regadíos navarros utiliza 0,0038 kwh mcaxm3, según información de las

Indicador	Unidad de medida/ método de cálculo	Experiencias	Resultados esperados (Objetivos)	Observaciones sobre los objetivos
				replanteamientos de las redes con los resultados del modelo
3. Prevención de la erosión	Tn de suelo erosionado evitado/ha	B1,B2, B3+B6	A determinar	Factor K (factor de erosionabilidad) y C (factor de cobertura del suelo) de la ecuación USLE ⁵
4. Variación de Unidades Fertilizantes (UF) de N/ha aportado con abono mineral	Kg UF N/ha ⁶	B4 + B6	-30 Kg N/ha	Estimado en base a ensayos previos
	Kg CO ₂ equiv/ha emitido		--	--
5. Variación de la eficiencia en el uso de energía	E _{consumida} (Mj/ha) E _{consumida} (Mj/kg cosecha)	B1, B2, B3, B4, B5 +B6	--	A determinar
6. Variación de margen bruto	€/ha	B1, B2, B3, B4, B5 +B6	--	A determinar

La valoración ambiental y socioeconómica del modelo se realiza a nivel micro (por unidad de superficie y en las explotaciones que han intervenido en la experiencia piloto), y posteriormente se generalizan los resultados a nivel macro a las zonas áridas y semi-áridas de Navarra.

El **ámbito territorial** utilizado es la superficie potencialmente beneficiada por el proyecto en Navarra: superficie actual regada y superficie en transformación de regadío, tomando la superficie potencialmente afectada por el proyecto del Canal de Navarra.

comunidades de regantes, por lo que la reducción de 14 m.c.a. supondría un ahorro estimado de 320 kwh ha, con un consumo medio de 6.000 m3 de agua.

⁵ La Ecuación de la Pérdida Universal de Suelos (USLE) se expresa como: $A = R * K * LS * C * P$, donde: A = Pérdida estimada promedio de suelo en Ton/ha/año; K = Factor de erosionabilidad del suelo; L = Factor de longitud de la pendiente; S = Factor de inclinación de la pendiente; C = Factor de cobertura del suelo; y P = Factor de las prácticas de manejo. **El factor K** se puede calcular mediante la ecuación: $100 K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4}) (12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3) (5.6)$, en donde: M = (% limo+arena muy fina)*(100-%arcilla); a = % de materia orgánica; b= código de estructura de suelo; c= clase de permeabilidad (valor K en unidades inglesas). **El factor C** representa la relación entre la pérdida de suelo de una superficie sin vegetación, C=1, y la erosión con la cobertura en consideración.

⁶ Los ensayos determinarán la eficiencia de los fertilizantes orgánicos, teniendo en cuenta los Kg de UF de N mineral que pueden ser sustituidas, para obtener la dosis óptima de fertilización recomendada.

1.2.2. Metodología del proyecto⁷

Las experiencias demostrativas se han diseñado para obtener resultados representativos y aplicables en Navarra: se han considerado las 2 principales zonas agroclimáticas de la geografía navarra con regadío y los manejos agrícolas habituales. En los casos en los que se dispone de mapa de suelos, las experiencias se localizan en las unidades de suelo más representativas de cada zona.

En una primera fase se ha realizado una selección previa de parcelas con características similares para comparar la situación de referencia y la práctica estudiada. Posteriormente se ha procedido a la selección definitiva en base a un análisis territorial detallado⁸ que ha incluido la caracterización de los suelos, el clima y la identificación de manejos. De forma resumida:

- **El suelo** se ha caracterizado⁹ en base a herramientas existentes: mapa geológico y mapa de suelos de Navarra, cuando se disponía, y a calicatas realizadas en las parcelas por el equipo del proyecto.
- Para la **caracterización del clima** de las zonas estudiadas se ha utilizado datos de la red de estaciones meteorológicas del Gobierno de Navarra (<http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm>) y la caracterización agroclimática de las zonas incluidas en el Proyecto del estudio agroclimático de Navarra elaborado por el Gobierno de Navarra (DRIEMA) en el 2001.
- La información de los manejos de las parcelas se ha recopilado mediante entrevistas personales a los agricultores. Este ha sido el principal criterios de inclusión de las parcelas en el Proyecto.

A) Metodología para la cuantificación del secuestro de carbono atmosférico en el suelo

Los cambios en el almacén de C orgánico del suelo son lentos, por lo que no es posible observarlos directamente en el periodo del proyecto si se comienzan a medir a partir del cambio seco a regadío. Esto se ha solventado con un diseño *quasi experimental*, utilizando parcelas regadas desde hace varios años (y con distinta antigüedad del regadío), de manera que **la comparación con la situación de seco, se realiza con otras parcelas de seco no transformadas o no regadas**. Se señala como limitación que se estudian aproximaciones, asumiendo hipótesis basadas en estudios previos, de que las parcelas de seco y regadío seleccionadas en un mismo tipo de suelo y zona agroclimática son comparables. Se asume que los suelos de regadío antes de ser regados estaban en condiciones similares que los de seco en cada una de las zonas y tipos de suelos estudiados.

Una vez seleccionadas las parcelas, la cuantificación del secuestro de C se ha realizado en base al stock de carbono, analizando muestras de suelo obtenidas aplicando el protocolo de muestreo propuesto por el JRC¹⁰, y comparando los resultados con las parcelas de referencia.

Hay que señalar que el análisis del C fijado en el suelo se centra en el C orgánico, a pesar de que el C inorgánico constituye el 99% del C del suelo. Es probable que el regadío y el manejo

⁷ La metodología se detalla en los informes de cada experiencia. Este apartado pretende ser un breve resumen que permita comprender los resultados del proyecto.

⁸ La selección definitiva no se ha realizado sobre parcelas catastrales, sino que se ha apoyado en el concepto de Unidad de Gestión de Cultivo (UGC), que se corresponde con la superficie asociada al mismo manejo o gestión, que puede o no coincidir con la parcela catastral, y en algunos casos además, incluida en una unidad o tipología de suelo determinada.

⁹ “Entregable 12_A2_ Informe de caracterización edáfica y climática. Análisis territorial”

¹⁰ Joint Research Centre de la Comisión Europea (Sotlvolboy et al., 2007)

agrícola modifiquen los procesos naturales de los carbonatos. La bibliografía indica que éstos se van perdiendo en un ciclo muy largo, pero no se conoce hasta qué punto se lixivian o se emiten a la atmósfera, siendo un proceso muy desconocido y complejo de cuantificar.

B) Metodología para el Cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en parcela

La metodología calcula el balance de emisiones de GEIs asociadas a cada manejo, mediante la **herramienta de evaluación de Huella de Carbono de las producciones agropecuarias Eurenens3** (resultado de proyectos anteriores), basadas en la norma PAS2050.2011. El balance asociado a los diferentes manejos considerados se calcula a partir del balance energético¹¹, permitiendo comparaciones.

Los manejos agrícolas de las parcelas se han recogido con un cuestionario cumplimentado por los agricultores participantes y completado con entrevistas personales. Se utiliza información sobre el parque de maquinaria, instalaciones, labores, tratamientos fitosanitarios, fertilización, etc, que los agricultores han realizado durante un ciclo de cultivo completo en un año.

El balance de GEI ha tenido en cuenta lo siguiente:

1. Emisiones de los suelos directas e indirectas de óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂), por aplicación de fertilizantes sintéticos u orgánicos, mineralización de residuos agrícolas, lixiviación y escorrentía, deposición y volatilización.
2. Producción de insumos (semillas, fitosanitarios y fertilizantes).
3. Consumos de energía (electricidad en riego por bombeo y combustible para labores agrícolas) y aceites de motor en tractores.
4. Tratamiento de residuos plásticos de los envases fitosanitarios
5. Quema de residuos agrícolas.

Hay que señalar las siguientes **limitaciones de la metodología**:

a) la exclusión de algunos factores en el cálculo del balance:

- no ha sido posible incorporar el transporte de trabajadores, de material, de insumos agrícolas (se considera el proceso de transformación hasta la salida de fábrica), o de las producciones; No obstante, esto evita introducir sesgos relacionados con la distancia entre las parcelas y las cooperativas.
- Tampoco se considera el proceso de fabricación de la maquinaria y las instalaciones. En este sentido, para el análisis de los sistemas de riego se destaca que no se tiene en cuenta las emisiones derivadas de la construcción de las infraestructuras de riego (Canal de Navarra).

¹¹ El análisis energético evalúa las cantidades de energía asociadas a los factores implicados en los procesos de producción. Se considera la utilización de energía directa e indirecta. La energía de uso directo es la que procede de los productos derivados del petróleo. Para su cálculo, se ha computado los litros por hectárea utilizados en las distintas labores. A cada uno de los equipos se le asigna una cantidad de litros consumidos para realizar la labor de una hectárea y se multiplicará por el número de veces que se realiza la operación. La energía de uso indirecto incluye toda la energía requerida para la obtención de todos los factores que intervienen en el proceso productivo y se considerarán los siguientes: fabricación y mantenimiento de los equipos mecánicos, fertilizantes, semillas, fitosanitarios y riego.

- b) Limitaciones en el cálculo por no disponerse de determinada información, o utilizarse factores de emisión genéricos, no adaptados a las condiciones de las zonas agroclimáticas del sur de Europa.

1.3. Marco Normativo del Cambio Climático

El año 2005 la Comisión puso las bases de la estrategia de la Unión Europea (UE) de lucha contra el cambio climático¹², y posteriormente propuso acciones concretas¹³ para limitar los efectos del cambio climático y reducir la posibilidad de graves perturbaciones irreversibles a nivel planetario.

El Paquete de Energía y Cambio Climático establece un **objetivo global comunitario de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de un 20% para el año 2.020**¹⁴ respecto a los niveles de emisiones de 1.990. El esfuerzo para conseguir estas reducciones se reparte entre dos bloques:

- el de los sectores más intensivos en el uso de la energía, sometidos al comercio de emisiones, que deben lograr en 2.020 una reducción de sus emisiones del 21% respecto a sus niveles del año 2.005; y
- el bloque de los “sectores difusos”, dentro de los cuales se encuentra la agricultura, que debe **reducir para 2020 un 10%** de los GEI respecto a 2005 en base a una asignación anual máxima de emisiones establecida para cada EM, pero un 30% en 2030. Entre las medidas de la Comisión para lograrlo, se encuentra el apoyo a la **gestión adecuada de los suelos y de su uso para reducir las emisiones** antropogénicas de gases de efecto invernadero, por ejemplo gracias al almacenamiento del carbono a través de la agricultura y al fomento de las actividades que generan pocas emisiones. Dentro de este objetivo se encuentra en fase de acuerdo la Estrategia temática para la protección del suelo.

A nivel Estatal, en octubre de 2007 se aprobó una **Estrategia española de cambio climático y energía limpia, horizonte 2007- 2012 -2020** y en 2014 el MAGRAMA elaboró una **hoja de ruta** previa a la elaboración obligatoria de una estrategia de desarrollo bajo en carbono. Dentro del sector agrícola y ganadero se contemplan medidas principalmente para las actividades que suponen mayores emisiones de acuerdo a las categorías del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, como son los suelos agrícolas, la gestión de estiércoles y la utilización de combustibles fósiles por parte de la maquinaria agrícola. Dentro de las **medidas de la hoja de ruta relacionadas con los suelos agrícolas se contempla entre otras, la siembra directa**, la formación para mejorar la eficiencia en la fertilización, y la introducción de cubiertas de leguminosas sembradas en cultivos leñosos en regadío.

¹² Comunicación de la Comisión, de 9 de febrero de 2005, «Ganar la batalla contra el cambio climático mundial» [COM (2005) 35 - Diario Oficial C 125 de 21.5.2005].

¹³ Comunicación de la Comisión, de 10 de enero de 2007, «Limitar el calentamiento mundial a 2 °C - Medidas necesarias hasta 2020 y después» [COM (2007) 2 final - no publicada en el Diario Oficial]

¹⁴ Decisión n° 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020. La Decisión fija la contribución mínima de cada Estado miembro en materia de emisiones de gases de efecto invernadero. La Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones de 26 de mayo de 2010 denominada «Análisis de las opciones para rebasar el objetivo del 20 % de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y evaluación del riesgo de fugas de carbono» [COM(2010) 265 final – no publicada en el Diario Oficial], analiza qué medios son necesarios y las posibles consecuencias derivadas del objetivo del 20 % y 30 % de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Navarra aprobó en enero de 2011 su *Estrategia frente al Cambio Climático de Navarra 2010-2020* para lograr los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta estrategia parte del diagnóstico y de escenarios de futuro, y establece actuaciones específicas y un calendario dirigidas a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como dar los primeros pasos que permitan la adaptación a los efectos de este fenómeno climático. A continuación se muestra para el sector agrario el diagnóstico realizado y las acciones previstas dentro de la estrategia.

Tabla 1. Estrategia frente al Cambio Climático de Navarra 2010-2020: DAFO del sector primario

DEBILIDADES	AMENAZAS
1. Falta de apoyo a modelos de producción agrícola eficaces y sostenibles. 2. Falta de competitividad de la agricultura ecológica frente a la convencional. 3. Ausencia de un plan específico de reducción de las emisiones de GEI en este sector que emite no sólo CO ₂ , sino también CH ₄ y N ₂ O en cantidades relevantes.	1. Falta de competitividad de la producción de leguminosas, a pesar de las numerosas ventajas que presentan como fertilizantes naturales de los suelos. 2. Grado de éxito de las campañas de formación y sensibilización entre agricultores y ganaderos.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Trabajo de investigación y formación llevado a cabo por los INTIA y por Riegos de Navarra. 2. Elevada incidencia en la toma de decisiones por parte de INTIA en lo referente a las explotaciones del sector agrario, por encima de media nacional.	1. Potenciación de auditorías energéticas. 2. Apuesta por el fomento del cultivo de leguminosas. 3. Desarrollo de herramientas específicas que contribuyan a la mejora de la gestión de las explotaciones. 4. Iniciación de proyectos piloto de utilización concertada de abonos orgánicos. 5. Creación de grupos de gestión conjunta de purines. 6. Desarrollo de un proyecto que defina las herramientas para la toma de decisiones en las explotaciones agrícolas.

Tabla 2. Acciones de la Estrategia Navarra Estrategia frente al Cambio Climático de Navarra 2010-2020 en Agricultura

PR1.4. Mejorar la efectividad del riego y abonado mediante implantación de tecnologías apropiadas (de irrigación por goteo y por aspersión y de fertirrigación) y mediante formación y asistencia al regante, a la vez que se continúa realizando el registro de consumos de agua.
PR1.5. Continuar fomentando la difusión del laboreo de conservación, es decir, la reducción de las operaciones de laboreo, que comprende tanto el mínimo laboreo como el no laboreo, así como la introducción de cultivos como cubiertas vegetales, bien en toda la superficie de plantaciones de cultivos leñosos o en el centro de las calles, entre hileras de árboles.
PR1.9. Valorización de la materia orgánica de calidad como fertilizante (estiércol, purines, lodos y abonados verdes).



Como puede deducirse de este apartado, el proyecto **Life Regadíos** resulta **muy oportuno y coherente en relación a los marcos normativos nacional y autonómico**, por aportar una importante base de conocimiento para el diseño y la aplicación de acciones específicas, y por su acción divulgativa y demostrativa.

1.4. Contexto Socioeconómico del Proyecto

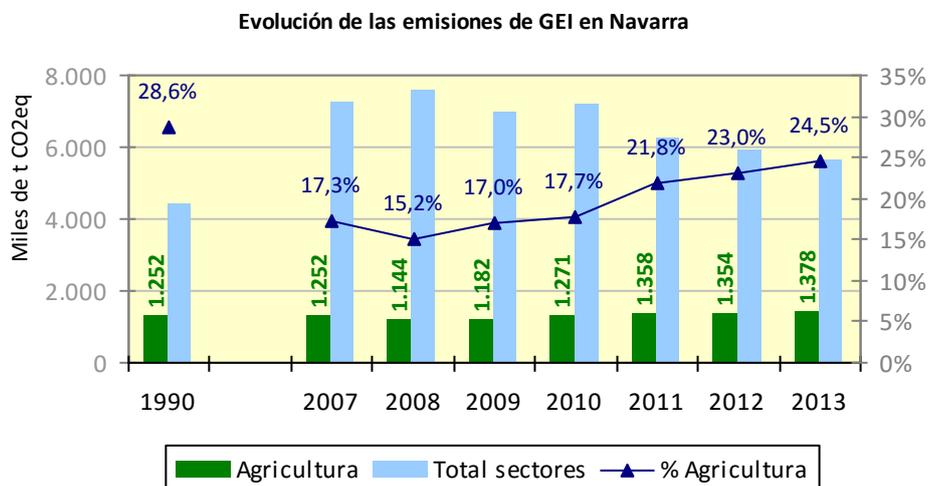
En este apartado se pretende mostrar brevemente la situación del contexto en el que se desarrolla el proyecto, en relación a las temáticas relevantes sobre las que el proyecto supondrá impactos potenciales, que asimismo ha de ser considerada en las recomendaciones que se deriven.

Se abordan los siguientes temas: las emisiones de GEI de la agricultura, el consumo de energía en este sector, la caracterización del regadío en Navarra y el consumo de fertilizantes.

1.4.1. Emisiones de la agricultura

El Inventario Nacional de Emisiones muestra a nivel nacional al sector agrícola y ganadero como responsable del 14% del total de las emisiones de GEI en España¹⁵. Dentro del sector destacan las emisiones de los suelos agrícolas, que suponen la mitad de las emisiones del sector agrícola, las derivadas de la gestión de estiércoles y las derivadas del uso de combustibles por la maquinaria agrícola.

En Navarra, la agricultura supone en 2013 una emisión de GEI de 5.636 miles de t de CO₂eq, el 24,5% del total de las emisiones GEI regionales. La tendencia es ascendente en los últimos años, al contrario que las emisiones del conjunto de sectores económicos de Navarra, que descienden de forma continuada, aspecto que se relaciona con el contexto de crisis económica¹⁶.



¹⁵ Emisiones comprendidas en el capítulo agricultura y las comprendidas en el sub-apartado combustión en agricultura dentro del capítulo de energía. Fuente: MAGRAMA

¹⁶ En el descenso de las emisiones en Navarra tiene un peso importante el comportamiento del sector de la Energía, con caídas de la producción de energía eléctrica de los ciclos combinados (con utilización de gas natural), aunque de manera general se ha producido un descenso en el resto de sectores, debido a la situación de crisis actual, tanto a nivel nacional como internacional.

La estrategia frente al CC de Navarra 2010-2020 muestra para 2020 un escenario tendencial¹⁷ que supone para el periodo 20015-2020 un incremento medio anual de las emisiones del 3,86%, y una reducción del -0,62% en un escenario probable de aplicación de medidas del Plan.

La estrategia frente al CC, reconoce la **necesidad de orientar medidas de mitigación de emisiones de efecto invernadero en torno a acciones de gestión de tierras agrícolas**. La gestión agrícola, junto a la silvicultura son factores que para Navarra suponen **sumideros de carbono que son considerados en la contabilización del protocolo de Kioto**, aunque el protocolo establece restricciones en el caso de la gestión forestal.

Teniendo en cuenta la contabilidad Kioto, las medidas del Plan de Acción por el Clima de Navarra 2010-2012 (como parte de la estrategia frente al CC), esperaban que **la gestión de las tierras agrícolas generara un efecto sumidero del 0,50% del total de emisiones GEI en Navarra** (promedio esperado para 2010-2012), que ascendería al 1,96% considerando también las actividades de gestión de los bosques y la forestación y reforestación que pueden contabilizarse en el protocolo de Kioto. En el caso de las tierras agrícolas, las medidas que contabilizaban un sumidero adicional se centraban en el impulso de la agricultura ecológica con un cómputo de aproximadamente 31.500 tCO₂ anuales evitadas.

1.4.2. Consumo de energía en la agricultura navarra

La agricultura concentra alrededor del 7% del consumo energético total de Navarra (ver Tabla). En los últimos 10 años el consumo agrícola de energía se ha reducido un 10,51%, principalmente a partir del año 2010, tras importantes incrementos entre 2003 y 2006¹⁸. Esta tendencia descendente se muestra también en el conjunto de la economía navarra, pero con tasas más moderadas.

