EFFIREM

HUELLA HÍDRICA

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA CUARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

PNDR
Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020

2023

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ÍNDICE

Contexto 3
Objetivos y alcance 4
Metodología 6
Contabilidad de la huella hídrica 10
Palaciosrubios 11
Resumen primer periodo 11
HH primer periodo 12
Resumen segundo periodo 13
HH segundo periodo 14
Valladolid 15
Resumen primer periodo 15
HH primer periodo 16
Resumen segundo periodo 17
HH segundo periodo 18
Rueda 19
Resumen primer periodo 19
HH primer periodo 20
Resumen segundo periodo 21
HH segundo periodo 22
Marchena 23
Resumen primer periodo 23
HH primer periodo 24
Resumen segundo periodo 25
HH segundo periodo 26
Conclusiones 27
Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica 29
Formulación de respuestas a la huella hídrica 33

Contexto

El proyecto EFFIREM tiene como objetivo principal, la reducción del consumo de agua de riego y consumo energético eficiente en la remolacha azucarera. Dentro de las actuaciones del proyecto, se encuentra el cálculo de la Huella Hídrica (HH).
Con el fin de contribuir a garantizar la competitividad del sector agrícola, se hace necesario reducir de alguna forma el consumo de estos recursos, para lo cual se plantea la incorporación e integración de soluciones tecnológicas innovadoras apenas adoptadas por los productores a día de hoy.
Para ello, se han puesto en marcha distintas parcelas como demostradores a escala real, estos nos permiten evaluar el impacto de las distintas medidas que pueden mejorar la eficiencia hidro-energética en las instalaciones de riego.

El cálculo de la HH se realiza en las parcelas señaladas como demostradores. Los datos para este estudio han sido recogidos por parte de a empresa MOVAL en cada uno de los deostradores.
La Evaluación de la Huella Hídrica es un proceso que cuantifica las huellas hídricas verde, azul y gris, evalúa la sostenibilidad, la eficiencia y la equidad del uso del agua e identifica qué acciones estratégicas deben priorizarse para que la huella sea sostenible.
Teniendo en cuenta que el 86% de la huella hídrica de los seres humanos está relacionada con el sector agrícola, parece importante conocer el consumo de agua que requieren algunos de los productos más demandados en nuestra dieta, como es el caso del azúcar.
Una encuesta de la Fundación Española de Nutrición, de 2019, recogió que en España se consumía una media de 71,5 gramos al día de azucar. En términos totales, España consume alrededor de 1.300.000 toneladas de azúcar por año, de las cuales 1.000.000 son producidas en nuestro país. Teniendo en cuenta, que por cada kg de azúcar, se destinan 920 litros de agua, podemos ver la importancia en la disminución del consumo de agua en los diversos procesos para la producción de azucar.

Las explotaciones agrícolas consideradas en el estudio, cuentan con diferentes rotaciones en las que están incluidos otros cultivos. Se realizará el cálculo de la huella hídrica de todos los cultivos anuales de las explotaciones, con el fin de recabar más información de cara a la búsqueda de alternativas que permitan la reducción del volumen de agua por parte del agricultor.

Objetivos y alcance

El objetivo principal es conocer el consumo de agua de una etapa del proceso de varios productos, siendo estos productos, diversos cultivos y únicamente teniendo en cuenta la etapa de producción agrícola. Gracias al cálculo de la huella hídrica de esta etapa de producción, pueden establecerse metas cuantitativas para la reducción del consumo de agua de riego en las distintas explotaciones analizadas y realizar una comparativa basada en la localización de las distintas explotaciones y el manejo por parte del agricultor.

Se realiza el estudio sobre dos ciclos, en años consecutivos. Esto quiere decir, que la contabilidad de la huella hídrica se realiza en dos momentos distintos, durante dos periodos sucesivos, efectuándose en ambos en el marco temporal que requieran los ciclos de los cultivos.

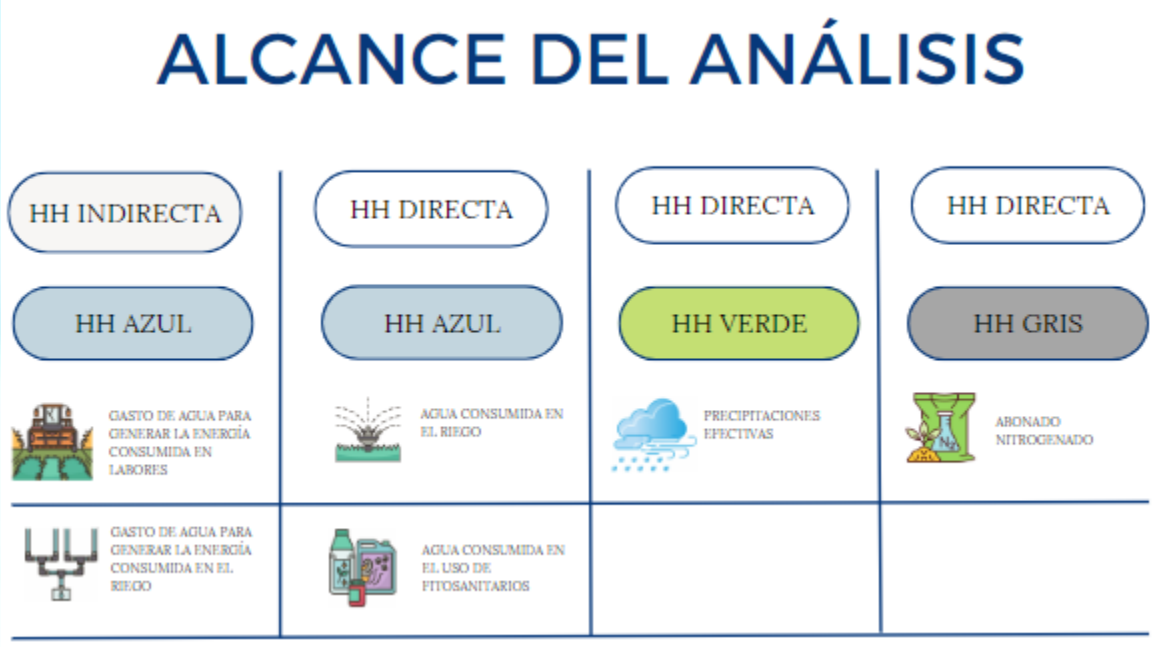
El primer año, se realiza el cálculo considerando las condiciones habituales en las que se ha estado explotando la finca del demostrador. El segundo año, en el que se asumen algunas mejoras de eficiencia hídrica, se realiza un nuevo cálculo que permite realizar comparaciones entre el primer periodo (p1) y el segundo periodo (p2) y valorar las actuaciones aportadas al demostrador sobre la disminución del consumo de agua y que han sido planteadas dentro del proyecto EFFIREM.

El alcance del estudio se basa en contabilizar el uso de agua consuntivo, tanto directo como indirecto de los cultivos. Se tendrá en cuenta para ello, tanto la HH verde, como azul y gris. Pero, existe un especial interés en conocer la huella hídrica directa azul, debido a que esta, es el agua consumida superficial y/o subterránea por parte del riego en los cultivos, y es en la que este proyecto aporta alternativas para su reducción.

El tiempo de evaluación, en el caso de cultivos agrícolas, comienza con la siembra del cultivo y finaliza con su recolección. En el caso de explotaciones con más de un cultivo, se estudia la totalidad del ciclo de todos los cultivos de la explotación.

El análisis de dos ciclos de producción permitirá conocer la magnitud de las respuestas planteadas en la reducción del consumo de agua.

Los cultivos que se tendrán en cuenta son, en cada explotación, los correspondientes a la rotación de los cultivos de regadío en las campañas 2020-2021 y 2021-2022. Aunque el cultivo principal del estudio es la remolacha azucarera.



Los datos utilizados en los cálculos se consideran datos primarios, debido a que parten de la medición directa de su fuente original.

El alcance espacio-temporal es de nivel C, haciendo el estudio de pequeñas áreas concretas, con datos empíricos y con la finalidad de formular estrategias específicas.