Tabla 3. Consumo de energía final en Navarra (TEP)

Sector	2003	2009	2010	2011	2012	2013
Agricultura	134.468	159.305	161.867	141.782	118.896	120.340
Total sectores	1.889.750	1.913.655	2.028.790	1.970.600	1.895.067	1.827.464
% agricultura	7,1%	8,3%	8,0%	7,2%	6,3%	6,6%

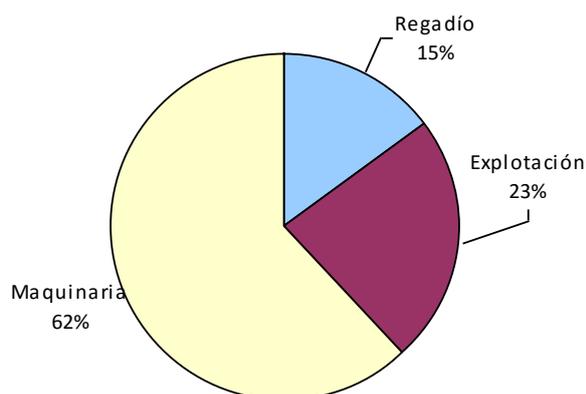
Tasa anual	Media 2003-2013	Media 2003-09	2010	2011	2012	2013
Agricultura	-10,51%	3,1%	1,6%	-12,4%	-16,1%	1,2%
Total sectores	-3,30%	0,2%	6,0%	-2,9%	-3,8%	-3,6%

¹⁷ Basado en las tendencias del periodo 1990-2009 que refleja la continuidad de las pautas de comportamiento observadas y en el que únicamente se registran las mejoras tendenciales.

¹⁸ Según el diagnóstico del Plan Energético de Navarra 2020, el sector agricultura duplicó su consumo energético entre 1998 y 2008, de manera especial entre los años 2003 y 2006, y lo atribuye a la extensión del regadío y a las crecientes necesidades energéticas de la ganadería intensiva frente a la tradicional ganadería extensiva.

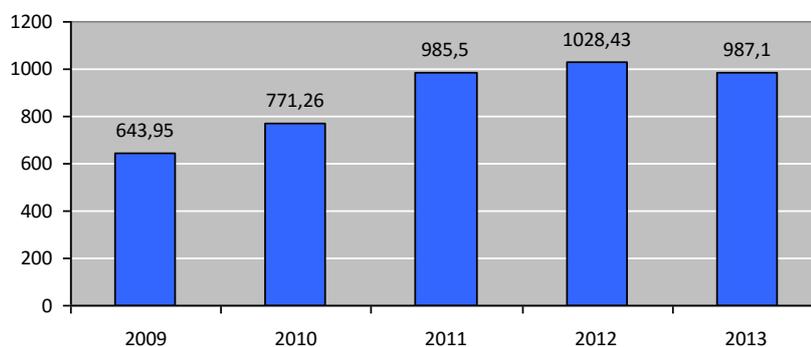
En la agricultura española, el regadío representa el 15% del consumo de energía, peso que en Navarra se estima inferior, alrededor del 3%¹⁹. Las fuentes de energía utilizadas para el riego son electricidad y gasoil, mientras que en el conjunto de la agricultura navarra, el petróleo y derivados representa el 81% seguido del gas natural (10%) y la electricidad (8%)²⁰.

Usos de la Energía en Agricultura (España, 2010, IDAE)



La dependencia de la energía y el incremento de su precio (un 53% entre 2009 y 2013, ver gráfico), especialmente el de la tarifa eléctrica, supone un incremento de los costes del regadío, que influyen en la rentabilidad de las explotaciones. En los últimos años, el peso de los costes de la energía ha subido 2 puntos porcentuales en las explotaciones agrícolas, hasta alcanzar el 14,2% de los gastos totales.

€/TEP consumido en agricultura

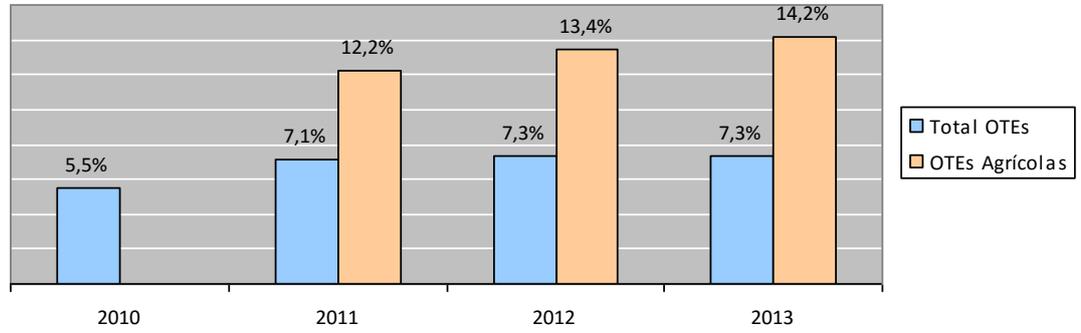


Fuente: Elaboración a partir de datos del Balance Energético de Navarra

¹⁹ Estimado en base a la superficie que requiere bombeo (24.585 ha) y a un consumo medio de energía de 1.543 Kwh/ha/año (datos 2009), sobre el total de energía consumida en agricultura.

²⁰ Fuente: Balance Energético de Navarra. Promedio de los años 2011 a 2013.

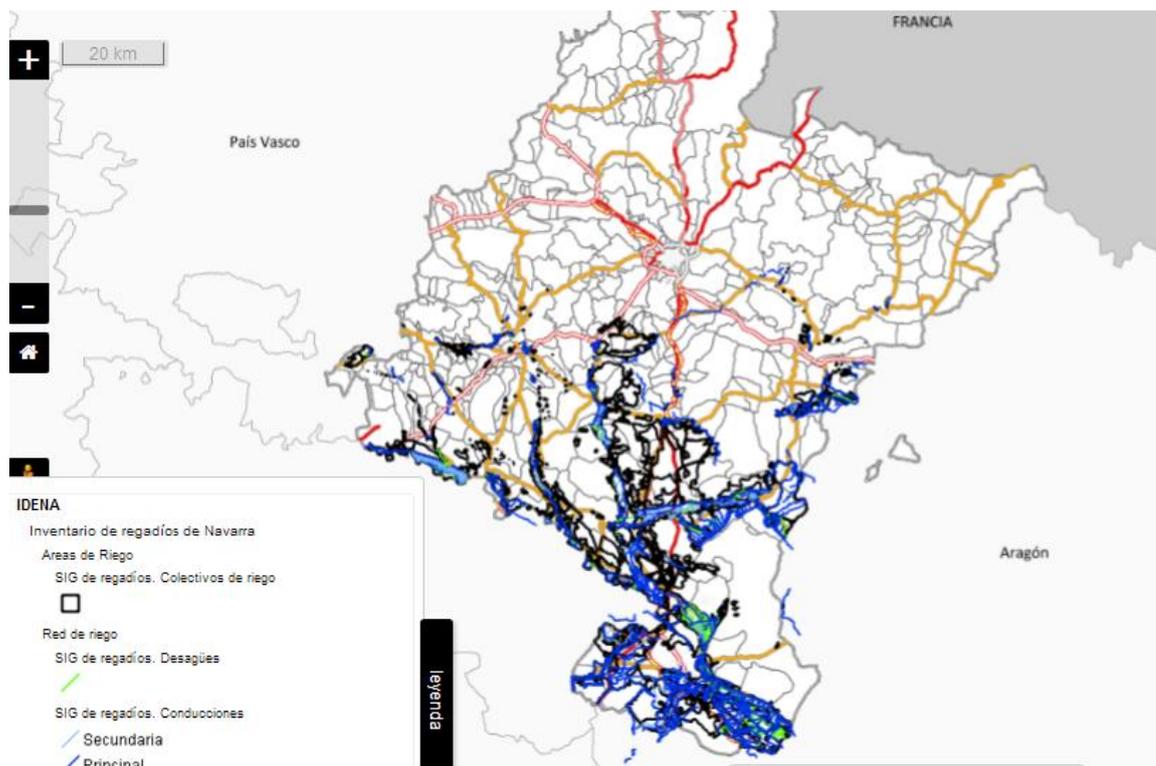
Peso del gasto en energía sobre gasto total de las explotaciones
(Red Contable Agraria, Navarra)



1.4.3. Caracterización del regadío en Navarra

La superficie en regadío en Navarra es en 2014 de 116.530 ha²¹ y supone el **36,2% de la superficie total cultivada** y el **21,4% de la Superficie Agraria Útil (SAU)** de Navarra, localizada en la zona sur (ver Mapa siguiente).

Mapa 1. Mapa zonas de regadío en Navarra



El estudio de impacto de la política de precios del agua y su influencia en la renta y el empleo agrario como consecuencia de la aplicación de la Directiva Marco 2000/60/CE²², estima que la producción del regadío en Navarra **estaría próximo al 0,9% del PIB total y al 35% del PIB agrario**²³. La producción bruta es de 2.177 €/ha y el margen bruto de 1.671 €/ha, mientras que la productividad del trabajo se estima en 32.911 € de margen bruto por UTA y un Valor Añadido Neto por UTA al coste

²¹ Según el Servicio Oferta Agroindustrial-Estadísticas INTIA, S.A, para la Superficie de Regadío (suma de las hectáreas de cada una de las parcelas que constituyen las zonas regables). Según las estadísticas del Negociado de estadística del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, la superficie de cultivo en regadío es en 2014 de 107.242 ha, considerando superficie de cultivo en ocupación primera o principal, posteriores y asociadas.

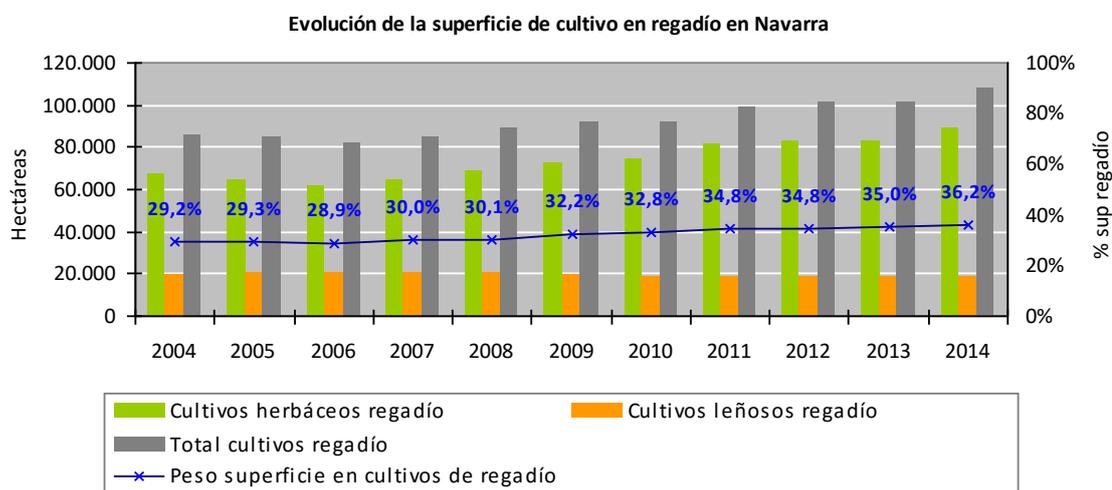
²² Estudio "Impacto de la política de precios del agua en las zonas regables de Navarra y su influencia en la renta y el empleo agrario como consecuencia de la aplicación de la Directiva Marco 2000/60/CE, contratado por Riegos de Navarra a QU, finalizado en 2009.

²³ El estudio considera información macroeconómica y microeconómica del año 2007 y la superficie puesta en regadío de 2008.

de los factores de 22.674 €/UTA. El estudio concluye que el regadío concentraría el 43% de la ocupación agraria (5.245 UTAs) y el 1,8% de la ocupación total navarra. En base a información estadística de la Encuesta de Estructuras de Explotaciones Agrícolas de 2013, la zona **regable beneficia a 8.597 explotaciones**, el 58,5% de las totales en Navarra.

En el periodo 2004-2014 **la superficie regable se ha incrementado un 24,7%** (ver gráfico siguiente), principalmente por la construcción del Canal de Navarra. La construcción del Canal estaba prevista en dos fases para una zona regable de 53.125 ha. La primera fase ha transformado aproximadamente 22.500 ha (un 19% de la superficie en regadío actual), de la cual en 2014 se considera que equipado con riego en parcela el 87 por ciento de la extensión. Sin acometer la segunda fase, se ha proyectado una ampliación de la primera que permitirá el riego de otras 15.275 hectáreas, cuya adjudicación se realizó en abril de 2014. Si se lleva a cabo la Fase II del Canal de Navarra, en conjunto se cubrirá 59.160 ha de transformación y la optimización energética de regadíos de 51.522 ha²⁴.

Gráfico 1. Evolución de la superficie de cultivo en regadío por tipo de cultivo



La zona regable **se aprovecha en un 83% en base a cultivos herbáceos y en el 17% restante con leñosos**. La superficie de estos últimos tiende a un ligero descenso en los últimos 10 años (-4,4% en el periodo 2004-2014), de manera que las nuevas zonas regables se ocupan principalmente con cultivos herbáceos.

El gráfico siguiente muestra la distribución de cultivos, en la que destacan los cereales grano como grupo principal (48,6%), seguido de hortalizas (19,4%), cultivos forrajeros (11,9%) y la viña, que es el cultivo leñoso de mayor peso. Entre los cereales grano, el maíz ocupa algo más de 20.000 hectáreas (41% de la superficie de cereal) y el trigo blando y la cebada el resto, con un peso similar.

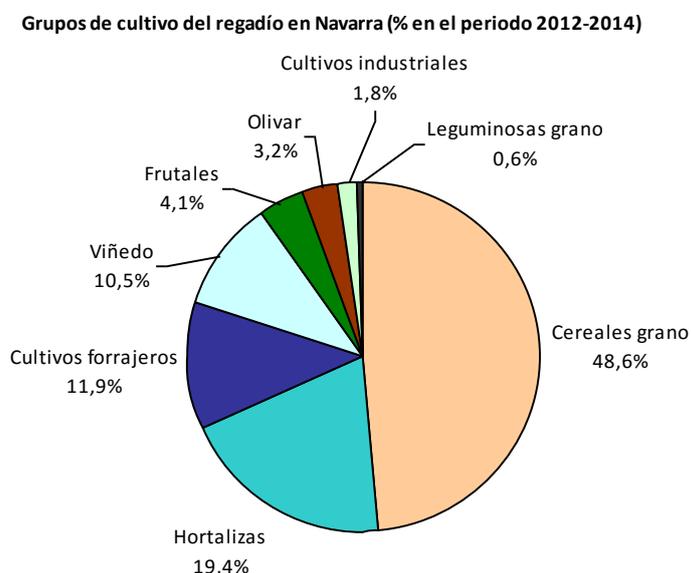
Considerando la producción en toneladas de los principales productos agrarios de Navarra, en 2014 el 61,0% provenía del regadío²⁵. Este peso es prácticamente del 100% en producciones asociadas al riego (cultivos hortícolas y fruta fresca), pero también es elevado en cultivos tradicionales de zonas de secano (67,0% de la producción de oliva para aceite, 57,0% de la de uva para vinificación total).

²⁴ Regadíos que se consolidan (regadíos eventuales, regadíos tradicionales con elevación y regadíos a presión con bombeo)

²⁵ Elaboración con datos del Negociado de Estadística Agraria y Estudios Agrarios. Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente. No se han considerado las praderas naturales.

Hay que señalar que **aproximadamente un 16% de la superficie útil del regadío²⁶ obtiene más de una cosecha anual**, siendo el porcentaje medio de aprovechamiento de dobles cosechas del 19%²⁷.

Gráfico 2. Aprovechamiento del regadío de Navarra por grupos de cultivo



El **sistema de riego más utilizado aún es el tradicional** (riego a manta o tablas), que se aplica en el 60,4% de la superficie de regadío. El 39,6% restante es riego a presión, mayoritariamente aspersión. El 53,3% de la superficie con riego a presión (24.585 ha) requiere bombeo, es decir, energía para su funcionamiento. Se concentra principalmente en las zonas más antiguas, mientras que gran parte de las nuevas zonas operativas del Canal de Navarra no necesitan bombeo y será necesario en sólo el 3,5% de la superficie actualmente en fase de transformación.

El regadío en Navarra (116.530 hectáreas)			
60% Sistema de riego por gravedad (70.432 hectáreas)	40% Sistemas de riego a presión (46.098 hectáreas)		
	<table border="1"> <tr> <td>47% Sin bombeos (21.513 hectáreas)</td> <td>53% Con bombeos (24.585 hectáreas)</td> </tr> </table>	47% Sin bombeos (21.513 hectáreas)	53% Con bombeos (24.585 hectáreas)
47% Sin bombeos (21.513 hectáreas)	53% Con bombeos (24.585 hectáreas)		

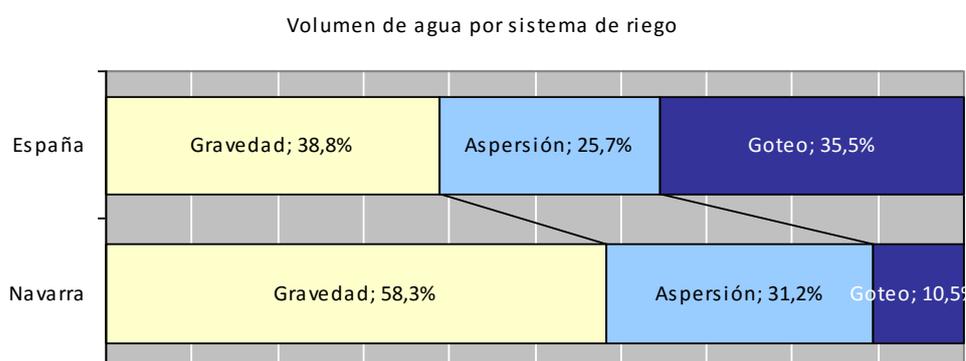
Fuente: Informes Experiencia B5. INTIA

²⁶ Servicio Oferta Agroindustrial, Balance global 2014. Estudio que cubre el 56% de la superficie cultivada (59.530 hectáreas)

²⁷ La Superficie de Dobles Cosechas (SDC) es la diferencia entre la Superficie Cultivada (suma de las hectáreas de todos los cultivos que se han cultivado cada año) y la Superficie de Cultivo (superficie obtenida de restar a la Superficie Útil las hectáreas de Barbecho y Abandonada).

El consumo de agua en el riego está estrechamente vinculado al sistema utilizado. En base a las encuestas sobre el uso del agua del sector agrario (INE), el consumo en Navarra era de 515.607,5 miles de m³ (promedio 2012-2013). El gráfico siguiente muestra que un 58% de este consumo es en riegos por gravedad, aspecto que resta eficiencia al uso del agua, especialmente si se compara con el peso en España de los riegos localizados (61,2%). En Navarra se ha promovido la eficiencia hídrica, con la modernización de regadíos tradicionales, pero esto ha conllevado un aumento del consumo energético.

Gráfico 3. Volumen de agua consumido en el regadío por sistema de riego

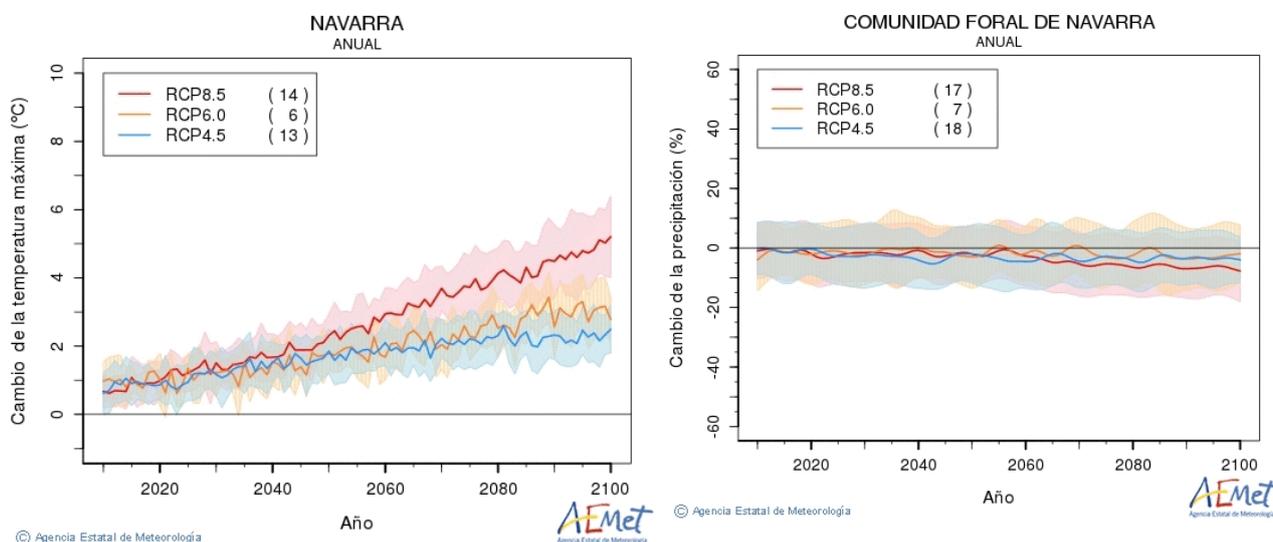


Fuente: Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario, INE (media años 2012-2013)

1.4.4. Efectos esperados del Cambio Climático sobre la agricultura de regadío en Navarra

En base a las predicciones de AEMET, dentro del marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), el cambio climático en Navarra comportará aumentos de la temperatura máxima entre los 1,5 y los 2°C, y cambios en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, que pueden suponer una pérdida en el aporte de agua de alrededor del 9%.