Metodología

Se calcula la HH total de la explotación, para posteriormene, poder determinar el principal indicador que es la huella hídrica por unidad de producto (m^3/t) de cada uno de los cultivos. Se calcula también la HH por unidad de superficie (m^3/ha) y la rentabilidad de esa agua ($m^3/€$).
La metodología seguida es la expuesta en el "Manual de evaluación de la huella hídrica" de Water Footprint Network.
En el desglose del cálculo total, pueden verse los apartados sobre el consumo diferenciados de HH verde, HH azul y HH gris.
Se considera, que el agua azul es el volumen de agua dulce extraída de fuentes superficiales o aguas subterráneas para ser consumida en un proceso productivo.
El agua azul se calcula mediante la siguiente fórmula:

HH proc,azul= evaporación de agua azul + incorporación de agua azul + flujo de retorno perdido (volumen/tiempo) (volumen/peso producto)

El agua azul es un indicador de uso consuntivo, esta expresión hace referencia a:

- Agua que se evapora
- Agua que se incorpora al producto
- Agua que no regresa a la misma zona de captación
- Agua que no regresa en el mismo periodo de captación

El uso consuntivo corresponde, de forma más significativa, a la evaporación.
El agua verde es el agua de precipitaciones que queda almacenada en la tierra, en la zona de las raíces, y se evapora, transpira o incorpora las plantas.
La fórmula para el cálculo del agua verde es la siguiente:

HHproc, verde = evaporación de agua verde + incorporación de agua verde (volumen/tiempo)

La huella hídrica gris es un indicador del grado de contaminación de agua dulce que puede asociarse al producto o proceso productivo. Existen diferentes formas de cálculo, pero la fórmula utilizada es la indicada para las fuentes de contaminación difusa, por ser,

una forma de contaminación, generada por la aplicación de productos químicos en el suelo y teniendo en cuenta que solo una parte de ellos se filtra a aguas subterráneas o llegan por escorrentía a aguas superficiales.
La fórmula utilizada es la siguiente:

$$HHproc, gris = L / cmáx - cnat = \alpha \times Apl / cmáx - cnat$$
(volumen/tiempo)
Donde:
α: factor adimensional que representa la fracción de lixiviación-escorrentía superficial, definida como la fracción de las sustancias químicas aplicadas que alcanzan las masas de agua dulce.
Apl: cantidad de sustancias químicas depositadas en el suelo durante un proceso determinado (masa/tiempo).
Suele asumirse que existe un 10% de lixiviación para fertilizantes nitrogenados.

La suma de todos los componentes es la Huella hídrica total:

$$HHproc = HHproc, verde + HHproc, azul + HHproc, gris$$
(volumen/tiempo) (volumen/peso producto) (volumen/superficie)(volumen/euro)

La Huella Hídrica también puede dividirse en HH directa y HH indirecta. Se considera HH directa, al uso de agua por parte del productor para la realización de sus actividades y HH indirecta, la que corresponde al volumen de agua dulce consumido a través de los productos adquiridos, necesarios para desarrollar su actividad. Aunque cada consumidor es responsable de la Huella Hídrica tanto directa como indirecta, el fin del proyecto es evaluar comparativamente, la producción de alimentos en diferentes lugares y comprobar la reducción del uso consuntivo de agua azul por medio de dispositivos de ahorro de agua. Estas mejoras en la eficiencia del consumo de agua, únicamente se implantan en el consumo de agua directa y en el consumo de agua indirecta producida por la energía utilizada en el sistema de producción, por lo que, solo se tendrán en cuenta para el cálculo, una parte del agua indirecta y se considera que el resto hace una contribución no significativa, menor del 1%, y no aporta datos sustanciales para la comparativa de la producción de alimentos en los diferentes demostradores y en los distintos periodos contabilizados.

El nivel de detalle de este estudio, según la guía de Water Footprint es de nivel C, debido a que la contabilidad de huella hídrica es geográfica y temporalmente explícita, con datos precisos sobre las propias explotaciones. Este nivel de detalle espacio temporal es el apropiado para la formulación de estrategias de reducción en lugares concretos.

La contabilidad se realiza únicamente de cultivos anuales, debido a que la recogida de datos para el cálculo, se ha realizado durante 2 ciclos del cultivo correspondientes a los años 2020-2021 y 2021-2022. En caso de cultivos leñosos, es necesaria una contabilidad desde el inicio del cultivo hasta el final de la producción.

El producto final a considerar, es el derivado del cultivo en sí mismo, sin tener en cuenta los sucesivos procesos hasta la llegada al consumidor final. El interés del estudio se centra en la producción agrícola y no agroalimentaria.

En cuanto al cálculo de las necesidades hídricas, en el primer año del estudio, se han utilizado los datos ofrecidos por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente a través de la Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales que pone a disposición de los usuarios de forma gratuita toda la información recogida a través de la Red de estaciones agrometeorológicas de SiAR (SIAR).

Durante el segundo periodo del estudio, con la finalidad de realizar unos cálculos más exhaustivos de las necesidades hídricas de los cultivos en cada demostrador, se han llevado a cabo las mejoras establecidas en la auditoria previa y se han contratado diversos servicios de medición de datos. Entre estos, se ha instalado una estación climática y sensores de humedad a diferentes profundidades. También se ha contratado a una empresa dedicada a realizar mapas de riego a medida denominados Irrimaps. Estos mapas, que diferencian cultivos y sectores, muestran las necesidades hídricas previstas con una antelación de una semana, y posteriormente, las observadas para la semana en cuestión. Con esa información, el agricultor puede adaptar mejor el riego realizado a las necesidades hídricas reales del cultivo.

Una vez calculadas las necesidades hídricas de los cultivos, se tienen en cuenta la evapotranspiración del cultivo (Etc) y las precipitanes efectivas (Pe) , descontandolas para conocer el riego a aplicar en cada parcela.

$$Necesidades\ de\ riego = \mathrm{ETc} - \mathrm{Pe}$$

Según el tipo de riego, la eficiencia en su aplicación difiere. Para conocer si se ha ajustado de forma correcta las necesidades de los cultivos al volumen de agua aplicado por el agricultor, pueden realizarse las siguientes comprobaciones:

- Suministro relativo de agua de riego (RIS)

$$RIS = \frac{\text{Agua total aplicada en el riego (m}^3\text{)}}{\text{Necesidades teóricas netas de riego (m}^3\text{)}} \; x \; 100$$

- Suministro de agua de riego en base al riego efectivo

$$RIS\ efectivo = \frac{\text{Agua efectiva aplicada en el riego (m}^3\text{)}}{\text{Necesidades teóricas netas de riego (m}^3\text{)}} \; x \; 100$$

Ambos cálculos se realizan con los distintos métodos de estimación de necesidades teóricas de riego. En el primer periodo, teniendo en cuenta los datos ofrecidos por el SIAR, y en el segundo periodo, con los datos del SIAR y los aportados por las imágenes satélite, tanto la evapotranspiración prevista, como la evapotranspiración observada. El riego se adecua semanalmente a la ETc prevista y se realiza un ajuste posterior de la diferencia entre la Etc prevista y la Etc observada.

Contabilidad de la huella hídrica

Los cuatro demostradores del proyecto han colaborado en el estudio ofreciendo los datos necesarios para su elaboración. El consumo de agua de riego, ha sido medido en cada cultivo de forma individual. En el primer periodo de estudio (2020-2021) los cálculos de las necesidades hídricas de los cultivos se han realizado bajo el método FAO 56 y teniendo en cuenta las estaciones climáticas más cercanas de cada localización. En el segundo periodo (2021-2022), las necesidades hídricas de los cultivos han sido calculadas de forma más exhaustiva, debido a la instalación de estaciones climáticas y sensores de humedad dentro de las explotaciones. Adicionalmente, se ha contratado a una empresa que ofrece datos semanales del estado del cultivo y sus necesidades hídricas por medio índice de vegetación obtenidos gracias a teledetección por satélite.
El emplazamiento de los demostradores es la siguiente:

- Palaciosrubios
- Rueda
- Valladolid
- Marchena

Los tres primeros están ubicados dentro de Castilla y León y el último, se encuentra en la comunidad autónoma de Andalucía.

Palaciosrubios

La explotación está situada entre los municipios de Palaciosrubios y Cantalapiedra (Salamanca). Cuenta con 34.3 ha de regadío y dispone de una concesión de 103463 m³/año. El agua se extrae de un pozo con una altura media de bombeo de 46.2 mca y ubicado dentro de la masa de agua subterránea de los Arenales - Tierras de Medina y La Moraña. Este acuífero dispone de un recurso anual de 149.51 hm³/año y se encuentra en mal estado, tanto cualitativamente como cuantitativamente, con un acusado descenso del nivel piezométrico.