Gráfico 4. Proyecciones climáticas para Navarra en función de distintos modelos climáticos. AEMET.



En el sector agrícola de regadío supondrá **principalmente impactos en un aumento de las demandas hídricas del regadío por un mayor déficit de recursos hídricos**, en la **afección de plagas y enfermedades** y en los suelos.

El Informe sobre los efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación²⁸, presentado en 2011, estima un incremento del 3-8%²⁹ para el periodo 2011-2040 de las necesidades netas de agua de riego de maíz para la cuenca hidrográfica del Ebro (2-9% para el tomate). En los cultivos permanentes de regadío, además de la temperatura se considera que también puede contribuir la precipitación en la variación de las necesidades de agua de riego, dado que el periodo de desarrollo vegetativo es mayor que en los cultivos anuales, estimándose incrementos del 8-12% para la alfalfa, del 9-24% para la vid y del 9-18% para el olivo. Esto supondrá una necesidad de incrementar las dotaciones netas medias de agua de riego para el periodo 2011-2040 en el rango del 3 al 6% (estimación realizada para cinco cuencas entre las que no se incluye la del Ebro).

El control natural de plagas por las heladas y bajas temperaturas del invierno podría disminuir, lo que requerirá una adaptación en las secuencias de los cultivos. También puede producirse un desplazamiento a latitudes mayores de algunas enfermedades.

Por otro lado, puede haber impacto sobre los rendimientos de los cultivos y las características de los suelos. Se estima que, en promedio, por cada aumento de temperatura de 1°C la pérdida de carbono orgánico en el suelo puede ser del 6-7 %, valor que puede aumentar o disminuir según sea el cambio en la precipitación y también según las características propias del suelo y sus usos³⁰. En el regadío de Navarra supondría una pérdida de contenido en carbono de los suelos, que afectaría de forma negativa a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos.

1.4.5. Consumo de fertilizantes en la agricultura navarra

La fertilización es una de las principales causas de emisión directa e indirecta de GEI en la agricultura, tanto por el proceso de aplicación de fertilizantes, como por los procesos de éstos en el suelo (emisiones de NO₂ o N₂ que se volatilizan en la nitrificación o desnitrificación, por lixiviación y escurrimiento hasta capas de agua, emisiones de CO₂ por aplicación de urea³¹, etc.). En relación a la aplicación, en los países desarrollados el consumo energético asociado al uso de fertilizantes alcanza el 40% del consumo energético del sector agrícola, tanto vinculado a la maquinaria agrícola, como a la fabricación de los fertilizantes sintéticos (emisiones indirectas).

²⁸ Elaborado por el CEDEX, disponible en http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/ImpactoCCDemandas_tcm7-310163.pdf

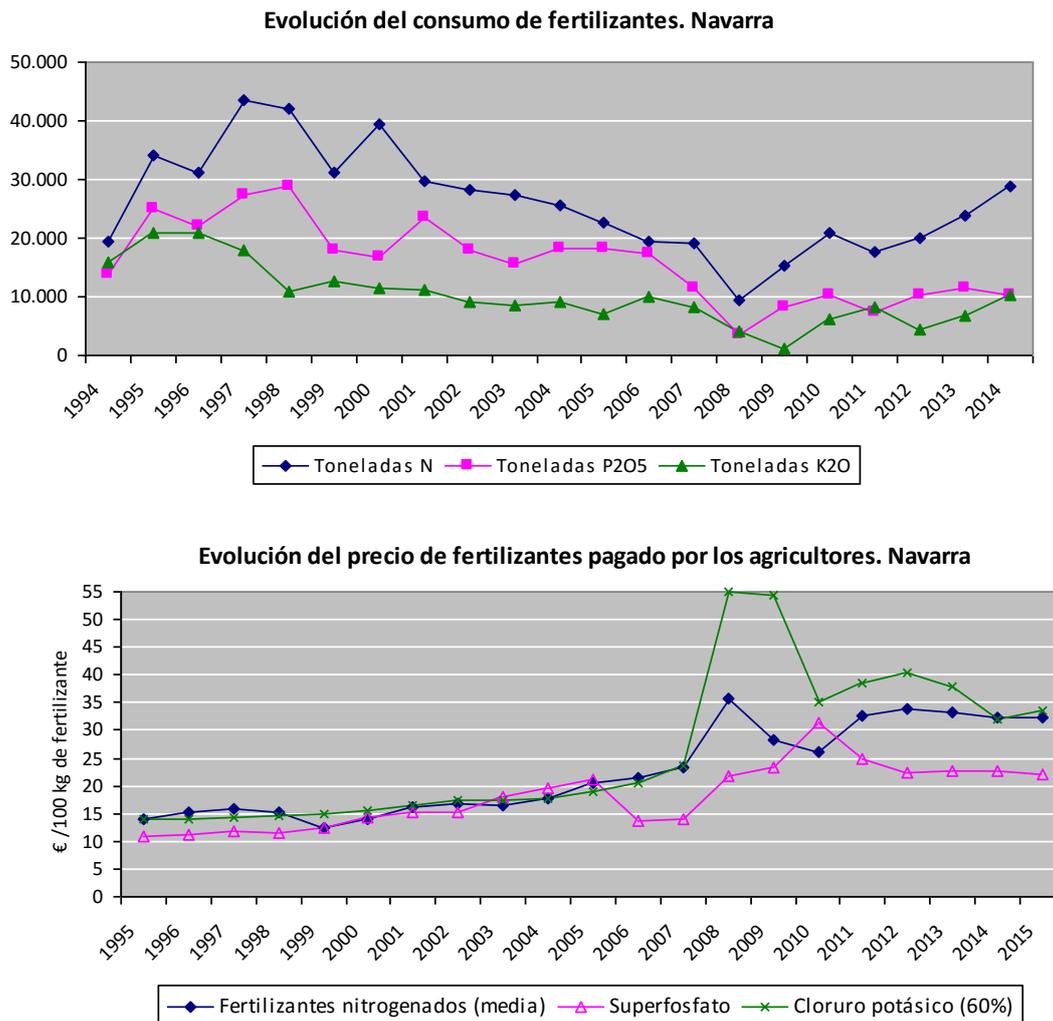
²⁹ Valores máximos de los límites del intervalo de incrementos de necesidades netas de riego en porcentaje sobre distintos modelos climáticos y escenarios que los proporcionan, para el periodo 2011-2040 en relación al de control.

³⁰ Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

³¹ En el suelo, la urea (CO(NH₂)₂) se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻), y bicarbonato (HCO₃⁻) en presencia de agua y de enzimas de ureasa, mientras que el bicarbonato que se forma se convierte en CO₂ y agua.

Navarra muestra desde el año 2008 un crecimiento en el consumo de fertilizantes con tasas medias anuales entre el 25-35% en función del fertilizante, que invierten la anterior tendencia decreciente del periodo 1998-2008. Este comportamiento es similar al nacional, y está relacionado tanto con la evolución del precio de los fertilizantes (reducción media anual de alrededor del 3%), como con el aumento de la superficie de regadío.

Gráfico 5. Evolución del consumo de fertilizantes y de sus precios en Navarra



En 2014 en Navarra se consumió una media de 90,4 kg de UF de nitrógeno por superficie, 32,5 de fósforo y lo mismo de potasio. En el caso del nitrógeno y del fósforo los consumos medios parecen estar ligeramente por encima de la media nacional. Todos los fertilizantes muestran crecimientos considerables en los últimos 5 años, superiores a los nacionales.

Tabla 4. Evolución del consumo de fertilizantes por superficie fertilizable

Año	Consumo de N Kg/ha ⁽¹⁾		Consumo de P ₂ O ₅ Kg/ha ⁽¹⁾		Consumo de K ₂ O Kg/ha ⁽¹⁾	
	Navarra	España	Navarra	España	Navarra	España
2003	84,1	74,6	47,6	38,0	26,4	30,6
2004	79,7	67,7	56,3	36,4	28,3	32,0
2005	71,7	58,9	57,1	32,6	22,7	26,3
2006	62,5	63,3	55,5	29,5	31,8	25,3
2007	61,5	65,8	36,5	37,0	25,9	29,7
2008	29,0	50,1	10,8	18,4	13,0	21,6
2009	49,2	50,7	26,2	17,2	4,2	10,8
2010	68,1	63,9	33,1	22,9	19,8	24,4
2011	56,5	56,7	24,1	24,3	26,3	21,1
2012	63,3	56,5	32,6	25,2	13,6	21,5
2013	75,5	63,5	36,3	28,6	22,0	23,4
Promedio 2011-13	65,1	58,9	31,0	26,0	20,6	22,0
% variación 2003-2013	-10,2%	-14,8%	-23,7%	-24,7%	-16,7%	-23,4%
% variación 2008-2013	160,2%	26,7%	236,2%	55,4%	69,6%	8,4%

Fuente: Navarra elaboración en base a superficie facilitada por el Negociado de Estadística. España: MAGRAMA

⁽¹⁾ Cálculo sobre superficie fertilizable, considerando tierras de cultivo menos barbecho, más prados naturales.

El **balance bruto de nitrógeno** proporciona una **estimación del excedente potencial de nitrógeno en las tierras agrícolas (kg/ha)** en base a la información estadística sobre las cantidades de fertilizantes aplicados, el nitrógeno fijado en el suelo, la deposición atmosférica de compuestos de nitrógeno, semillas y material de plantación, y cantidades de las cosechas y forraje. Para el año 2012 (último disponible), **Navarra cuenta con un excedente de 22,0 kg/ha de UF de N³²**, por encima de la media nacional. (17,4). El excedente se ha incrementado en los últimos tres años un 31,7% (tasa de crecimiento anual del 10,6% entre 2010 y 2012), lo que indica pérdidas de eficiencia en la fertilización y constituye una fuente de contaminación de las capas freáticas de agua.

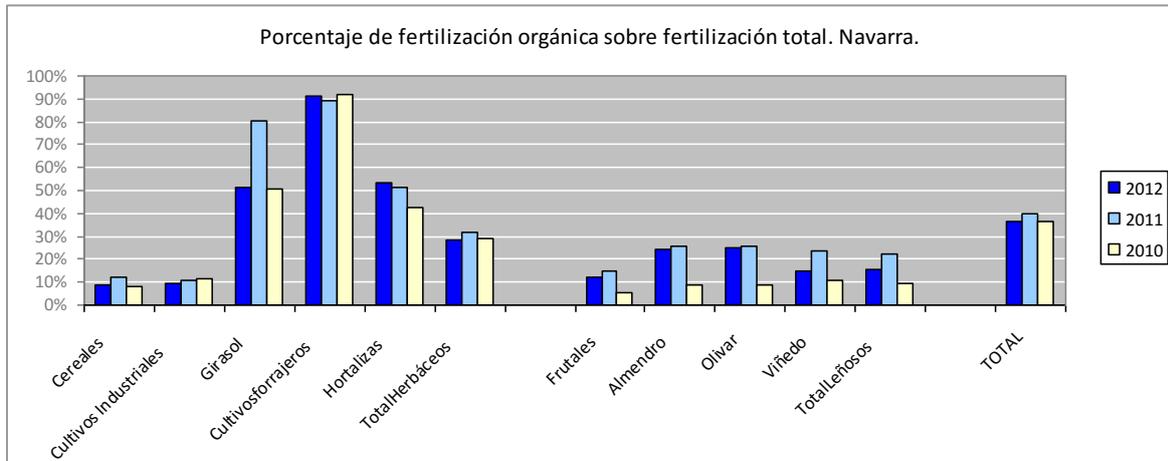
La **fertilización mineral es la principal fuente de abono nitrogenado utilizado en Navarra**, el 62,2% (media 2010-2012)³³ del fertilizante aplicado. El uso de **abono orgánico representa el 37,8% del total**, con un peso superior en cultivos herbáceos (29,6%) que en leñosos (15,8%), ver Gráfico siguiente. Este porcentaje se sitúa por debajo que el conjunto europeo y que la media española (46,4% 44,0%³⁴ respectivamente).

³² Balance de Nitrógeno en la Agricultura Española, calculado por el MAGRAMA

³³ Estimación propia con información del Balance de Nitrógeno del MAGRAMA teniendo en cuenta el total de fertilizantes utilizados (fertilización mineral, fertilización orgánica y excrementos de pastoreo). No se consideran en este porcentaje otras entradas de Nitrógeno (fijación biológica, semillas y deposición atmosférica).

³⁴ Media del Periodo 2005-2008, datos más recientes disponibles (estimación a partir de datos de EUROSTAT).

Gráfico 6. Peso de la fertilización orgánica sobre la total

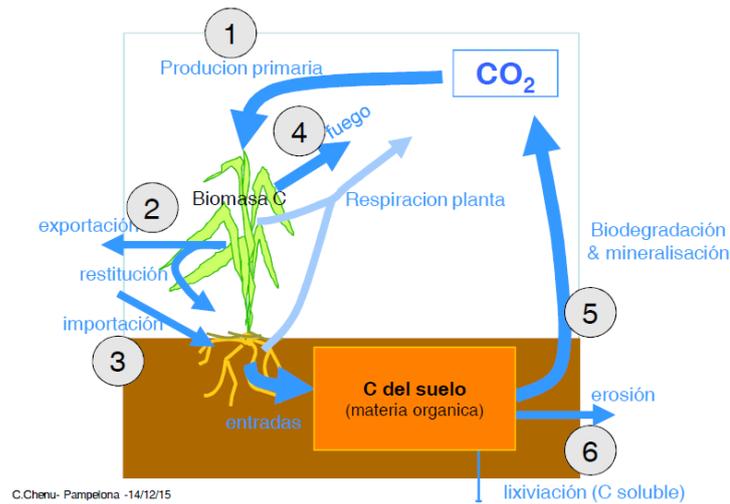


El balance estadístico de nitrógeno indica que en Navarra no hay exceso de purines (toda la cantidad producida se consume), aunque existe un excedente de estiércol de 2.346 t de N, que es aplicado tanto en cultivos herbáceos como en leñosos. No obstante, **existe margen para una mayor aplicación de abono orgánico en sustitución el abonado mineral, dada la demanda existente**. Si bien es verdad que existen problemas de acceso debido a la ubicación en la zona norte de buena parte de los centros de producción y en la zona sur de Navarra de la demanda.

2. RESULTADOS AMBIENTALES DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO

2.1. Bases y objetivos de las Acciones B1 a B3

El efecto sumidero de la agricultura se produce por dos vías.



Fuente: Claire Chenu, presentación en Taller Life Regadíos, Pamplona

- Por un lado, las plantas durante su ciclo de vida captan CO₂ (diferencias entre el CO₂ atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO₂ emitido a la atmósfera durante la respiración), con un secuestro que se estima entre el 45-50 % del peso seco de la planta. Esta captación puede potenciarse por transformación de secano a regadío, debido al incremento del crecimiento o cantidad de biomasa del cultivo (productividad). No obstante, el dióxido de carbono captado como biomasa vegetal aérea **no se considera en este proyecto**, debido a que es una captura que se exporta y que tiene un ciclo muy corto.
- Por otro lado, se considera al suelo como un reservorio de C orgánico. La agricultura fija **el CO₂ atmosférico en el suelo en forma de carbono orgánico** (C orgánico), donde éste se estabiliza y permanece a medio y largo plazo (cada tonelada de C orgánico estabilizado en el suelo equivale a 3,7 t de CO₂). Pero este secuestro es limitado y reversible, aunque el C no retorna a la atmósfera si se estabiliza. La cantidad de C orgánico que puede acumularse varía en gran medida en función del clima (y de su modificación con el riego), del tipo de suelo y del cultivo implantado. Las mejores prácticas agrícolas para aumentar el almacenamiento de C en el suelo son básicamente aquellas que aumentan las entradas de materia orgánica al suelo y/o aquellas que disminuyen su velocidad de descomposición.

El proyecto pretende valorar **prácticas que potencian la captación de C por incremento y estabilización del C orgánico en el suelo** desde una escala territorial, con un enfoque ligado a la superficie. Se estudian las siguientes prácticas:

- B1 el cambio de uso del suelo de secano a regadío
- B2 En cultivos herbáceos, prácticas de laboreo reducido
- B3 En cultivos leñosos, manejo del suelo con cobertura vegetal

2.2. B1 Cambio de uso del suelo seco-regadío para fijación de carbono

2.2.1. Bases y Objetivos específicos de la Acción B1

La experiencia pretende **valorar en qué grado el regadío mejora frente al seco el C orgánico fijado en el suelo**, teniendo también en cuenta el **balance de emisiones de GEI** del cultivo en ambos sistemas de seco y regadío. Se parte de la hipótesis de que la mayor productividad que genera el regadío (incremento de la biomasa aérea), aumenta las entradas de C orgánico en el suelo (incremento de biomasa en el suelo) y su estabilización como stok de C orgánico.

El objetivo es **cuantificar para Navarra**, la captura adicional de CO₂ como stok de C orgánico en el suelo, del cultivo en regadío en relación al cultivo en seco, considerando las diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y de manejo en el regadío navarro.

2.2.2. Metodología de la experiencia demostrativa

El diseño de selección de parcelas permite comparar la cantidad de secuestro de C orgánico en condiciones de seco y de regadío, para diferentes condiciones agroclimáticas³⁵, edáficas y de manejo en el regadío. La utilización de parcelas en zonas del regadío con diferente tiempo en riego permite también establecer las diferencias en el ritmo o tasa de secuestro.

Para cada una de las zonas de regadío, se selecciona una parcela de seco con manejo tradicional que actúa como testigo. Las parcelas en regadío se seleccionan para comparar manejos agrícolas en relación al suelo, consolidados en cada parcela: sistemas con laboreos intensivos y extensivos, y teniendo en cuenta los cultivos más extendidos. El cuadro siguiente resume la selección realizada.

Zona Agroclimática ³⁶	Mediterráneo templado	Mediterráneo templado	Estepario templado	
Antigüedad del regadío	6 años	13 años	20 años	
Tipo de manejo del suelo	Miranda de Arga (Identificación parcela + cultivo)	Funes (Identificación parcela + cultivo)	Valtierra (Identificación parcela + cultivo)	
Secano	M11 Cereal año y vez	F11 Cereal año y vez	V11 Cereal año y vez	
			V12 Cereal anual con enmiendas orgánicas	
	Regadío con laboreo reducido	MB21 Alfalfa	F21 Alfalfa	--
	Regadío con laboreo conservacionista	MB12 Maíz dulce	F22 Maíz Grano	V13 Maíz Grano
MB22 Maíz grano				
Regadío con laboreo intensivo	M13 Maíz grano + habas Pendiente	F23 Hortícola (pimiento) Pendiente	V14 Hortícola (brócoli) + maíz dulce	

³⁵ Una zona semi-árida y una zona más húmeda, que implica un incremento de la precipitación natural por el regadío en distinta proporción (mayor "cambio climático" en la zona más árida).

³⁶ Según clasificación de Papadakis

2.2.3. Resultados

En las parcelas analizadas el **regadío siempre supone un mayor secuestro de C orgánico** en el suelo frente al secano tradicional, aunque los incrementos a escala regional son muy variables, oscilan en una horquilla media de 2,0 a 12,4 toneladas de CO₂ eq/ha año (ver Tabla 1), con una amplia variabilidad interna (1,5 a 17,6 t CO₂ eq/ha año)³⁷. Parece haber diferencias en relación a lo siguiente:

- Antigüedad del regadío: las tasas adicionales de secuestro son mayores en regadíos recientes, y se reducen posteriormente.
- Manejo del suelo del regadío: los cultivos forrajeros con 3-4 años de implantación (laboreo reducido) y los cultivos con un laboreo profundo anual (conservacionistas), muestran tasas de secuestro mayores que los manejos intensivos del suelo, tal y como se verá en la experiencia B2.