Resumen primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Remolacha	Remolacha	Cebada	Trigo blando	Cebada	Trigo blando
Fecha de siembra		20-mar	20-mar	14-nov	15-oct	15-nov	15-oct
Fecha de recolección		04-dic	04-dic	29-jun	10-jul	30-jun	10-jul
Área regada (ha)	34.3	7.7	1.8	9.0	4.4	10.1	1.3
Sistema de riego		Cobertura	Cobertura	Pivot	Pivot	Cañón	Cañón
Volumen anual (m³/año)	103463	54214	12760	12031	8433	13495	2530
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m³/ha y año)	3013	7000	7000	1336	1937	1336	1937
ciencia en el riego	83%	80%	80%	90%	90%	80%	80%
Producción (kg/año)	1268059	929376	218748	40523	26121	45455	7836
Valor de la producción (€/año)	59299	26023	6125	8036	7771	9014	2331
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	1727	3360	3360	892	1785	892	1785
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	0	0	0	0	0	0	0
Precipitaciones (mm)	1844.5	309.8	309.8	304.5	308.0	304.46	308.0
Precipitación efectiva (mm)	911.6	152.6	152.6	124.2	128.7	124.2	229.4
Evapotranspiración del cultivo (mm)	1954.4	513.7	513.7	187.26	276.29	187.26	276.29
Evapotranspiración - pe	1420.6	422.9	422.9	140.73	146.64	140.73	146.64
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	850	2100	1800.0	200.0	400.0	200.0	400.0
Nitrógeno (kg/ha)	122.5	187.44	187.44	90.7	89.3	90.7	89.3
Combustible gasóleo (l/ha) labores	86.7	130	130	50	80	50	80
Combustible gasóleo (l/ha) riego	608.6	1420.6	1430.3	269.7	386.7	269.6	392.7

HH primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Remolacha	Remolacha	Cebada	Trigo blando	Cebada	Trigo blando
HH verde (m^3)	**46858.4**	**11750.2**	**2746.8**	**11175.3**	**5662.8**	**12541.2**	**2982.2**
Precipitación efectiva (evaporación) (m^3)	46858.4	11750.2	2746.8	11175.3	5662.8	12541.2	2982.2
HH azul directa (m^3)	**103488.5**	**54230.2**	**12763.2**	**12032.8**	**8434.8**	**13497.0**	**2530.5**
Riego eficiente (evaporación m^3)	83886.1	42627.7	10033.0	10824.3	7586.3	10791.9	2023.0
Riego eficiente (incorporación al producto m^3)	930.6	743.5	175.0	3.6	3.4	4.1	1.0
Riego no eficiente (flujo retorno perdido m^3)	18646.2	10842.8	2552.0	1203.1	843.3	2699.0	506.0
Agua fitosanitarios (m^3)	25.5	16.1	3.2	1.8	1.7	2.0	0.5
HH azul indirecta (m^3)	**2281.634**	**1158.2**	**272.4**	**279.1**	**199.2**	**313.1**	**59.6**
Gasóleo Riego (m^3)	2024.972	1061.1	249.7	235.5	165.1	264.1	49.5
Gasóleo Labores (m^3)	256.662	97.1	22.7	43.7	34.1	49.0	10.1
HH gris (m^3)	**8044.1**	**2886.6**	**674.8**	**1632.6**	**785.8**	**1832.1**	**232.2**
Nitrógeno (m^3)	8044.1	2886.6	674.8	1632.6	785.8	1832.1	232.2
TOTAL (m^3)	**160672.7**	**70025.1**	**16457.3**	**25119.8**	**15082.6**	**28183.4**	**5804.5**
TOTAL (m^3 /ha)	**4684.3**	**9094.2**	**9142.9**	**2791.1**	**3427.9**	**2790.4**	**4465.0**
TOTAL (m^3 /t)	**451.3**	**75.8**	**76.2**	**620.2**	**571.3**	**620.1**	**744.2**
TOTAL (m^3 /€)	2.7	2.7	2.7	3.1	1.9	3.1	2.5
Riego efectivo (m^3)	84816.8	43371.2	10208.0	10827.9	7589.7	10796.0	2024.0
Etc-pe (m^3)	75414.7	32564.5	7612.5	12665.7	6452.1	14213.7	1906.3
Riego efectivo / Etc-pe (%)	108.8	133.2	134.1	85.5	117.6	76.0	106.2
Riego total / Etc-pe (%) RIS	131.2	166.5	167.6	95.0	130.7	94.9	132.7

La huella hídrica total de la explotación es de, 160672.7 m^3. El consumo medio por hectárea es de, 4684.3 m^3, teniendo el consumo más alto el cultivo de la remolacha con 9094.2 y 9142.9 m^3 /ha. Sin embargo, el consumo de la remolacha es menor si se analiza el rendimiento por tonelada con 75.8 y 76.2 m^3 /t, con mucha diferencia a los 620 m^3 /t del cultivo de la cebada. Si se realiza este mismo análisis con respecto al importe de venta del producto, por cada € de venta, se han utilizado entre 2 y 3.1 m^3/€ de agua.

Después de la auditoria realizada en la explotación durante el primer periodo del proyecto, se han realizado las siguientes recomendaciones para la mejora del consumo hídrico:

▪ Seguir un plan de riego para ajustar volumen aplicado a las necesidades de agua en cada fase del cultivo.
▪ Empleo de sensores de humedad del suelo para conocer el estado del suelo a cada profundidad y mejorar la eficiencia de aplicación del riego.
▪ Instalación de pluviómetros para conocer el agua externa que ha entrado a la explotación.

Resumen segundo periodo

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Remolacha	Remolacha
Fecha de siembra		28-feb	01-mar
Fecha de recolección		15-ene	15-ene
Área regada (ha)	10.8	1.8	9
Sistema de riego		Cobertura móvil	Pivot
Volumen anual (m³/año)	99759	17010	82749
Suministro de agua de riego por unidadde área regada (m³/ha y año)	9322.16	9450.0	9194.3
ciencia en el riego	85%	80%	90%
Producción (kg/año)	1512000	252000	1260000
Valor de la producción (€/año)	42336.7	7056.1	35280.6
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	3920.1	3920.1	3920.1
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	0	0	0
Precipitaciones (mm)	302.5	302.85	302.5
Precipitación efectiva (mm)	178.8	178.8	178.8
Evapotranspiración del cultivo (mm)	780.7	780.7	780.7
Evapotranspiración - pe	733.6	733.6	733.6
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	1800	1800	1800.0
Nitrógeno (kg/ha)	188.8	188.8	188.8
Combustible gasóleo (l/ha) labores	140	140	140
Combustible gasóleo (l/ha) riego	1188.0	1215.4	1182.5

Como se puede observar en la tabla, en este segundo periodo, solo se han realizado mejoras y recopilado datos relativos al cultivo de la remolacha. El cálculo de la HH solo se realiza para ese cultivo.

HH segundo periodo

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Remolacha	Remolacha
HH verde (m³)	**19311.5**	**3218.6**	**16092.9**
Precipitación efectiva (evaporación m³)	19311.5	3218.6	16092.9
HH azul directa (m³)	**99778.4**	**17013.2**	**82765.2**
riego eficiente (evaporación m³)	78905.9	13462.7	65443.2
riego eficiente (incorporación al producto m³)	901.3	145.3	756.0
riego no eficiente (flujo retorno perdido m³)	19951.8	3402.0	16549.8
Agua fitosanitarios (m³)	19.4	3.24	16.2
HH azul indirecta (m³)	**1391.2**	**236.6**	**1154.5**
Gasóleo Riego (m³)	1244.5	212.2	1032.3
Gasóleo Labores (m³)	146.7	24.4	122.2
HH gris (m³)	**4077.9**	**679.6**	**3398.2**
Nitrógeno (m³)	4077.9	679.6	3398.2
TOTAL (m³)	**124559.0**	**21148.1**	**103410.8**
TOTAL (m³ /ha)	**11619.5**	**11749.0**	**11490.1**
TOTAL (m³ /t)	**83.0**	**83.9**	**82.1**
TOTAL (m³ /€)	3.0	3.0	2.9
Riego efectivo (m³)	99759.0	17010.0	82749.0
Etc-pe (m³) SIAR	79227.9	13204.6	66023.2
Riego efectivo/ Etc-pe (%)	101.7	103.1	100.3
Riego total /Etc-pe (%) RIS	127.1	128.8	125.3
Etc-pe (m³) prevista irrimaps	102266.3	17044.4	85221.9
Etc-pe (m³) observada irrimaps	92390.8	15398.5	76992.3
Riego eficiente / Etc-pe (%) prevista irrimaps	78.8	79.8	77.7
Riego eficiente / Etc-pe (%) observada irrimaps	87.2	88.4	86
Riego total / Etc-pe (%) prevista irrimaps	98.4	99.8	97.1
Riego total / Etc-pe (%) observada irrimaps	109	110.5	107.5