Gráfico 7. Secuestro de Carbono Orgánico adicional en cultivos de regadío en relación a cultivos de secano

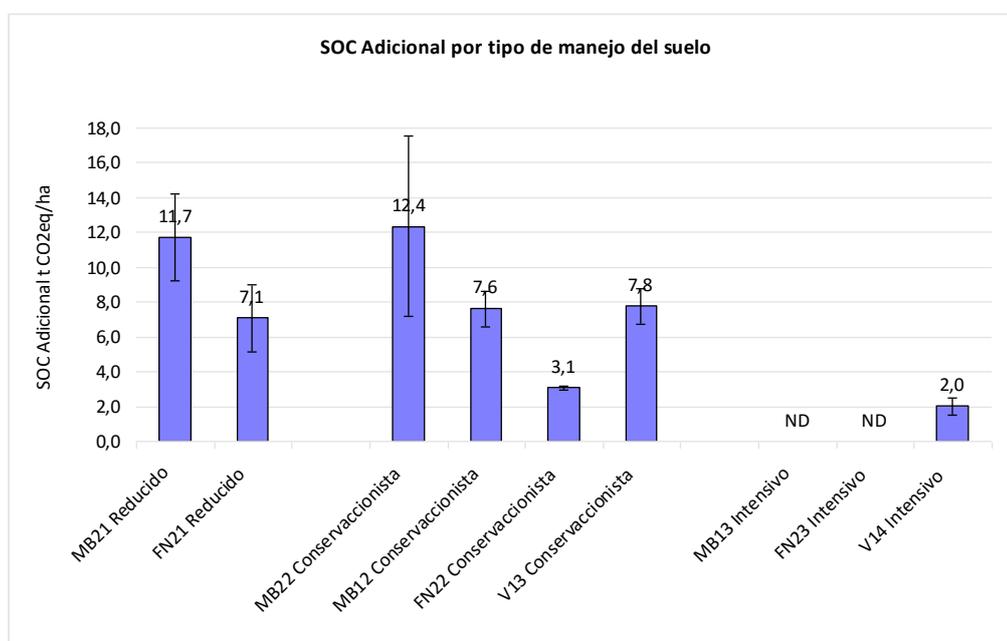


Tabla 5. Secuestro adicional de C (Tasa seq anual Mg CO₂eq/ha y año)

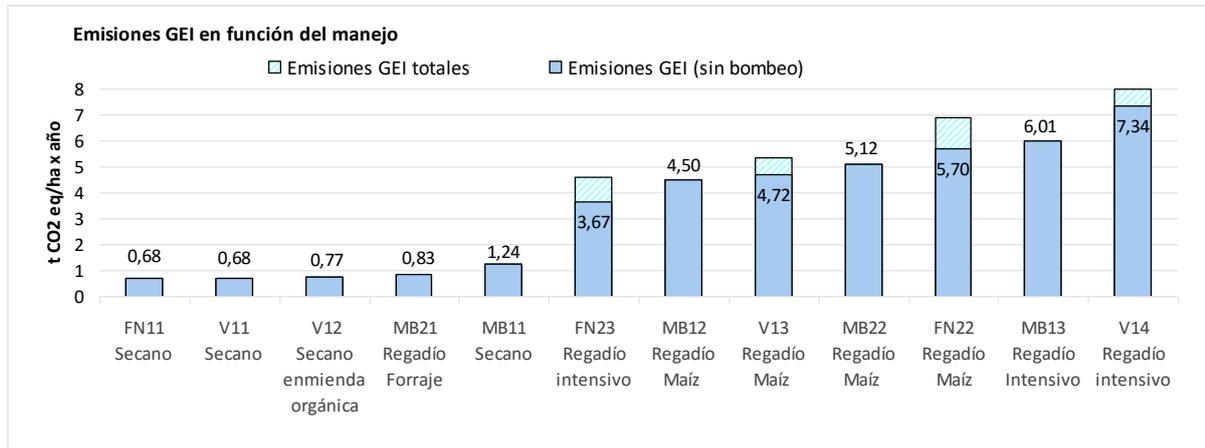
Manejo	Miranda de Arga/Berbinzana (6 años)		Funes (13 años)		Valtierra (20 años)	
Cultivo forrajero	MB21	11,7 (14,2-9,2)	F21	7,1 (9,0-5,2)	V12	3,2 ⁽¹⁾ (2,2-4,2)
Cultivo conservacionista	MB22	12,4 (17,6- 7,2)	F22	3,1 (3,2-3,0)	V13	7,8 (8,8-6,8)
	MB12	7,6 (8,6-6,6)				
Cultivo intensivo	MB13	Pendiente	F23	Pendiente	V14	2,0 (2,5-1,5)

(1) Cultivo de secano con enmiendas orgánicas

³⁷ Variabilidad entre muestras de una misma parcela y entre parcelas, que recoge el efecto de los cultivos y de los suelos

Desde el enfoque territorial planteado, el análisis de las emisiones de GEI por superficie ligadas al manejo, muestra un mayor nivel de emisiones respecto al seco en el regadío con manejo conservacionista e intensivo, sin embargo el **balance de GEI es similar en seco y en regadío con laboreo conservacionista (forrajeros)**.

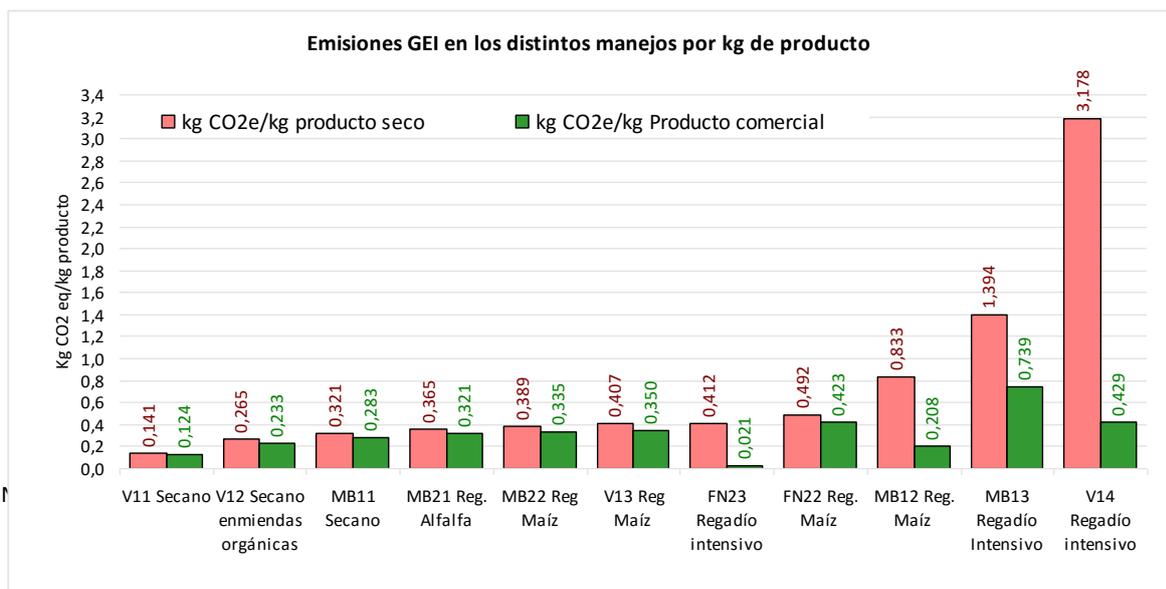
Gráfico 8. Balance total de GEI por hectárea en cultivos de seco y regadío



Nota: En las parcelas de riego dependientes de bombeo, se proporciona la emisión de GEI con y sin bombeo, para su comparación con las parcelas de riego a presión sin bombeo (la mayoría en el regadío del Canal de Navarra).

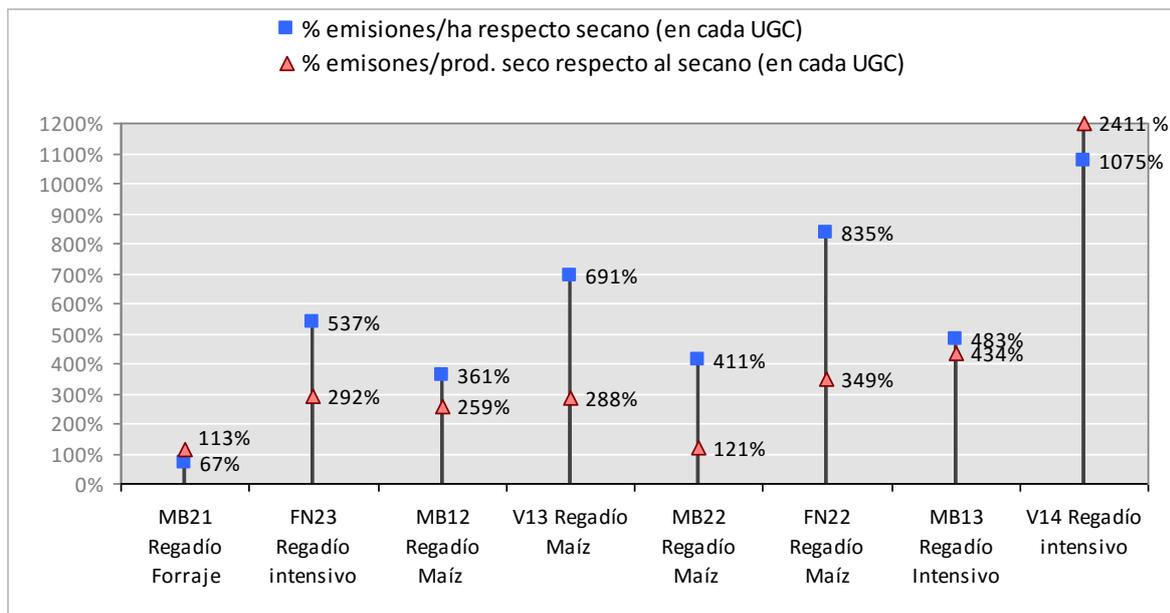
Desde un enfoque estratégico (teniendo en cuenta las toneladas producidas para abastecer la demanda regional), **las emisiones de GEI por unidad de producto siguen siendo inferiores en seco que en los manejos intensivos de regadíos** con 2 cosechas anuales (ver Gráfico 9), **pero las diferencias entre cultivos de seco y regadío se reducen en la mayoría de manejos** (ver Gráfico 10).

Gráfico 9. Balance total de GEI por unidad de producto en cultivos de seco y regadío



Las emisiones obtenidas por unidad de superficie se sitúan en el regadío en un rango de 0,83-7,34 t CO₂eq/ha frente a 0,68-1,24 t CO₂eq/ha en secano, y considerando el peso por kilo de materia seca producida, el rango de emisiones del regadío es de 0,365- 3,178 kg CO₂eq/kg de producto frente a 0,141-0,321 del secano. Si las ratios de eficiencia se calculan con el producto comercial (peso fresco, con humedad) las emisiones por kg son muy inferiores en regadío en cultivos cosechados con elevado grado de humedad (como es el caso de pimientos en parcela FN23, con emisiones de 0,021 kg CO₂/kg, o de maíz dulce en MB12, con 0,208 kg CO₂/kg).

Gráfico 10. Comparativa entre balance de emisiones GEI por unidad de producto y por superficie



A continuación se muestra la visión global del efecto del regadío sobre la mitigación del cambio climático, teniendo en cuenta tanto el efecto sobre el C orgánico adicional almacenado en el suelo que genera el regadío, como el balance de emisiones GEI del cultivo. La Tabla 2 refleja que, si bien el regadío supone unas mayores emisiones de GEI por las prácticas agrarias, éstas se **compensan obteniendo balances globales positivos (capturas adicionales de carbono atmosférico) en cultivos de alfalfa y en 2 de 3 parcelas de cultivos conservacionistas**. El balance positivo se presenta tanto en nuevos regadíos, como en otros más consolidados en el que el nivel de materia orgánica se puede considerar estabilizado. Por el contrario, en regadíos intensivos (más de un cultivo anual), el SOC adicional del suelo no es suficiente para compensar las mayores emisiones que supone la producción.

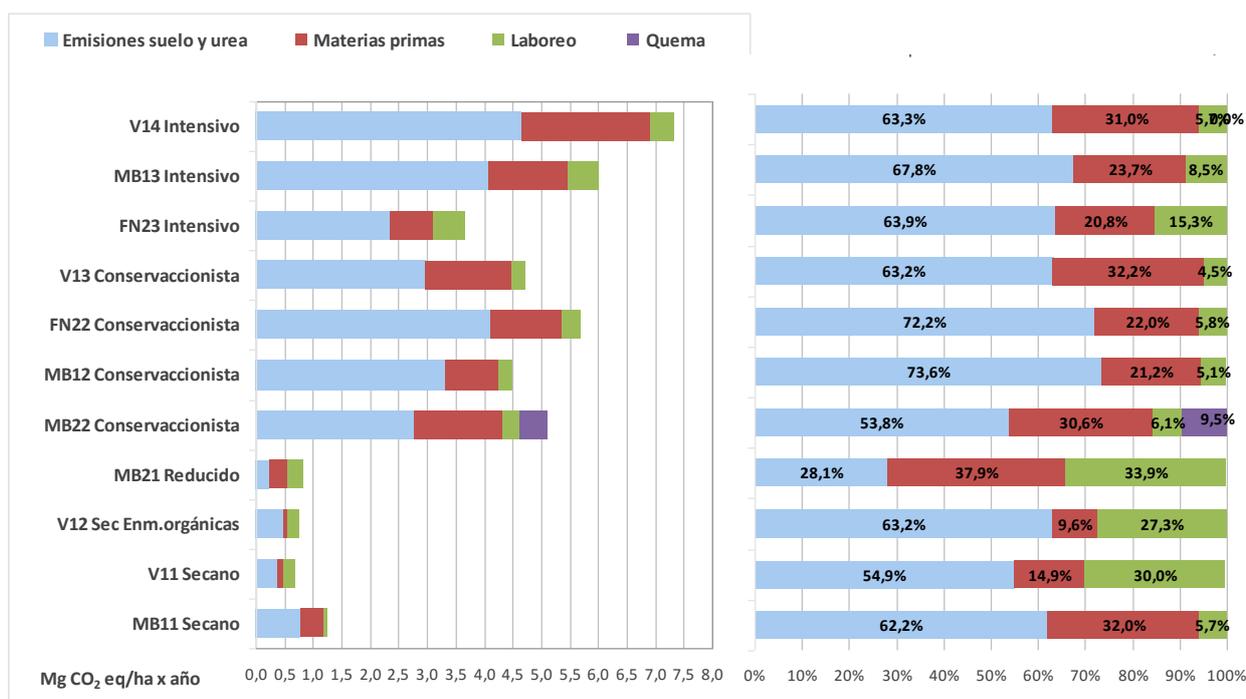
Tabla 6. Emisiones adicionales GEI y SOC adicionales en regadío en relación a cultivos herbáceos de secano

Manejo del regadío (1)	Emisiones GEI adicionales por hectárea tCO ₂ eq/ha (2)(3)	SOC adicional (Min-Máx)	Balance GEI en el regadío
MB21 Alfalfa	-0,41	11,7 (9,3 -14,2)	Muy positivo
MB22 Maíz	3,87	12,4 (7,1 -17,6)	Positivo
MB12 Maíz	3,26	7,6 (6,6 -8,6)	Positivo
MB13 Regadío Intensivo	6,08	ND	ND
FN21 Forraje	ND	7,1 (5,1 -9,0)	ND
FN22 Maíz	5,02	3,1 (2,9 -3,2)	Negativo, SOC no compensa
FN23 Regadío intensivo	2,98	ND	ND
V13 Maíz	4,04	7,8 (6,7 -8,8)	Positivo
V14 Regadío intensivo	6,66	2,0 (1,5 - 2,5)	Negativo, SOC no compensa

- (1) Se considera laboreo reducido las parcelas de alfalfa y forraje, conservacionista las de maíz, e intensivo las de rotaciones con más de un cultivo anual.
- (2) Calculado en cada zona (regadío) como las GEI de la UCG menos las de la UCG de referencia en secano.
- (3) No se consideran las emisiones por bombeo en regadíos a presión dependientes de energía.

El gráfico siguiente muestra que **la principal fuente de emisiones de GEI en la actividad agraria son el suelo y la urea**, que supera el 50% de GEI tanto en cultivos de secano como en regadío (con excepción del manejo de laboreo reducido, en este caso una leguminosa). La fabricación o producción de materias primas es la segunda causa de GEI en el regadío (con un peso entre el 21-38%), mientras que en 2 de los 3 secanos analizados la segunda fuente importante de emisiones es el laboreo.

Gráfico 11. Emisiones GEI totales para cada manejo analizado (sin considerar energía consumida en bombeo), por fuentes de emisión. A la derecha peso de cada fuente



En **conclusión**, el regadío genera mayores emisiones de GEI frente al seco, aunque en manejos de suelo poco intensivos se ven compensadas con un mayor almacenamiento de C atmosférico en el suelo. En manejos del suelo intensivos, en las que las emisiones adicionales no se compensan, se requiere fomentar estrategias que optimicen el “capital” que ofrece el almacenamiento de C atmosférico en el suelo. El elevado peso de las emisiones de GEI ligadas a la fertilización y el manejo del suelo, presenta cierto margen al respecto, actuando sobre el control de prácticas relacionadas.

La experiencia B2 analiza los efectos con mayor detalle de distintas intensidades de laboreo sobre el stock de C en el suelo, y la B3 los efectos de la implantación de cubiertas en cultivos leñosos.

2.3. B2. Laboreo reducido en cultivos herbáceos de regadío, encaminado a la mayor fijación de carbono y balance de emisiones.

2.3.1. Bases y objetivos de la Acción B2

El objetivo de la acción es la evaluación del secuestro de C orgánico en el suelo en cultivos herbáceos asociado al manejo con laboreo reducido. Se persigue mejorar el balance de emisiones de GEI con prácticas que **mejoren la capacidad del suelo para almacenar carbono y que también reduzcan las emisiones de la actividad agraria**, obteniendo en los balances de GEI de los cultivos capturas adicionales de C.

Estudios previos realizados en Navarra han permitido determinar que prácticas de laboreo reducido en cultivos herbáceos aumentan las tasas de secuestro de C atmosférico en el suelo, aunque la variabilidad es muy elevada, y el efecto es muy dependiente del tipo de suelo, el cultivo y el clima. Los principales efectos positivos del laboreo reducido son los siguientes:

- Incremento del almacenamiento de C orgánico en el suelo al reducir la mineralización de la materia orgánica. Esto se produce por contar con una mayor protección física en forma de agregados, que se deshacen con el laboreo y se exponen a las precipitaciones cuando el suelo está desnudo, así como por unas condiciones más frías y húmedas en la capa superficial del suelo.
- Una reducción de las pérdidas de C orgánico por erosión.

Por el contrario, podrían existir efectos negativos sobre los balances de GEI debido a lo siguiente:

- una reducción del laboreo puede incrementar las emisiones de N₂O de forma ligera pero significativa, dado que una estructura más compacta y húmeda de la capa superficial genera condiciones de anoxia, que favorecen la desnitrificación. Se considera que el laboreo reducido no influye significativamente en otras emisiones de GEI.
- Las prácticas de laboreo reducido tienen otros efectos sobre el balance de GEI de la actividad agraria, suponen una reducción de insumos de gasoil y de horas de maquinaria, pero pueden suponer un mayor uso de herbicidas.

2.3.2. Metodología de la experiencia demostrativa

Teniendo en cuenta los manejos habituales del suelo en el regadío de Navarra, se analizan las siguientes tres opciones para cuantificar los efectos sobre el secuestro de C orgánico en el suelo:

A. Laboreo Reducido: considerando cultivos forrajeros (alfalfa y ray-grass en las parcelas seleccionadas), dado que en los 3-4 años de permanencia del cultivo, se realiza un laboreo mínimo o nulo.

B. Laboreo Conservacionista³⁸: considerando los que incluyen alguna fase de siembra directa o laboreo mínimo y un cultivo por campaña.

³⁸ Se le denomina “conservacionista” porque no es estrictamente un “laboreo de conservación”

C. Laboreo Intensivo: considerando rotaciones que incluyen varias operaciones de laboreo o acondicionamiento del suelo, y varios cultivos por año, como las hortalizas, o cereal seguido de hortaliza.

Se asume que las técnicas de manejo se diferencian únicamente en el uso del suelo y de los cultivos, de modo que el cálculo de las dosis de riego, la fertilización, etc., se realizan de manera similar en todos los manejos considerados.

2.3.3. Resultados ambientales del laboreo reducido en cultivos herbáceos

Los resultados muestran que el tipo de laboreo influye sobre el secuestro de carbono atmosférico en el suelo, aunque la variabilidad es muy elevada (ver Gráfico 1 en el apartado 2.2). En relación a un laboreo intensivo, **los manejos reducidos y conservacionistas suponen secuestros adicionales relevantes de C orgánico**, de +7,39 (3,9-11,7).y +5,74 (5,21-6,27) tCO₂eq/ha respectivamente.

Los valores obtenidos se sitúan por encima de los incrementos de SOC de la bibliografía. El no laboreo frente a laboreo tradicional, supone en España un aumento medio de de 2,64 ±0,6 tCO₂eq/año. Si se consideran experiencias previas en Navarra, el valor adicional es de 2,05-3,12 tCO₂eq/año (para Olite, regadío de 12 años y Santacara, regadío de 7 años respectivamente).

En general el secuestro de C orgánico se incrementa al reducir el laboreo, sin embargo con prácticas de laboreo conservacionista o intensivo, el secuestro adicional no compensa un mayor nivel de emisión de GEI.

Tabla 7. Resultados de secuestro de C orgánico en el suelo y balance de GEI de las prácticas de laboreo

Tipo de Manejo del suelo	SOC adicional tCO ₂ eq/ha (Min – Máx) (1)	Emisiones GEI del cultivo tCO ₂ eq/ha adicional (1)	kg eqCO ₂ /kg producto seco adicional	Nº de UGC analizadas
(1) Laboreo reducido	+9,41 (5,1- 14,2)	-0,41	0,043	2 para SOC, 1 para Balance GEI
(2) Laboreo conservacionista	+7,70 (2,9 - 17,6)	4,05 (3,26 – 5,02)	0,299 (0,068– 0,512)	4 para SOC y para GEI
(3) Laboreo intensivo	+2,02 (1,5 - 2,5)	4,80 (2,98 – 6,66)	1,460 (0,271- 3,037)	1 para SOC, 3 para Balance GEI
(1)-(3) Adicional del LR	+7,39 (3,9-11,7)	-5,21 (-3,39 a- -7,07)	-1,417 (-0,228 a-2,994)	
(2)-(3) Adicional del LC	+5,68 (1,4-15,1) +5,74 (5,21 -6,27)	-0,75 (-0,28-a -1,64)	-1,161 (-0,16 a -2,525)	

(1) Promedio de los valores de las parcelas calculados en relación a la referencia de su UGC en secano

Para valorar cualitativamente los resultados de secuestro adicional de C orgánico en el suelo en relación a la intensidad del manejo, se han utilizado los siguientes indicadores Proxy con información proporcionada por los cuestionarios:

- Intensidad de las rotaciones a nivel de parcela: tiempo en el que el suelo se encuentra cubierto por vegetación (cultivos)
- Número de labores realizadas/año

Tabla 8. Relación entre resultados del proyecto e indicadores de intensidad de la rotación y cobertura del suelo

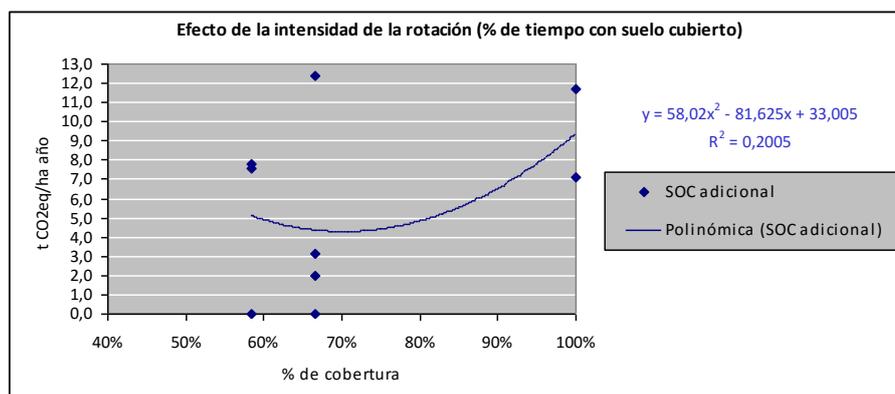
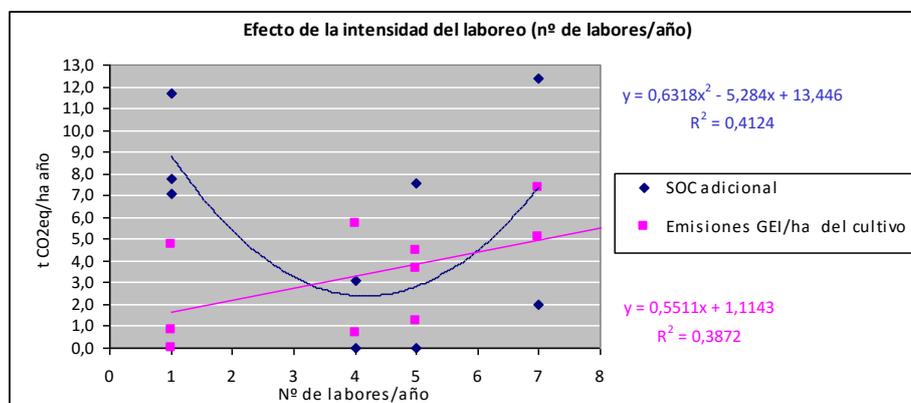
Tipo de manejo del suelo	Emisiones GEI ⁽¹⁾ (teqCO ₂ /ha)	Emisión adicional ⁽²⁾ (tCO ₂ eq/ha)	SOC adicional (tCO ₂ eq/ha) ⁽²⁾	Intensidad de la rotación (%)	Nº de labores / año
MB21 Reducido	0,83	-0,41	11,7 ±2,5	100%	1
FN21 Reducido	ND	ND	7,1 ±1,9	100%	1
MB22 Conservacionista	5,12	3,87	12,4 ±5,2	67%	7
MB12 Conservacionista	4,5	3,26	7,6 ±1,0	58%	5
FN22 Conservacionista	5,7	5,02	3,1 ±0,1	67%	4
V13 Conservacionista ⁽³⁾	4,72	4,04	7,8 ±1,0	58%	1
MB13 Intensivo	6,01	4,76	ND	100%	10
FN23 Intensivo	3,67	2,98	ND	42%	5
V14 Intensivo	7,34	6,66	2,0 ±0,5	67%	7
MB11 Secano	1,24	0	0	67%	5
V11 Secano	0,68	0	0	58%	4

(1) Sin considerar GEI por bombeo en las parcelas dependientes de energía

(2) En relación a cultivos de secano de su UGC

(3) Parcela en la que no se realiza laboreo (siembra directa)

Con la información disponible, los indicadores de intensidad de laboreo y de intensidad de rotación no parecen ser adecuados para estimar el SOC adicional de forma indirecta, ya que la correlación entre SOC adicional y estos indicadores parece muy débil. La relación entre intensidad del laboreo y emisiones GEI es directa y lógicamente más elevada.



2.4. B3. Uso de cubiertas vegetales en cultivos permanentes de regadío, encaminadas a la mayor fijación de C y balance de emisiones

2.4.1. Bases y objetivos de la Acción B3

La implantación de cubiertas verdes incrementa las entradas de C orgánico en el suelo al aumentar la materia orgánica aportada con los residuos y raíces de las cubiertas. Estas prácticas se limitan al regadío.

También puede modificar el balance de emisiones:

- las cubiertas comportan una mayor fijación de nitrógeno en el suelo, que puede reducir las emisiones de N₂O y en algunos manejos aumentarlas por requerir una mayor aplicación de fertilizantes, aunque no es el caso de las parcelas analizadas en las que la fertilización no se modifica;
- el manejo de cubiertas puede exigir prácticas mecánicas para su control (cortes o pase de picadora) frente a otros laboreos del suelo desnudo (subsulado), que afectan a las emisiones directas por laboreo.

El objetivo de la acción es **cuantificar el efecto del uso de cubiertas vegetales en cultivos leñosos de regadío, sobre el stock de C orgánico y el balance de emisiones en parcelas**. De manera complementaria, se incluye la estimación del efecto de la implantación de cubiertas en la biodiversidad del suelo.

Los cultivos permanentes en regadío más representativos en la zona y en los que la cubierta tiene interés son el olivo y la viña. En cada uno, la implantación de cubiertas se orienta hacia objetivos específicos, que requieren una gestión distinta del riego (dosis, y periodos de riego) y del manejo del suelo, lo que genera variabilidad en la cubierta. Hay que señalar que las cubiertas en el regadío tienen diversos objetivos agronómicos: facilita las operaciones de cultivo con suelo húmedo, reduce los costes del mantenimiento de un suelo desnudo, aumenta la biodiversidad del suelo y del agrosistema (especialmente valorado en producciones ecológicas e integradas), y en la viña se utiliza para controlar el desarrollo del propio cultivo.

2.4.2. Metodología de la experiencia demostrativa

La experiencia ha seleccionado para cada cultivo (viña y olivo) 2 zonas transformadas en regadío de diferente antigüedad y parcelas que mantienen el sistema de cubierta al menos durante la duración del Proyecto.

La comparación de stock de C adicional que supone la cubierta se calcula en relación a la situación sin cubierta (suelo desnudo) en unidades de suelo similares (Unidades de Gestión de Cultivo). No obstante, en el regadío de Miranda de Arga no ha sido posible localizar una parcela de olivo sin cubierta comparable. Cuando se diseñó el estudio, se partió de la hipótesis de que el sistema más frecuente de cultivo de olivo era sin cubierta vegetal, sin embargo en los regadíos recientes de Navarra se ha visto que no es así. Esto se ha solventado utilizando como referencia una parcela de

secano en la misma zona, teniendo en cuenta que el olivo con cubierta se riega con sistema de goteo localizado, que afecta mínimamente a la superficie entre líneas.

El cuadro siguiente resume las parcelas analizadas.

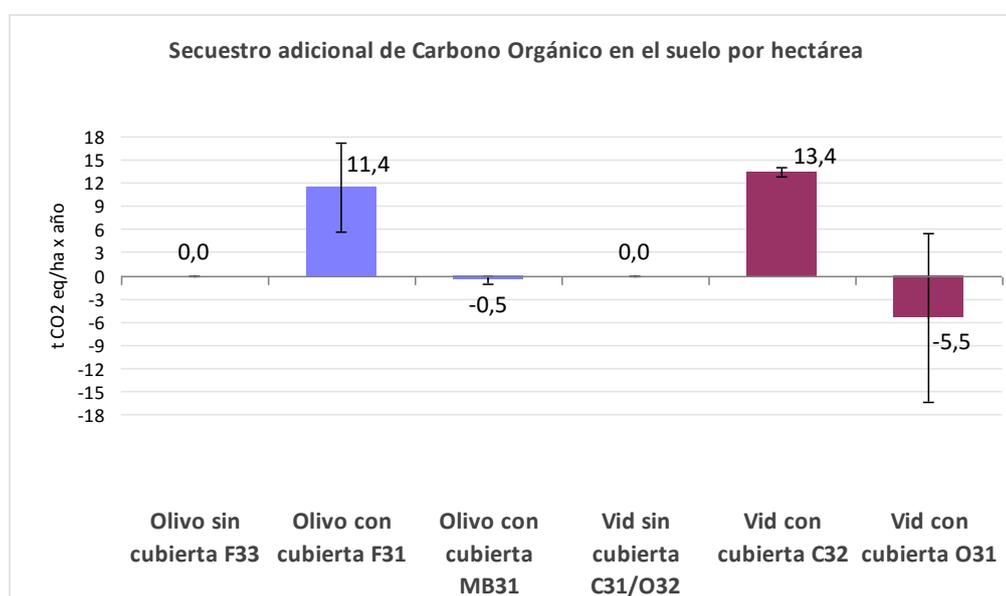
Zona Agroclimática		Estepario templado		Mediterráneo templado	
Antigüedad del regadío		15 años	8 años	6 años	2 años
Tipo de manejo del suelo		Fontellas/Ribaforada (Identificación parcela)	Cascante (Identificación parcela)	Miranda de Arga (Identificación parcela)	Olite (Identificación parcela)
Olivo	Sin cubierta	F33		M11 Cereal secano (ver texto)	
	Con cubierta	F31		MB31	
Vid	Sin cubierta		C31		O32
	Con cubierta		C32		O31

2.4.3. Resultados ambientales del laboreo reducido en cultivos permanentes

La experiencia muestra que **la implantación de cubiertas favorece el almacenamiento de C, cuando las cubiertas se mantienen en el tiempo**, es decir en los regadíos más antiguos. En olivo, la tasa media anual de C acumulado adicional es de $11,4 \pm 5,8$ tCO₂eq/año tras una permanencia de 15 años, y en viña, de $13,4 \pm 0,6$ en un regadío de 8 años. El nivel es similar al de otros estudios de olivar para España, con valores adicionales de $8,21 \pm 8,1$ tCO₂eq/año.

En regadíos recientes no se observan mayores tasas de secuestro (ver Gráfico siguiente, parcelas MB31 y O31, con implantación de 6 y 2 años respectivamente). La experiencia de Olite, además ha mostrado una elevada variabilidad inter-parcela, que reduce la visibilidad de los resultados. En la parcela MB31 de olivo, hay que considerar que se utiliza un sistema de riego por goteo que determina un potencial de producción de biomasa limitado en la cubierta. Aun así, a medio plazo, la ausencia de labores y la incorporación de restos vegetales en las zonas con cubierta implican en general aumentos significativos del stock de C orgánico.

Gráfico 12. Resultado de la experiencia B3 respecto al secuestro de carbono en el suelo

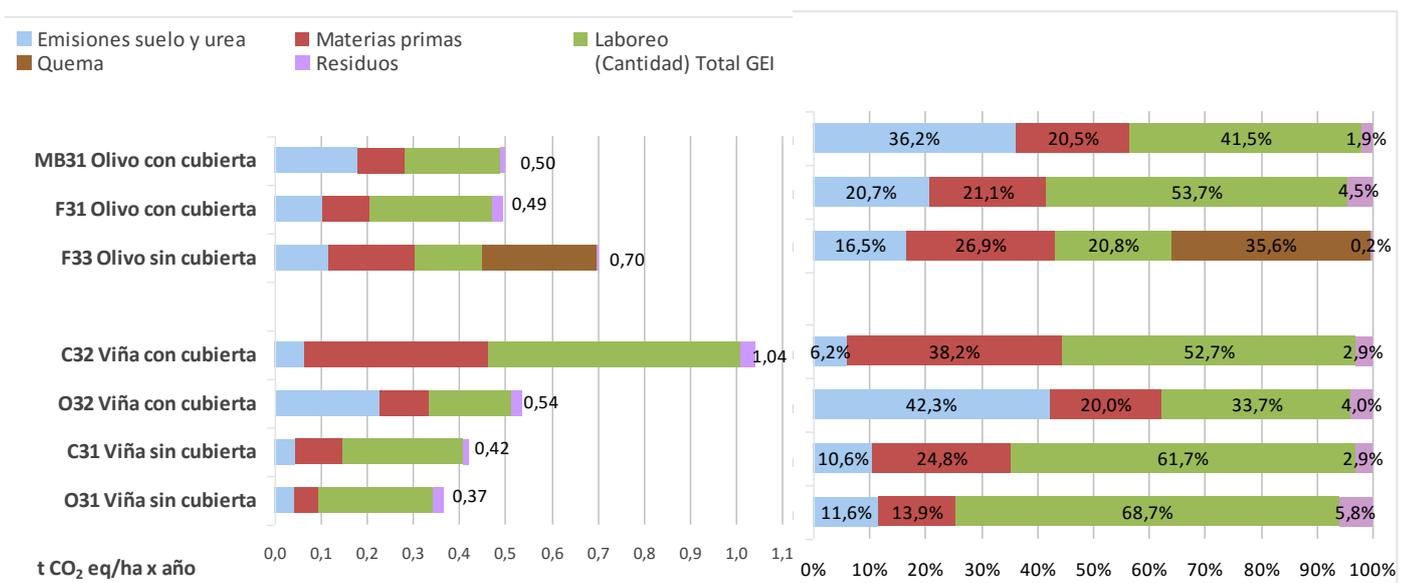


En relación a las emisiones de GEI, **la implantación de cubiertas ha reducido las emisiones de GEI en olivo (-29%) pero las ha incrementado un 100% en viña** (variación promedio de -0,20 y de +0,40 t CO₂eq/ha para olivo y viña respectivamente, ver Gráfico 13 y Tabla 9), aunque hay que señalar que las prácticas han sido poco homogéneas en general.

En el olivo **el menor GEI emitido en el manejo con cubierta se debe a que en este manejo se han picado los residuos de poda**, mientras que en la parcela sin cubierta se han quemado, representando la quema el 36% de las emisiones. Si no se consideran las labores de quema o de picado, el manejo con cubierta genera ligeramente más emisiones (+0,03 t CO₂eq/ha). En la situación con cubierta, el laboreo es la principal fuente de emisiones.

En la vid, las cubiertas generan emisiones mayores en los factores “suelo y ureas” (+0,1 tCO₂eq/ha de media), “laboreo” (+0,11 tCO₂eq/ha de media) y “materias primas” (+0,18 tCO₂eq/ha de media, principalmente por uso de fitosanitarios en los que el herbicida tiene bajo peso). Los resultados no son concluyentes, dado que para estimar las emisiones de las cubiertas se han utilizado distintas aproximaciones en el programa EURENERS en función del tipo de cubierta (veza más avena para forraje en la parcela O32 y vallico en la C32).

Gráfico 13. Emisiones GEI totales (sin considerar energía consumida en bombeo), por fuentes de emisión. A la derecha peso de cada fuente



La integración de los resultados, teniendo en cuenta tanto las emisiones GEI como el secuestro de C orgánico en le suelo, muestra que **las cubiertas vegetales en cultivos permanentes comportan efectos positivos sobre la mitigación del cambio climático a medio y largo plazo** (ver Tabla 9):

- en las parcelas de olivo las cubiertas resultan muy beneficiosas desde el punto de vista de la mitigación al CC: el secuestro adicional de C por el suelo se refuerza con un menor porcentaje de emisiones GEI. No obstante la menor emisión GEI está muy vinculada al tratamiento de los residuos, así que cabe promover manejos que piquen los restos de poda frente a su quema.

- En las parcelas de viña con cubiertas que se mantienen en el tiempo, el balance de GEI más negativo en suelos con cubierta, queda sobradamente compensado con el almacenamiento adicional de C orgánico en el suelo.

Tabla 9. Resultados de secuestro de C orgánico en el suelo y balance de GEI de los cultivos con cubierta

Variables	Antigüedad del regadío	OLIVO (t CO ₂ eq/ha)		VID (t CO ₂ eq/ha)	
		SOC	GEI	SOC	GEI
Diferencia CON cubierta - SIN cubierta	Consolidado (1)	11,4 (+5,6 a +17,2)	-0,21	13,4 (+14,0 a +12,8)	+ 0,67
	Reciente (2)	-0,5 (-1,0 a 0,0)	-0,20	-5,5 (-16,4 a +5,4)	+ 0,12
	Media	-0,5 – 11,4	-0,21 (-0,20 a-0,21)	-5,5 – 13,4	0,40 (0,12-0,67)

(1) 15 años en olivo y 8 en viña

(2) 6 años en olivo y 2 en viña

2.5. B4 Eficiencia del uso del N en fertilizantes orgánicos frente a fertilizantes inorgánicos

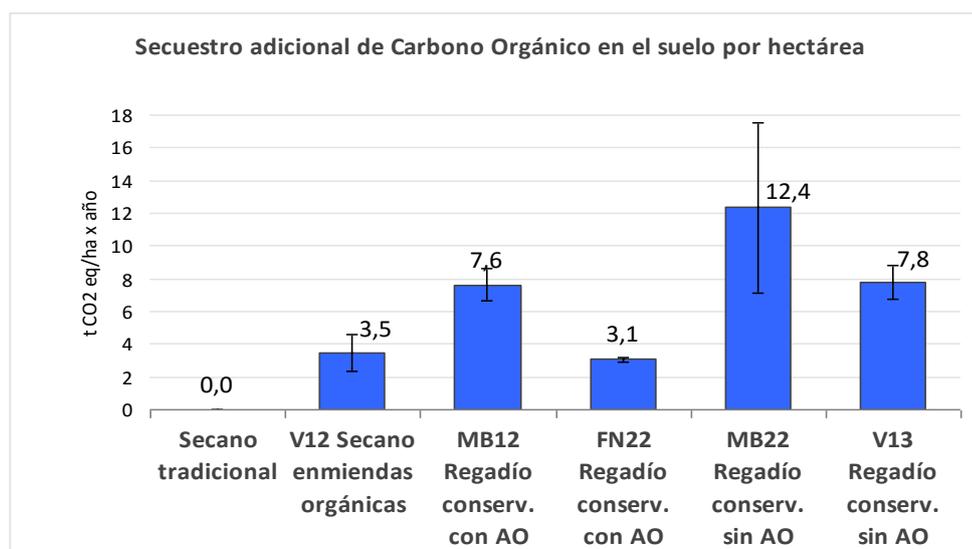
2.5.1. Bases y objetivos de la Acción B4

Las experiencias B1 y B2 incluyen parcelas comparables en las que puede valorarse el secuestro de carbono orgánico y la emisión de GEI, en cultivos con distintos tipos de gestión de la materia orgánica: optimización de la fertilización mediante el uso de enmiendas orgánicas, y manejo convencional con fertilización inorgánica. Por un lado los análisis permiten comparar en una zona agroclimática árida de secano (Valtierra) un manejo tradicional con abono inorgánico, con otro en el que se han aplicado enmiendas orgánicas (estiércol) durante 18 años. Por otro lado, en un regadío reciente (Miranda de Arga, 6 años) de una zona menos árida se puede comparar un manejo conservacionista con abono orgánico (lodo de depuradora) frente a otro con abono inorgánico.

Los análisis **indican para el secano árido un nivel de secuestro de C mayor cuando se aplica abono orgánico de forma continuada**. El contenido en C orgánico del suelo adicional obtenido es de 63,03 (51,78-74,28) tCO₂eq/ha, lo que supone un 30,0% por encima en el suelo con abono orgánico y una tasa de secuestro adicional de +3,5 (±1,1 t CO₂eq/ha y año). **El incremento es relevante**, teniendo en cuenta el bajo nivel de materia orgánica del suelo en la situación de secano sin enmienda.

Para **las parcelas de regadío analizadas sin embargo, las enmiendas orgánicas no muestran un mayor nivel de secuestro anual**. En el caso de parcelas comparables en la misma unidad de cultivo (MB12 y MB22) este resultado puede estar ligado a ser abonos de aplicación relativamente reciente (regadío de 6 años). No obstante, la **bibliografía indica también en regadío una tasa algo mayor de secuestro de C orgánico en el suelo**, entre 0,15-0,5 t C/ha año³⁹ adicionales, es decir crecimientos ligeros en los que influye en gran medida la calidad de los residuos y su proceso de maduración.

Gráfico 14. Comparación de las tasas de secuestro de C orgánico y de las emisiones de GEI en función de manejos con y sin abonados orgánicos

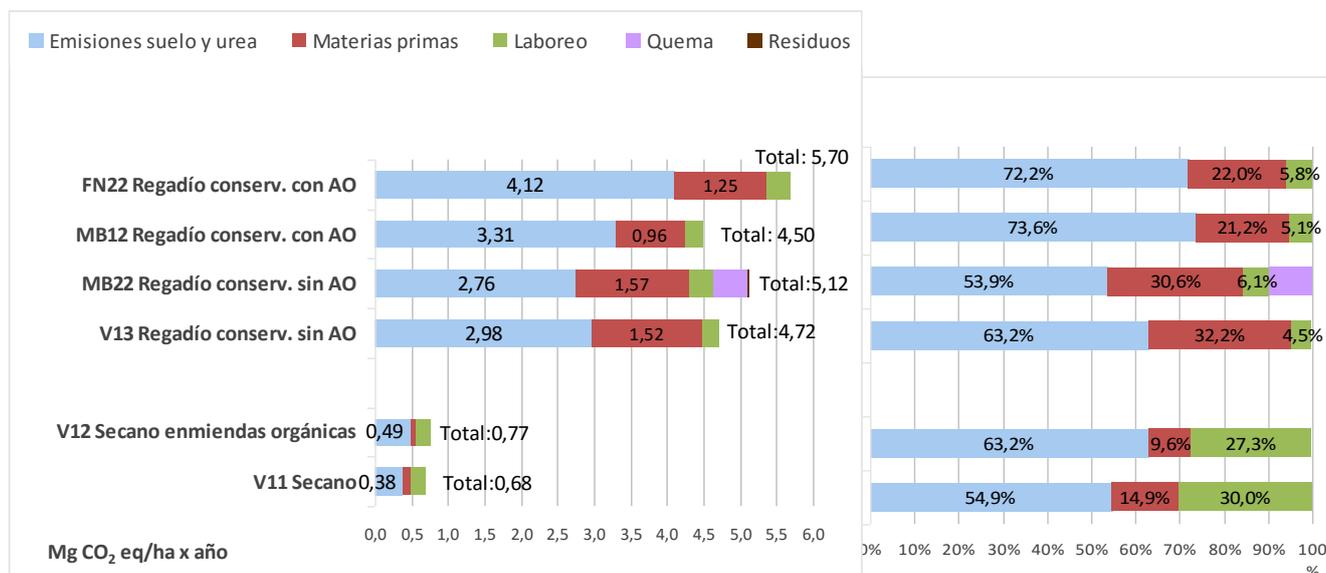


³⁹ Estudios realizados por el INRA para Francia, Ver presentación de Claire Chenu, AgroParisTech, del grupo de expertos del proyecto.

En relación a las emisiones de GEI que comportan estas prácticas, en las parcelas de las experiencias B1 y B2, **la aplicación de abono orgánico incrementa ligeramente el total de GEI emitidos** (ver Gráfico siguiente):

- En seco el aumento de GEI es de 0,09 t CO₂eq/ha adicionales (un incremento del 13%). Se debe principalmente a un incremento del factor “suelo y urea” (+0,11 t CO₂e/ha, un 30%), que se nivela parcialmente con unas emisiones menores por materias primas de -0,03 t CO₂eq/ha, el -28%. En conjunto, las emisiones adicionales quedan sobradamente compensadas con un mayor secuestro del C en el suelo.
- En los regadíos conservacionistas, las emisiones de GEI son similares en manejos con y sin abonado orgánico, aunque de media se sitúan ligeramente por encima en parcelas con AO (+0,18 t CO₂eq/ha adicionales⁴⁰, un incremento del 4%). No obstante, los factores “suelos y ureas” y “materias primas” parecen mostrar diferencias significativas. Considerando como referencia el manejo sin abonado orgánico, la aplicación de enmiendas orgánicas ha generado en las parcelas de regadío analizadas, **un incremento medio de emisiones por “suelos y urea” de 0,84 t CO₂e/ha** (un 29%), pero ha **reducido las emisiones por materias primas (-0,44 t CO₂e/ha, un 28%)**.

Gráfico 15. Emisiones GEI totales (sin considerar energía consumida en bombeo), por fuentes de emisión. A la derecha peso de cada fuente



El manejo de la fertilización puede explicar el mayor nivel en las emisiones GEI en las parcelas con abono orgánico (ver Tabla siguiente). La aportación de nitrógeno con el fertilizante orgánico no ha supuesto reducciones considerables de fertilizante inorgánico (incluso en la parcela FN22 la aportación de urea es superior al resto). Esta aportación tiene una elevada influencia tanto en las emisiones por el factor suelo y urea, como en las de materias primas.

⁴⁰ Promedio de las emisiones GEI en parcelas de laboreo conservacionista con abono orgánico menos promedio de las de sin abono orgánico (de distintas unidades de cultivo).

Tabla 10. Manejo de la fertilización en las parcelas analizadas

Parcela	Emisiones GE (CO ₂ e/ha)		kg N aportados con urea/ha	Kg N Abono org/ha	kg N otro abono/ha	Total Kg UF N/ha
	Suelo+urea	Mat. prima				
V13 Regadío conservacionista sin AO	2,983	1,521	276	0	49,5 (9-23-30)	326
MB22 Regadío conservacionista. sin AO	2,757	1,566	268	0	49,5 (9-23-30)	318
MB12 Regadío conservacionista. con AO	3,311	0,955	247	167 (Lodo depuradora)	0	414
FN22 Regadío conservacionista con AO	4,117	1,255	333	150 (Purín)	0	483
V11 Secano sin ABO	0,375	0,102	0	0	29,16 (18-46-0)	29
V12 Secano enmiendas orgánicas	0,486	0,074	0	57	0	57

En conjunto, el efecto principal del uso de abono orgánico sobre las emisiones GEI en las experiencias ha sido un menor peso del peso del factor “elaboración de materias primas” sobre las emisiones totales, lo que **muestra potencial de reducción de GEI ligados al regadío si se sustituye parte de los fertilizantes inorgánicos por orgánicos**. Este aspecto, junto a las emisiones de suelos vinculadas al uso de abonos orgánicos se analiza de forma específica en la experiencia B4.

La experiencia B4 pretende **valorar el potencial de reducción de emisiones de GEI vinculadas a la fertilización, al sustituir abonos inorgánicos con orgánicos**, principalmente **en relación a las emisiones indirectas** generadas por la fabricación de los abonos. El proceso de obtención del amonio, base de los fertilizantes minerales nitrogenados, requiere temperaturas y presiones elevadas, de forma que para generar 1 tonelada de urea se emiten 1,04 toneladas de CO₂. En los fertilizantes orgánicos por el contrario, se asume que al provenir de residuos, su proceso de fabricación no emite GEI, si bien en ocasiones es necesario realizar tratamientos previos⁴¹ que el proyecto no tiene en cuenta.

Para conocer la dosis de fertilizante inorgánico que se puede sustituir por otro orgánico en el abonado de fondo, es necesario **determinar la eficiencia en el uso del N del fertilizante orgánico**, dado que los cultivos no aprovechan todo el N que contiene. Hay pérdidas por volatilización, lixiviación y la parte que está como nitrógeno orgánico no está disponible para el cultivo. El **objetivo de la experiencia B4 es cuantificar la reducción en la emisión de GEI** debida a la sustitución de fertilizantes inorgánicos por orgánicos, a través de **valorar la eficiencia como fertilizante del nitrógeno aportado por los residuos orgánicos**.

⁴¹ En el caso de algunos fertilizantes orgánicos se hace algún tratamiento térmico (el digestato de vacuno) para esterilizarlos y que habría que contabilizar.

2.5.2. Metodología de la experiencia demostrativa

La experiencia se realiza en parcelas piloto con cultivo de regadío de maíz, por ser un cultivo con altas necesidades de N, donde se mide la producción de maíz para distintos tratamientos de abonado. Se considera que para un rendimiento de 10 a 12 T/ha de maíz al 14º de humedad, las necesidades por hectárea del maíz son de 300 UF de Nitrógeno, 90-100 UF de fósforo (P2O5) y de 130-150 UF de potasa (K2O).

Se estudian las variaciones en la producción de maíz debida a **dos factores**:

- El tipo de abonos orgánico (AO): se valoran 5 fertilizantes de composición conocida y un testigo sin abono orgánico.** En este tratamiento se aplica abonado de fondo. Las dosis de fertilizante orgánico se intentan ajustar a 250 kg de nitrógeno por hectárea, el máximo que se puede aplicar con fertilizantes orgánicos en Navarra⁴².
- El nitrógeno de origen mineral aplicado en cobertera** (en forma de urea del 46 %, con cultivo en unas 6 hojas): a cada factor AO se le aplican 6 dosis: N0: Sin Nitrógeno, N1: 60 kg/ha de N mineral, N2: 120 kg/ha, N3: 180 kg/ha, N4: 240 kg/ha y N5: 300 kg/ha de N mineral.

En total se evalúa la producción de **120 subparcelas** correspondientes a 4 repeticiones por cada tratamiento (4 fertilizantes orgánicos más 1 testigo por 6 dosis de fertilizante inorgánico, ver Tabla 5). Este ensayo se realiza durante dos campañas consecutivas con objeto de evaluar la heterogeneidad de los residuos y su valor residual en el suelo.

Tabla 11. Identificación de los tratamientos anuales en la experiencia piloto B4

N mineral kg/ha	AO 0 Sin AO	AO 1 Purín de porcino	AO 2 Estiércol de pollo	AO 3 Frac. Sólida Digerido	AO 4 Lodo EDAR	AO 5 Frac. Líquida Digerido
0	Nº 1	7	13	19	25	31
60	Nº 2	8	14	20	26	32
120	Nº 3	9	15	21	27	33
180	Nº 4	10	16	22	28	34
240	Nº 5	11	17	23	29	35
300	Nº 6	12	18	24	30	36

Para el cálculo de la eficiencia de cada fertilizante orgánico **se utiliza el concepto del VSFNM: valor de sustitución del fertilizante nitrogenado mineral.** Con los resultados del ensayo testigo (AO0) se obtiene la ecuación $y = -3E-05x^2 + 0,0342x + 9,0832$ que relaciona el rendimiento del maíz (variable y) y las unidades fertilizantes de nitrógeno (x), en este caso con un buen ajuste $R^2 = 0,9617$. Para cada abono orgánico se calcula el VSFNM como el porcentaje entre las UF necesarias para el rendimiento de maíz obtenido sin la aportación de nitrógeno mineral y las UF de abono realmente aplicadas. El numerador sale de introducir el rendimiento en la ecuación anterior (es la "x" para la "y" obtenida en el tratamiento sin abonado de cobertura).

Por otro lado, el valor VSFNM permite elaborar planes de abonado ajustados a las necesidades del cultivo, minimizando las pérdidas por volatilización y lixiviación.

⁴² Regulado por la Orden Foral 286/2009, por la que se establecen los requisitos legales de gestión y las buenas condiciones agrarias y medioambientales que deberán cumplir los agricultores que reciban ayudas directas de la Política Agraria Común.

2.5.3. Resultados ambientales de la Experiencia B4

Los valores de sustitución del fertilizante nitrogenado mineral (VSFNM) frente a la urea 46% de los diferentes residuos orgánicos **oscilan entre el 26 y el 38%**. Esto significa que **con las dosis aplicadas de abono en fresco (valores máximos permitidos), se puede dejar de aplicar un porcentaje igual al VSFNM de fertilizante nitrogenado mineral**, sustituyéndolo con el abono orgánico para conseguir el mismo rendimiento del cultivo. La tabla siguiente presenta los coeficientes obtenidos de la combinación de los resultados de las dos campañas que se ha realizado el ensayo.

Tabla 12. Coeficientes de equivalencia del N total de los abonos orgánicos respecto a la urea 46%.

Tipo abono orgánico	Coeficiente de equivalencia del Nitrógeno (VSFNM %)		Valores en la bibliografía
	Año tras el aporte	2 años tras el aporte	
Purín de porcino	38	--	Entre el 50-60%
Estiércol de pollo	29	--	Entre el 50-60%
Fracción sólida de digerido vacuno	33	15	30%
Fracción líquida de digerido vacuno	31	--	30-40%
Lodo EDAR F2	26	7	30%
Media	31,4%	14,5	

Las **dosis de los abonos orgánicos para aplicar 250 UFN cubren las necesidades de fósforo con la aplicación de cualquiera de los abonos orgánicos ensayados, y de potasio con la mayoría** (no se cubren con el lodo EDAR y la fracción líquida de digerido de vacuno). Aunque los suelos de Navarra presentan niveles altos de potasa y no es necesario aplicarla, es recomendable hacer un análisis de suelo para comprobar que el suelo no es deficitario en potasa para no limitar el rendimiento.

En general, **el VSFNM equivaldría a la reducción de emisiones de GEI que conlleva el uso de fertilizantes orgánicos asociada a la cantidad de fertilizantes inorgánicos que se dejan de aplicar al ser sustituidos por fertilizantes orgánicos**. Queda pendiente el cálculo de las emisiones totales asociadas a cada manejo.

Los resultados muestran que potenciar la sustitución de N inorgánico por otro orgánico es eficiente desde el punto de vista de la mitigación del CC. Actualmente hay margen para extender el uso de residuos orgánicos como fertilizantes en el regadío de Navarra, aunque ya es una práctica habitual.

Sin embargo, hay que tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- La composición de cada tipo de residuo orgánico es muy heterogénea y dependiente de las operaciones de manejo en el origen (explotaciones ganaderas), y puede producir diferencias de rendimiento entre campañas. Esto dificulta establecer dosis de aplicación únicas y hace necesario disponer de análisis de la composición de los residuos previa a su aplicación.
- La distancia entre el punto de origen y de aplicación de fertilizantes orgánicos: el coste de transporte se estima que hace económicamente viable el uso cuando se requieren desplazamientos máximos de 12 a 20 km. El consumo de gasoil genera también emisiones de GEI a considerar en la comparación con la aplicación de un fertilizante inorgánico, ya que se

utilizan volúmenes grandes. Queda pendiente estimar la distancia máxima desde el punto de producción a la que es viable medioambientalmente aplicar el fertilizante orgánico.

- La aplicación continuada de lodos EDAR con alto contenido en metales pesados dentro de los límites permitidos, puede conllevar riesgo de contaminación de los suelos por acumulo, aunque hay que señalar que su uso está regulado⁴³ (se establece una frecuencia máxima de aplicación en secano y regadío). En Navarra el nivel de metales de la oferta existente es considerado bajo y en la práctica, el manejo utilizado supone un bajo nivel de repetición de superficies.

En base a las experiencias demostrativas B1 y B2 en parcelas con cultivo de maíz en las que se ha utilizado abonos orgánicos, se observa lo siguiente (a contrastar en próximas fases del proyecto):

- la aportación de N como abono orgánico se aplica en dosis muy por debajo del máximo permitido (alrededor de 150 kg N/ha frente a 250). Por tanto, hay margen para recomendar una mayor dosis.
- En la práctica, el N aportado con fertilizante orgánico ha sido del 30-40% sobre el total, similar al VSFMN. Sin embargo, la aplicación de abono orgánico no supone siempre una menor utilización de abono inorgánico, sólo en una de las 2 parcelas ha supuesto cierta reducción (del 18% si se consideran unas necesidades de 300 UF). De no reducirse la cantidad de urea aplicada en cobertera, la utilización de abono puede tener efectos sobre un mayor uso de nitrógeno y una mayor lixiviación, aspecto a considerar en las recomendaciones del proyecto.

Tabla 13. Manejo de la fertilización en maíz en experiencias B1 y B2

Identificación de parcela y manejo	Total UF N/ha	Kg UF Ninorgánico/ha	Kg UF Norgánico/ha	% N orgánico
V13 Regadío conservacionista sin AO	326	326	0	0%
MB22 Regadío conservacionista sin AO	318	318	0	0%
MB12 Regadío conservacionista con AO	414	247	167	40%
FN22 Regadío conservacionista con AO	483	333	150	31%

⁴³ Orden Foral 359/2010, de 26 de julio, de la consejera de desarrollo rural y medio ambiente, por la que se regula la utilización de lodos de depuración en la agricultura de la comunidad foral de Navarra. La normativa prohíbe aplicar lodos tratados en cultivos hortícolas durante su ciclo vegetativo, y obliga a aplicar en un plazo menor de 10 meses antes de la recolección. Regula una cantidad máxima de nitrógeno a aplicar por hectárea, que no puede superar los 250 kilogramos de nitrógeno, computando conjuntamente la utilización de lodos con la de estiércol, purín, compost y otros abonos orgánicos (con excepción de las zonas designadas como vulnerables a la contaminación por nitratos).

2.6. B5 Gestión sostenible del uso del agua de riego

2.6.1. Bases y objetivos de la Acción B5

Las nuevas transformaciones en regadío de Navarra se realizan en base a riegos presurizados en general, y de aspersión en particular, debido a la alta eficiencia de estos sistemas en la aplicación del agua a cultivos extensivos. Como se ha visto en el capítulo 1 del informe, el 53% de los sistemas de riego a presión (24.585 ha) requieren actualmente equipos de bombeo para su funcionamiento).

El diseño de la infraestructura del **Canal de Navarra** se ha realizado para permitir en las redes colectivas un valor de consigna suficiente para no requerir bombeos adicionales, de 54 metros de presión aguas arriba del hidrante (pieza que separa la red colectiva de la red privada en la parcela), con un marco de riego en parcela de 18x15T (distancia de 18 m entre aspersores y 15 entre calles).

No obstante, determinadas zonas (menos del 4% de la superficie cuenta con hidrantes desfavorables) necesitan que se **suministre una presión adicional** para instalar este marco, debido a su cota y su distancia al punto de alimentación de la red. Como alternativa para evitar necesidad adicional de bombeo (y consumo energético), se planteó la utilización de sistemas de riego por goteo, con inferiores requerimientos de presión, pero el goteo supone inconvenientes en cultivos herbáceos⁴⁴.

El proyecto analiza, en base a experiencias previas en Navarra y en avances tecnológicos, otras **alternativas en el sistema de riego para reducir la presión de consigna** bajo las premisas de: mantener una buena uniformidad y buen comportamiento ante el viento, y mantener la calle de laboreo (15 m). A mayor uniformidad, menor es la aportación de agua de riego necesaria para alcanzar una determinada producción (y la energía de bombeo), de manera que un sistema bien diseñado y manejado puede producir ahorros importantes de agua y de energía.

Se analiza lo siguiente:

- a) La **implantación de marcos de riego 12x15T** (distancia de 12 m entre aspersores y 15 entre calles), que se ha utilizado de manera experimental en pequeñas zonas del Canal de Navarra. Esto requiere valorar su eficiencia en el uso de agua, es decir la uniformidad en la distribución de agua, siendo un aspecto fundamental una elección correcta de la combinación aspersor, tamaño de boquillas, presión de trabajo y marco de riego.
- b) La **utilización de nuevos materiales y conexiones** en las instalaciones de riego en parcela, que suponen un ahorro en las pérdidas de carga.
- c) La repercusión energética y el coste que la adopción del marco de riego 12x15T tendría sobre la **red colectiva de las infraestructuras de riego**, considerando cambios en el diseño y funcionamiento.

El objetivo es cuantificar para las alternativas de riego analizadas, el potencial de reducción de GEI por un menor gasto energético del riego en la fase de distribución y en el riego en parcela. Se

⁴⁴ Los aspersores convencionales requieren una presión de alimentación de 35 m.c.a. para un correcto reparto del agua y los goteros sólo precisan 10-15 m.c.a, estos últimos también tienen la ventaja de no ser afectados por el viento. Sin embargo, el sistema por goteo presenta inconvenientes en cultivos extensivos: la falta de tradición puede provocar resistencia por parte de los agricultores a adoptar esta tecnología, los ramales emisores tienen una menor vida útil (unos 10 años en caso de estar enterrado), involucrando un coste de reposición, los laboreos se limitan a una profundidad máxima de 30 cm, hay mayor riesgo de obstrucciones y puede generar problemas en la nascencia del cultivo.

pretende conocer el ahorro energético en relación a variantes de diseño, de implantación y de explotación del sistema de riego en parcela, vinculado a la reducción de los requerimientos de presión y a minimizar las pérdidas, así como el coste económico de las variantes estudiadas.

2.6.2. Metodología de la experiencia demostrativa

La experiencia se organiza en 4 ámbitos: A1) Parcela, A2) Red Colectiva de Riego, A3) Materiales de riego en parcela y A4) Manejo del riego.

A1) Parcela

El objetivo es **comparar la uniformidad de riego de los marcos de riego 18x15T vs 12x15T** en distintas condiciones de viento, comparar los **costes unitarios** de ambos sistemas y la **emisión de GEI** de los materiales (su huella ecológica).

La comparativa de la uniformidad de riego, se ha realizado con ensayos de pluviometría que miden el coeficiente Christiansen según la norma internacional ISO 7749-2, en una parcela de Valtierra con distintas condiciones de viento. Se dispone de un sector de riego con los dos marcos de riego a estudiar, de manera que los ensayos se efectúan simultáneamente para homogeneizar la influencia del viento. Se realizan 5 tratamientos por cada marco (presiones de trabajo de 25, 28, 30, 32 y 34 m.c.a) y 3 repeticiones para cada presión.

Para la comparación de marcos de riego desde el punto de vista económico y de materiales, se diseñan sistemas de riego en 72 has con cada marco. Se utilizan 22 unidades de riego, con superficies por unidad entre 5 y 10,5 ha y una tipología de parcelas representativa de la zona regable del CN. Cada unidad se estudia con los marcos de riego de 12x18T y 18x15T⁴⁵. Los criterios de diseño parten de los resultados de los ensayos de pluviometría (presión en boquilla de aspersor entre 3 y 4 kg/cm² para el marco de riego 18 x 15T y de 2,5 a 3 kg/cm² para el 12 x 15T). Para el dimensionado de las tuberías se admite una diferencia de presión máxima del 20% de la media de presión del aspersor con más y con menos presión en un sector, y una diferencia de caudales entre ellos inferior al 10%.

A2) Red Colectiva de Riego

El **objetivo es estudiar la repercusión sobre las emisiones de GEI y económica que tendría en una red de riego colectiva el reducir el valor de consigna del hidrante en 5 m.c.a.** debido a la sustitución del marco de riego 18x15T por el de 12x15T, sin comprometer la prestación de uniformidad del sistema de riego por aspersión. Se han analizado 3 alternativas:

- a. 54 metros en todos los hidrantes (situación actual)
- b. 49 metros exclusivamente en los hidrantes desfavorables de la red
- c. 49 metros en todos los hidrantes.

⁴⁵ Para el diseño hidráulico de las parcelas se ha utilizado el programa WCADI (Weizman-Computer Aided Design Irrigation).

Con un programa de simulación⁴⁶ se analizan las alternativas **aplicadas a las redes colectivas de la zona regable del CN en su primera fase**, con una superficie de 22.464 ha. Se consideran las 26 redes colectivas, que suman 754 km de tuberías y 3.621 hidrantes. Se recalcula para las alternativas b y c, **el dimensionamiento óptimo de la red colectiva** (combinación de diámetros y materiales de tuberías que minimizan el coste económico de la red colectiva bajo determinados criterios), **el funcionamiento** (casos críticos que presentan alarmas por presión inferior a la consigna en hidrante o velocidad en conductos fuera del rango 0-2,5 m/s), **el coste económico** y la **huella de carbono** vinculada a los materiales de las redes colectivas de riego calculadas.

Por otro lado se simula el funcionamiento de la red y los casos críticos de alarma, y el ahorro en la factura eléctrica que podría suponer el disminuir la altura de bombeo en 5 metros en las zonas que requieren bombeo adicional.

A3) Materiales de riego en parcela.

El objetivo es obtener una clasificación energética del sistema de riego en función de los materiales y conocer la influencia que la elección de los materiales puede tener en el diseño hidráulico de las parcelas para el agricultor.

El análisis se centra en valorar los **materiales empleados en conexiones de hidrante** (cuellos de cisne) **y en nudos de válvula hidráulica de sector superficiales**. En ambos, en los últimos años se está sustituyendo la “calderería protegida mediante pintado epoxi” con polietileno de alta densidad (PEAD). Se realizan ensayos de pérdidas de carga⁴⁷ para 4 tipos de conexiones de hidrante (en PE Ø 110, PE Ø 125, calderería 3” y calderería 4”) y cinco tipos de nudos de válvulas (en PE Ø 90, PE Ø 110, PE Ø 125, calderería 3” y calderería 4”) a diferentes caudales circulantes. Se cuantifica también la influencia en el consumo energético y en la emisión de GEI.

Falta conocer los ensayos de collarines y válvulas.

A4) Manejo del riego

Se valoran las posibilidades de disminución de la huella de carbono mediante uso de telecontrol en la red conectiva de riego y en parcela, **y mediante la realización de auditorías energéticas.**

2.6.3. Resultados ambientales de la Experiencia B5

A) En el ámbito parcela

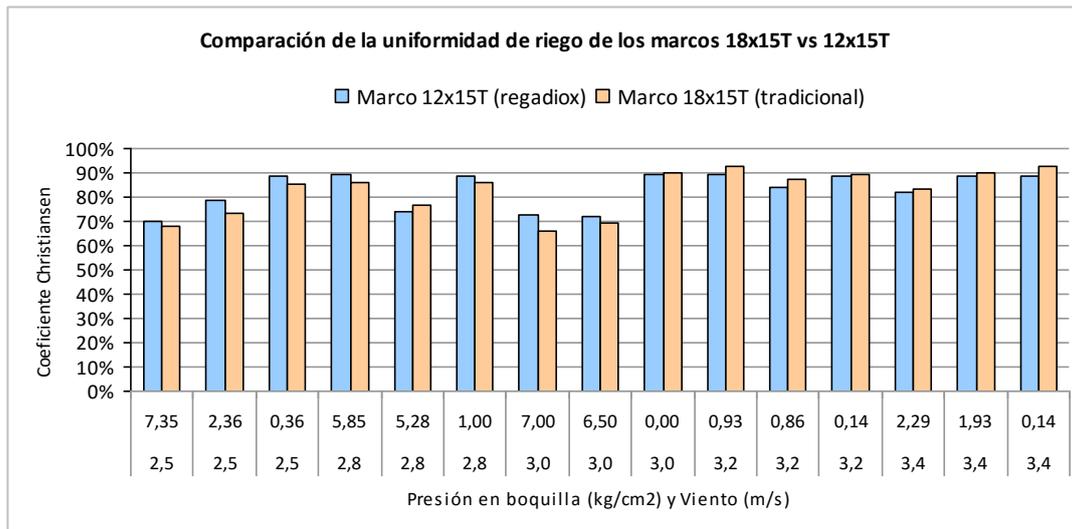
El marco de **aspersión de 12x15T logra reducir la presión de consigna del hidrante en 5 m.c.a** frente al marco 18x15T con parámetros de uniformidad de riego y pluviometría similares (6,63-6,5 l/m² h en ambos marcos). Resulta una buena alternativa para presiones

⁴⁶ Paquete de simulación de sistemas presurizados de distribución de agua GESTAR 2010-PREMIUM, orientado al diseño y análisis de sistemas de riego.

⁴⁷ Estas pruebas se llevan a cabo en el Banco de Ensayo que la empresa Aguacanal tiene instalado en la antigua estación de bombeo de Murillo El Fruto

de funcionamiento en aspersor desde 25 a 30 m.c.a. Presenta **valores de uniformidad elevados y más estables frente a las variaciones de presión que el marco 18x15T** (ver Gráfico siguiente). Por el contrario, a partir de 30 mca el 18x15T obtiene un nivel de uniformidad ligeramente por encima.

Gráfico 16. Resultados de los ensayos de uniformidad de la experiencia B5



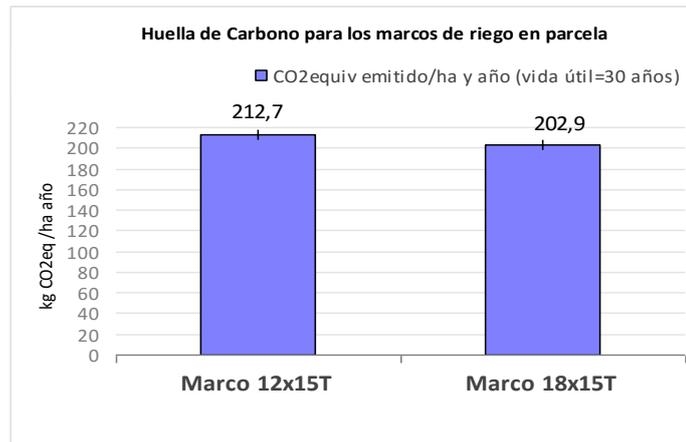
Desde el punto de vista económico, la instalación del marco 12x15T supone un ligero encarecimiento del 12,76% del coste por hectárea con respecto al 18 x 15T (aproximadamente 468 €/ha⁴⁸). Se debe principalmente a la partida de aspersores, tanto circulares como sectoriales y derivado de esto, el número de cañas, hoyos y chapas sectoriales. En redes dependientes de energía, teniendo en cuenta una vida útil de 30 años del sistema, **el mayor coste inicial (15,60 €/ha y año) puede compensarse con el ahorro energético** que representa la menor necesidad de presión. Si se considera el consumo medio de energía en Navarra, la factura eléctrica se reduciría en 11 €/ha y año.

El material utilizado en el sistema de riego en parcela para las conexiones de hidrante y de nudos de válvulas puede suponer evitar pérdidas de carga de 2 a 5 m.c.a. en función de las alternativas comparadas. Para caudales por encima de 25 l/s las conexiones de hidrante y los nudos de válvulas PE 125 mm o calderería de 110 mm, ahorran entre 1.5-2 m.c.a de presión frente al PE 110.

Las opciones más eficientes desde el punto de vista de pérdidas de carga en conexiones de hidrante y nudos de válvulas serían las instalaciones de PE 125 mm y la calderería de 110 mm. Con la instalación de válvulas enterradas sin acometidas se consigue bajar la presión necesaria en cabecera al desaparecer las pérdidas de cargas en las subidas y bajadas a válvulas.

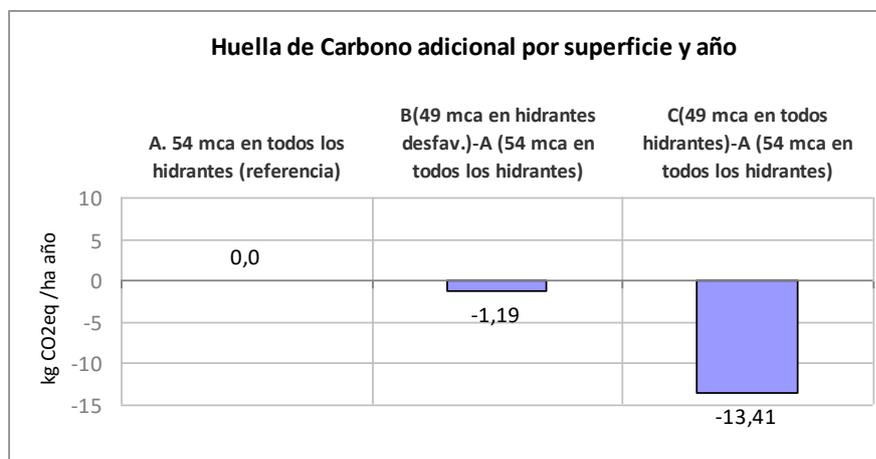
⁴⁸ Para el marco 18x15 se calcula un coste de 3.668 €/hectárea + IVA, y para el de 12x15 un coste de 4.136 €/ha, para las condiciones de precios y mediciones consideradas.

Desde el punto de vista de la Huella de Carbono, en todas las alternativas de conexiones de hidrante y de nudos de válvulas analizadas, **el marco de riego 12x15T genera un nivel de emisiones algo mayor que el marco 18x15 T (entre el 4,7-5,0%)**. De media, desde el punto de vista exclusivamente de materiales, el cambio de un marco de riego 18x15T a 12x15T representa un incremento de Huella de carbono de 294,12 kgCO₂/ha, es decir de 9,8 kg CO₂/ha anuales, considerando una vida útil de 30 años (ver gráfico siguiente).



B) En el ámbito de la red colectiva

El diseño de la red colectiva con la alternativa C, que reduce la presión de consigna en 5 m.c.a. en todos los hidrantes, supone reducir la Huella de Carbono un 10,09% de media respecto a la emisión de CO₂ de los materiales empleados en la alternativa A, mientras que no se consiguen reducciones significativas en la emisión de CO₂ al cambiar el diseño de la situación actual a la alternativa B (5 metros menos de consigna en la presión de los hidrantes desfavorables únicamente). **La alternativa C de 49 m.c.a. en todos los hidrantes es la más adecuada desde el punto de vista de Huella de Carbono**, y supone **evitar una emisión de 402,76 kg/CO₂ ha** en relación al diseño actual, o de 13,41 kg/CO₂ ha anuales (considerando una vida útil del sistema de riego de 30 años).



En relación al coste económico, el diseño de la red colectiva con la alternativa B de reducción de 5 m.c.a. sólo en los hidrantes desfavorables, supone un ahorro medio del 1,2%. **El ahorro es considerable en la alternativa C**, de 5 m.c.a. menos de presión de consigna en hidrante, que abarata de media un 10,3% el coste de la red, en un rango de entre el 60% en redes pequeñas al 2% en las mayores. Teniendo en cuenta que una red de tamaño medio (900 hectáreas) cuesta alrededor de 2.500.000 €, supone un montante de 250.000 €.

La **reducción de la presión de consigna también mejora el funcionamiento de la red colectiva** por responder a la demanda (simultaneidad del 30%) en mejores condiciones. En la alternativa B, que disminuye la presión de consigna en un pequeño número de hidrantes desfavorables, consigue eliminar una media del 35% de los casos críticos en los que se producen alarmas (rango entre el 1-85% de las alarmas); y cuando la rebaja se hace en todos los hidrantes (alternativa C) los casos críticos se reducen un 90% (rango entre el 72-100%).

C) En el ámbito del manejo

El **telecontrol** es una herramienta para optimizar la eficiencia en el consumo energético e hídrico, y puede implantarse tanto a nivel de redes colectivas como en parcela. A nivel de parcela, el control del suministro de agua también tiene efectos positivos sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos. Aunque el proyecto no ha trabajado este tema, puede señalarse lo siguiente:

- En las redes colectivas, la gestión se organiza para proporcionar la presión de consigna en el hidrante más desfavorable, independientemente de si está regando. En redes dependientes de energía, el telecontrol permite ajustar la altura de bombeo en el punto de alimentación para asegurar la presión del hidrante más desfavorable que se encuentre regando en un instante determinado, aspecto que permite estimar el ahorro potencial respecto a la gestión actual, y que debe considerarse en la decisión de implantar el telecontrol.
- Por otro lado, el telecontrol de la red colectiva de riego para el control de los hidrantes y la automatización del riego en parcela, comporta ahorros de GEI debido a la reducción de desplazamientos para la gestión en la red colectiva y para la programación en la parcela.
 - Se estima que el telecontrol en la red colectiva de la Fase I del Canal de Navarra, permite ahorrar un 5% de los desplazamientos anuales por mantenimiento al recibir avisos directos del sistema (alarmas a través del correo electrónico y SMS dirigidos a teléfonos portátiles). En total se consideran evitados 270.000 km al año que suponen un ahorro de GEI de 1,19 kg/CO₂ por hectárea;
 - La automatización del riego en parcela en un cultivo de maíz (24 semanas de riego), supondría un ahorro de 48 desplazamientos para la programación del hidrante. Estimando una distancia media de 20 km por desplazamiento (ida y vuelta), el telecontrol evitaría 960 km por campaña, que representa 15,32 kg CO₂/ha (estimado con una media de 8 ha/hidrante).

D) Resultados globales (todos los ámbitos)

La implantación del marco 12x15T junto a la alternativa C de reducción de la presión de consigna 5 mca en la totalidad de hidrantes, que es la que supone resultados significativos, representa un ahorro de emisiones por materiales instalados de **3,6 kg de CO₂/ha y año**. En

caso de redes con requerimientos de bombeo, este ahorro se incrementa notablemente, para los hidrantes con necesidad de bombeo adicional del Canal de Navarra, podría suponer evitar 25,6 kg de CO₂/ha y año.

Tabla 14. Resultados globales de la experiencia B5

Factores a considerar	Situación actual: Marco 18x15T en parcela y Red Colectiva con 54 mca (1)	Alternativa analizada: Marco 12x15T en parcela y Red Colectiva con 49 mca (2)	Diferencia Alternativa– Situación actual (2) – (1)
A) Emisiones por instalación en parcela: materiales (Kg de CO ₂ eq/ha año)	202,9	212,7	+9,8
B) Emisiones por instalación de la red colectiva: (Kg de CO ₂ eq/ha año)	132,9	119,5	-13,4
(A) + (B)	335,8	332,2	-3,6
C) Energía de bombeo en redes dependientes de energía de la Fase I del Canal de Navarra (Kg de CO ₂ eq/ha año)	185,06 (para 3.187 ha y Hmedia de 42 mca)	163,03 (para 3.187 ha y Hmedia de 37 mca)	-22,0
D) Energía de bombeo en redes dependientes de energía de toda Navarra	414,19	337,04	-20,7
F) Instalación de telecontrol en parcela	-15,32 en relación a la programación manual	-15,32 en relación a la programación manual	-15,32

Desde el punto de vista de la huella de carbono, la instalación de marcos de riego 12X15T como alternativa a los 18x15T, que representan reducir 5 m.c.a. de presión en consigna, es eficaz para reducir las emisiones GEI en hidrantes dependientes de bombeo, aunque supone un incremento de costes para el agricultor superior al 10%. En infraestructuras que no requieren bombeo, este cambio en parcelas es eficaz únicamente si se hace extensivo a la red colectiva.

El telecontrol, tanto en red colectiva como en parcela, puede ser una herramienta más eficiente que el marco de riego para reducir las emisiones de GEI.

3. RESULTADOS GLOBALES

3.1. Potencial de las experiencias demostrativas

3.1.1. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío definido y testado contribuye a la mitigación del cambio climático?

La transformación de secano a regadío supone en todos las parcelas analizadas tasas mayores de secuestro de carbono orgánico en el suelo. Las tasas se sitúan entre las 2,0 y las 12,4 tCO₂e adicionales al año y presentan una elevada variabilidad en función del tipo de suelo, la antigüedad del regadío y del manejo asociado al cultivo. Los resultados son similares a los esperados en base a ensayos previos para el maíz (tasa de 2,78 t CO₂e y año).

Tabla 15. Potencial de mitigación unitario de las experiencias demostrativas

Prácticas agrarias analizadas	Almacenamiento Adicional de CO ₂ eq (kgCO ₂ eq/ha/año)	Emisiones adicionales de GEI (kgCO ₂ eq/ha/año)	Observaciones
B1 Transformación de secano en regadío	2.000-12.400 (1.500 a 17.600)	-410 a +6.659 Promedios: C.Forrajero -410 C.Conservacion.: +4.047 C.Intensivo: + 4.802	Rango muy amplio en función de la intensidad del laboreo (muy vinculado al nº de cultivos/año)
B2 Laboreo reducido en cultivos herbáceos (frente a laboreo intensivo)	Laboreo reducido: +7.390 (3.900 a 11.700) Laboreo conservacionista: +5.740 (5.210 a 6.270)	Laboreo reducido: -1.417 (-228 a -2.994) Laboreo conservacionista: -1.161 (-160 a -2525)	Laboreo reducido es forraje 2-3 años y L.Conservacionista 1 cultivo anual (cereal)
B3 Cubiertas vegetales en cultivos permanentes (frente a suelos desnudos)	Olivo: +11.400 (0 a 17.200) Viña: +13.400 (0 a 14.000)	Olivo: -205 (-200 a -210) Viña: +396 (117 a 674)	Requiere que las cubiertas se mantengan en el tiempo. No se observa cuando la implantación es reciente (2 años en viña y 6 en olivo)
B4 Sustitución parcial de fertilizantes inorgánicos por orgánicos	Secano: 3.502 (2.382 a 4.621) En regadío: tasas anuales de secuestro adicional: 150-500 en bibliografía. No observadas en el proyecto	Regadío: +184 (-621 a +988), supone incremento de 4% (-13% a +17%) PENDIENTE EXPERIENCIA B4: a priori -26% a -38%	Emisiones GEI variables en función de la gestión de fertilizantes
B5 Reducción de la presión de consigna en 5 mca con cambio de marco de riego a 12x15T y redimensionamiento de la red colectiva	--	-25,6 a -3,6	En función de si la red depende o no de bombeo (-25,6 en redes dependientes)

Teniendo en cuenta la superficie de regadío en Navarra para el año 2014, se estima⁴⁹ que los cultivos **herbáceos de regadío suponen anualmente en Navarra una captación adicional de CO₂ atmosférico en relación a si la agricultura fuera de secano, de una media de 551.064 toneladas de CO₂eq y año** (de 346.528 a 853.252). Esto representa la captación adicional promedia del 9,3% (rango entre 5,9-14,4%) de las **emisiones totales de GEI generadas por la economía Navarra** (teniendo en cuenta el promedio del periodo 2011-2013).

Con excepción de los cultivos forrajeros, **la agricultura de regadío genera unas emisiones de GEI superiores**, tanto si se considera por hectárea, como por peso de producto seco. Las emisiones adicionales en relación a los secanos tradicionales son de 4,04 t CO₂e/ha de media en cultivos conservacionistas (maíz), y de 5,25 en cultivos más intensivos. Estas emisiones se compensan en el 67% de las parcelas de cultivo conservacionista, pero **la captación adicional no supera las mayores emisiones en manejos intensivos con 2 cosechas anuales**.

La utilización de abono orgánico en cultivos de maíz, el cultivo más extendido en regadío, con dosis de 250 Kg de N/ha, supone un ahorro medio del 31% en la aportación de N con abonos inorgánicos en una horquilla del 26 al 38% para los 5 tipos de fertilizante orgánico analizado. Esto supone un **ahorro medio de 93 kg de N/ha aportado con abono inorgánico**, si se consideran unas necesidades totales de fertilización de 300 UF de N/ha, y una reducción de emisiones de alrededor de 550kgCO₂equiv/ha⁵⁰.

Considerando las estadísticas de UF de N para los principales cultivos⁵¹, la aplicación de la medida al regadío de Navarra **podría suponer el ahorro de 3.200 toneladas de UF de N y 19.000 t de CO₂eq de emisiones directas e indirectas** vinculadas a la aplicación del N, el 0,3% de las emisiones totales de Navarra y el 1,4% de las de la agricultura Navarra.

3.1.2. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío definido y testado contribuye a la adaptación al cambio climático?

Las proyecciones climáticas para Navarra para finales de siglo (ver apartado 1.4) prevén aumentos de la temperatura máxima entre los 1,5 y los 2°C y una pérdida en el aporte de agua por precipitaciones de alrededor del 9%. En cultivos de secano estas variaciones son relevantes, de forma que la transformación al regadío analizada en la experiencia B1 supone por sí misma una importante acción de adaptación.

En el sector agrícola de regadío, se estima que los cambios generen un incremento de las demandas de dotaciones netas medias de agua de riego suministradas por las infraestructuras agrarias para el

⁴⁹ Los cálculos han aplicado los resultados del proyecto con simplificaciones que no han considerado la tipología de suelos ni las características agroclimáticas, aunque se ha incorporado la información diferenciando entre regadíos recientes y con antigüedad superior a 10 años. No se han contabilizado las superficies ocupadas por cultivos leñosos, para los cuales no se dispone de tasas de SOC adicional en relación al secano.

⁵⁰ Aplicando el factor de emisión de 5,927 kg CO₂equiv/Kg N

⁵¹ Balance de nitrógeno elaborado por MAGRAMA para Navarra. Se ha tomado el dato de UF de N aplicadas con fertilizante inorgánico a nivel de cultivos. Se señala que no se diferencia entre secano y regadío, por lo que la información se ha ajustado.

periodo 2011-2040 en el rango del 3 al 6%⁵². El aumento de las necesidades netas de agua de riego (previsiones para la cuenca del Ebro de un incremento del 3-8% en maíz y superiores en cultivos permanentes, hasta el 9-24% para la vid), requerirá la instalación de sistemas de riego eficientes desde el punto de vista hídrico. Los estudios de Life Regadiox se han volcado en la eficiencia energética de los sistemas de riego (experiencia B5), no obstante, medidas propuestas como la automatización de los sistemas de gestión en redes colectivas y la programación automática en parcela, supondrían efectos positivos hacia la adaptación.

En los suelos de regadío el aumento de temperatura puede conllevar pérdidas de C orgánico⁵³ en el suelo, con efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y sobre el proceso de estabilización. En este sentido, las prácticas agrarias de laboreo reducido y conservacionista, de cubiertas vegetales en cultivos leñosos y de utilización de fertilizantes orgánicos, constituyen asimismo acciones con efectos positivos sobre la adaptación, por generar mayores niveles de carbono orgánico en el suelo.

3.1.3. ¿En qué medida el modelo de agricultura de regadío mejora la eficiencia en el uso de energía?

Las repercusiones de las experiencias demostrativas sobre la variación de la eficiencia en el uso de la energía se analizarán en la última fase del proyecto en base a los indicadores Variación en la energía consumida por unidad de superficie (Mj/ha) y por unidad de cosecha (Mj/kg de cosecha).

Se analizarán los cambios sobre los consumos directos e indirectos. Se esperan resultados similares a las emisiones de GEI.

3.1.4. ¿En qué medida el modelo de agricultura definido y testado reduce otros impactos ambientales de la actividad agraria haciéndola más sostenible?

Las prácticas propuestas, aplicadas a escala regional, conllevarán mejoras en la sostenibilidad de la actividad agraria en la medida que:

- a) suponen una **gestión eficaz para la calidad del suelo**, con efectos positivos sobre los contenidos en materia orgánica como se ha visto anteriormente, pero también por su efecto sobre la mejora de la biodiversidad en el suelo y sobre la prevención de la erosión.

El informe final prevé análisis que cuantifiquen los incrementos de actividad biológica que generan las prácticas de cubiertas vegetales en cultivos permanentes, e incluir un estudio teórico sobre la capacidad para prevenir la erosión, con estimaciones que tengan en cuenta

⁵² Informe sobre los efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación Elaborado por el CEDEX

⁵³ Se estima que cada incremento de 1°C puede suponer una pérdida de carbono orgánico en el suelo del 6-7 %, en función de las características propias del suelo y sus usos.

el Factor K (factor de erosionabilidad) de la ecuación USLE⁵⁴ en base a la cantidad de materia orgánica que suponen las distintas prácticas.

En la misma línea, la implantación de cubiertas vegetales en cultivos herbáceos es una medida eficaz contra la erosión en cultivos con pendientes. De hecho es una práctica obligada por el código de buenas prácticas agrarias en Navarra exigibles para la condicionalidad⁵⁵.

- b) Suponen una **gestión eficaz para la calidad de las aguas subterráneas**. La aportación de nitrógeno mediante fertilizantes orgánicos, junto a la implantación de planes de fertilización, puede contribuir a reducir las pérdidas de N por lixiviación y escorrentía, al disminuir alrededor del 30% del volumen de N aplicado con fertilizantes inorgánicos en el abonado de cobertera.

⁵⁴ La Ecuación de la Pérdida Universal de Suelos (USLE) se expresa como: $A = R * K * LS * C * P$, donde: A = Pérdida estimada promedio de suelo en Ton/ha/año; K = Factor de erosionabilidad del suelo; L = Factor de longitud de la pendiente; S = Factor de inclinación de la pendiente; C = Factor de cobertura del suelo; y P = Factor de las prácticas de manejo. **El factor K** se puede calcular mediante la ecuación: $100 K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4})^{(12-a)} + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)$ (5.6), en donde: M = (% limo+arena muy fina)*(100-%arcilla); a = % de materia orgánica; b= código de estructura de suelo; c= clase de permeabilidad (valor K en unidades inglesas). **El factor C** representa la relación entre la pérdida de suelo de una superficie sin vegetación, C=1, y la erosión con la cobertura en consideración.

⁵⁵ En base a la Orden Foral 110/2015, que establece entre las normas de condicionalidad de cobertura mínima de el suelo, cubierta vegetal en parcelas de cultivos leñosos con una pendiente media igual o superior al 15%, salvo que la pendiente real de el recinto esté compensada mediante terrazas o bancales, y para parcelas de superficie mayor a una hectárea.

PRÓXIMOS PASOS: PREPARACIÓN DEL INFORME FINAL DE EVALUACIÓN

El proyecto incluye entre sus **objetivos específicos** el “evaluar el impacto de las actuaciones (B1 a B6), los aprendizajes y los resultados de las acciones del proyecto desde un punto medioambiental y socioeconómico”. Para ello se prevé elaborar un informe final del impacto medioambiental que actualice la información no disponible en el informe intermedio, y un informe socioeconómico del proyecto. A continuación se avanza una propuesta metodológica a contrastar con los socios.

Tareas previstas para la evaluación final ambiental y socioeconómica

TAREAS PREVISTAS	METODOLOGÍA
1. Concreción del modelo Regadiox en base a los resultados de las Experiencias B1 a B5 (ver propuesta en Cuadro 2)	Definir buenas prácticas de manejo para implementar en las explotaciones agrarias de regadío de Navarra con objeto de mejorar sus resultados climáticos (incrementar la captación de C atmosférico de la agricultura y reducir las emisiones de GEI)
	Definir buenas prácticas en la instalación y gestión de infraestructuras agrarias de regadío , tanto en redes colectivas como en parcela, para reducir su huella de carbono.
2. Analizar los costes del modelo en relación a los manejos tradicionales para valorar la eficiencia del modelo	<ul style="list-style-type: none"> – Análisis de información recogida en las encuestas de las experiencias B1 a B5 y de las nuevas B6 – Contraste con la información de la Red Contable de Navarra – Entrevistas de evaluación sobre costes adicionales y necesidades para una aplicación adecuada: con agricultores participantes y otros agentes (INTIA, socios, otros expertos)
3. Valoración de resultados de los costes y de necesidades para lograr una buena acogida	<ul style="list-style-type: none"> – Comparación de los costes del modelo con las prácticas tradicionales – Breve análisis DAFO en relación a la implantación del modelo Regadiox
4. Valoración del impacto potencial de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> – Actualización de los resultados ambientales – Valoración del potencial de aplicación: estimación de la situación de partida, cuantificación de objetivos y definición de escenarios de adopción – Estimación del impacto potencial de mitigación del CC y socioeconómico del proyecto – Contraste con socios y expertos: entrevistas/ reuniones
5. Elaboración de propuestas (ver Cuadro 3)	<ul style="list-style-type: none"> – Propuestas para la revisión del código de buenas prácticas – Propuestas para las políticas agrarias a distinto nivel

Dentro de la Tarea 1, teniendo en cuenta los resultados del informe de evaluación, se propone el siguiente modelo de buenas prácticas, sobre el cual se calcularían los costes y los impactos potenciales.

Cuadro 2: Propuesta de modelo Regadiox

EXPERIENCIAS DEMOSTRATIVAS	BUENAS PRÁCTICAS A PROMOVER
B2 + B4 + B5 Modelo Regadiox en cultivos herbáceos	a. Definir una/dos rotaciones de regadío en la que se incluyan cultivos conservacionistas y cultivos de laboreo reducido potencialmente captadores (forrajeros). Para valorar efectos adicionales: definir la situación tradicional NOTA: Puede haber un problema para valorar el impacto: no se ha estudiado el efecto de la rotación sobre el SOC. ¿Sería más o menos correcto valorar hasta el 2030 años con SOC de unos cultivos y años con SOC de otros? b. Fertilización: utilización de abono orgánico en sustitución de una parte del inorgánico c. Instalación en parcela de un sistema de regadío eficiente desde el punto de vista energético: marcos de riego de 12x18T frente a 15x18T y materiales con menor huella de carbono. d. Automatización del riego en parcela y seguimiento de las recomendaciones del SAR (Servicio de asesoramiento al regante) en Navarra
B3 + B4 + B5 Modelo Regadiox en cultivos leñosos	a. Implantación de cubiertas vegetales en cultivos leñosos de regadío (olivo y viña) b. Fertilización: utilización de abono orgánico en sustitución de una parte del inorgánico c. Instalación en parcela de un sistema de regadío eficiente desde el punto de vista energético: materiales con menor huella de carbono. d. Automatización del riego en parcela y seguimiento de las recomendaciones del SAR (Servicio de asesoramiento al regante) en Navarra
B5 Modelo Regadiox en redes colectivas	a. Diseño de redes colectivas con Sistemas de regadío eficientes desde el punto de vista energético: marcos de riego de 12x18T frente a 15x18T en parcela b. Sistema de gestión automatizado de la fase de distribución (riego colectivo)

Dentro de la Tarea 5. Elaboración de propuestas para la revisión del código de buenas prácticas y para adaptar las políticas agrarias, pueden plantearse 2 líneas de trabajo de partida:

- A) El Programa de Desarrollo Rural de Navarra
- B) El código de buenas prácticas agrarias exigido para la condicionalidad de las ayudas de la PAC⁵⁶

⁵⁶ La Orden Foral 110/2015, de 20 de marzo, del Consejero de Desarrollo rural, medio ambiente y administración local, establece las normas de la condicionalidad que deben cumplir los beneficiarios que reciban pagos directos, primas anuales de desarrollo rural, o pagos en virtud de determinados programas de apoyo al sector vitivinícola.

El Programa de Desarrollo Rural de Navarra

Podría valorarse las propuestas siguientes:

Medida	Breve descripción y Compromisos relacionados con Regadiox	Posibilidad de modificación con Regadiox
M04 "Inversiones en explotaciones agrarias"	Incluye ayudas para inversiones en instalaciones de regadío de transformación, mejora y mejora con transformación. En las inversiones de mejora se exige que se justifique un ahorro potencial de agua de al menos el 10% con arreglo a la instalación existente, conforme a las exigencias de la normativa europea del FEADER, aunque esto no se aplica en el caso de las inversiones en una instalación existente que sólo afecten a la eficiencia energética.	Fomentar el cálculo y la reducción de la huella de carbono en el sector , mediante la obligatoriedad de utilizar productos de empresas registradas en el Registro de Huella de Carbono del MAGRAMA (RD 163/2014 de 14 de marzo) Utilizar en los criterios de prioridad de las ayudas la clasificación energética propuesta por Regadiox.
M10 Agroambiente y Clima: Preservación de agrosistemas mediterráneos sostenibles	Apoyo al mantenimiento de viñedos viejos (+30 años) y de olivos viejos (+60 años) Compromisos de Mantener las plantaciones antiguas de vid y olivo en condiciones adecuadas de cultivo, de acuerdo con los sistemas de cultivo tradicionales y realizando las labores culturales necesarias (poda, abonado, control de plagas y vegetación espontánea, recolección, etc...) Se da prioridad al secano	Plantear añadir en regadío un compromiso de cubierta vegetal (Habría que preguntar cuántos de los que se acogieron en 2015 son de regadío)
M10 Agroambiente y Clima: Fomento al Cultivo Agroambiental de Patata de Siembra	Producción de la patata de siembra en zonas autorizadas con técnicas de producción agroambiental (incluye Zona Valdizarbe-Canal de Navarra) Fertilización limitada a 100 UF de N/ha, 100 UF (P2O5)/ha y 200 UF (K2O)/ha.	¿?

En relación a la condicionalidad:

REQUISITOS DE CONDICIONALIDAD OF 110/2015 de 20 de marzo	POSIBLES RECOMENDACIONES DE REGADIOX
ÁMBITO 1 Medio ambiente, cambio climático y buenas condiciones agrarias	
RLG 1. Directiva 91/676/CEE sobre protección de las aguas contra la contaminación por nitratos (Artículo 4 y 5). Deben cumplir con las medidas establecidas en el programa de actuación para zonas vulnerables conforme a la Orden Foral 501/2013, de 19 de diciembre, las explotaciones agrícolas y ganaderas situadas en estas zonas. Disposiciones en relación a la cantidad máxima de fertilizantes orgánicos a aplicar al suelo , las épocas, y el manejo para prevención de la contaminación por escorrentía y lixiviación en los sistemas de riego	¿Recomendar uso de fertilizantes orgánicos en sustitución a una parte del inorgánico siempre que sea posible?

REQUISITOS DE CONDICIONALIDAD OF 110/2015 de 20 de marzo	POSIBLES RECOMENDACIONES DE REGADIOX
BCAM 4. Cobertura mínima de el suelo	
<p>17) Cubierta vegetal en parcelas de cultivos leñosos En parcelas de cultivos leñosos con una pendiente media igual o superior al 15%, salvo que la pendiente real del recinto esté compensada mediante terrazas o bancales, deberá mantenerse una cubierta vegetal de anchura mínima de 1 metro en las calles transversales a la línea de máxima pendiente o en las calles paralelas a dicha línea, cuando el diseño de la parcela o el sistema de riego impidan su establecimiento en la otra dirección. Esta norma no será de aplicación en el caso de parcelas de cultivo de superficie igual o inferior a una hectárea, en el caso de parcelas de cultivo irregulares o alargadas cuya dimensión mínima en el sentido transversal a la pendiente sea inferior a 100 metros en cualquier punto de la parcela y cuando, por razones de mantenimiento de la actividad productiva tradicional, se determinen y autoricen por la administración competente aquellas técnicas de agricultura de conservación que se consideren adecuadas.</p>	<p>¿Recomendar incluir como recomendación a todas las parcelas de regadío?</p>
<p>19) Mantenimiento de parcelas de tierra arable no cultivadas. Deberán mantenerse las tierras arables no cultivadas en condiciones adecuadas de cultivo, evitando la invasión por especies no deseadas, mediante cualquiera de los siguientes métodos: -Prácticas tradicionales de cultivo; Prácticas de mínimo laboreo; Mantenimiento de cubierta vegetal adecuada; Otras labores necesarias para eliminar las malas hierbas y vegetación invasora arbustiva y arbórea. En el caso de parcelas que se mantuvieran sin sembrar durante dos o más campañas consecutivas, será obligatorio realizar a partir del segundo año una labor mecánica de mantenimiento como mínimo cada 2 años</p>	
BCAM 5. Gestión mínima de tierras que refleje las condiciones específicas locales para limitar la erosión	
<p>21) Laboreo en parcelas con pendiente destinadas a cultivos herbáceos. En recintos destinados a cultivos herbáceos no se podrá labrar la tierra con volteo en la dirección de la máxima pendiente cuando la pendiente sea igual o superior al 15%. Excepto que la pendiente real esté compensada mediante terrazas o bancales, o que se trate de recintos igual o menores a 1 hectárea, o que presenten formas complejas (ángulos vivos, radios de giro para el laboreo mínimo o cambiantes) y cuya dimensión mínima en el sentido trasversal a la pendiente sea inferior a 100 metros. 22) Cultivos leñosos. En recintos con cultivos leñosos no deberá labrarse la tierra con volteo a favor de la pendiente en recintos con pendiente igual o superior al 15%, excepto que la pendiente real del recinto esté compensada mediante bancales o fajas, se practique mínimo laboreo o de conservación o se mantenga una cobertura de vegetación total del suelo.</p>	<p>¿?</p>
BCAM 6. Mantenimiento del nivel de materia orgánica en el suelo mediante prácticas adecuadas	
<p>23) Prohibición de quemar rastrojos. No podrán quemarse los rastrojos, excepto por razones fitosanitarias. Para esta excepción se exigen unas condiciones. 24) Quema de restos de cosecha y restos de poda. Cuando se utilice la quema como método de eliminación de restos de cosecha de cultivos herbáceos distintos a los contemplados en el número anterior o de restos de poda, se cumplirá con lo establecido en la Orden Foral 195/2014, de 24 de junio, por la que se regula el uso del fuego.</p>	<p>¿Recomendar uso de fertilizantes orgánicos en sustitución a una parte del inorgánico siempre que sea posible?</p>