La HH total de la explotación es de, 124559 m³. El cultivo de la remolacha tiene una HH media por hectárea de, 11619.5 m³. El gasto del cultivo por tonelada de producto es de 83.0 m³, superando los 75.8 y los 76.2 m³ /t del p1. No obstante, la diferencia entre la recomendación de riego basada en la evapotranspiración del cultivo menos la precipitación efectiva (SIAR) casi se ve duplicada en el segundo periodo en relación con el primero. Esto puede explicarse por la variación del clima en los sucesivos ciclos del cultivo. En este segundo periodo, el agricultor ha ajustado mejor el riego efectuado a las recomendaciones del riego ofrecidas por irrimaps. Las necesidades de riego calculadas por irrimap, son superiores a las ofrecidas por el SIAR y pueden considerarse más exhaustivas.

Valladolid

Esta explotación está ubicada en Valladolid y aunque cuenta con 5.28 ha de regadío, el estudio se ha basado en 0.88 ha dedicadas al cultivo de la remolacha azucarera. El agua se extrae de un pozo que se encuentra dentro de la explotación y con una altura media de bombeo de 57.6 mca. El pozo está ubicado dentro de la masa de agua subterránea del Terciario Detrítico Bajo Los Páramos. Este acuífero, dispone de un recurso anual de 61 hm³/año y se encuentra en mal estado cualitativo y buen estado cuantitativo, aunque sufre un descenso piezométrico que parece estar remontando en los últimos años.

Resumen primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Remolacha
Fecha de siembra		16-mar
Fecha de recolección		04-nov
Área regada (ha)	0.88	0.88
Sistema de riego		Cobertura móvil
Volumen anual (m³/año)	6152	6152
Suministro de agua de riego por unidadde área regada (m³/ha y año)	6990.9	6990.9
ciencia en el riego	80%	80%
Producción (kg/año)	87880	87880
Valor de la producción (€/año)	2460.6	2460.6
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	2796.2	2796.2
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	3459	3459
Precipitaciones (mm)	242.4	242.2
Precipitación efectiva (mm)	99.5	99.5
Evapotranspiración del cultivo (mm)	642.6	642.6
Evapotranspiración - pe	578.3	578.3
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	2000	2000
Nitrógeno (kg/ha)	100	100
Combustible gasóleo (l/ha) labores	121	121
Combustible gasóleo (l/ha) riego	0	0

HH primer periodo

PERIODO INICIAL 2021-2022	General	Remolacha
HH verde (m³)	**875.5**	**875.5**
Precipitación efectiva (evaporación m³)	875.5	875.5
HH azul directa (m³)	**6153.8**	**6153.8**
riego eficiente (evaporación m³)	4851.3	4851.3
riego eficiente (incorporación al producto m³)	70.3	70.3
riego no eficiente (flujo retorno perdido m³)	1230.4	1230.4
Agua fitosanitarios (m³)	1.76	1.76
HH azul indirecta (m³)	**23.5**	**23.5**
Energía riego (m³)	13.2	13.2
Gasóleo labores (m³)	10.3	10.3
HH gris (m³)	176.0	176.0
Nitrógeno (m³)	176.0	176.0
TOTAL (m³)	**7228.8**	**7228.8**
TOTAL (m³ /ha)	**8214.5**	**8214.5**
TOTAL (m³ /t)	**82.3**	**82.3**
TOTAL (m³ /€)	2.9	2.9
Riego efectivo (m³)	4921.6	4921.6
Etc-pe (m³) SIAR	5089.4	5089.4
Riego efectivo /Etc-pe (%)	96.7	96.7
Riego total /Etc-pe (%) RIS	120.9	120.9

La HH es de, 7228.8 m³, lo que corresponde a un consumo de, 8214.5 m³ /ha. El gasto por tonelada es de, 82.3 m³. Las necesidades de riego (Etc-Pe) se ajustan bien al riego efectivo.

Después de la auditoria realizada en la explotación durante el primer periodo del proyecto, se indicaron las siguientes recomendaciones para la mejora la dosis de riego:

- Seguir un plan de riego para ajustar volumen aplicado a necesidades de agua en
- Empleo de sensores de humedad del suelo para conocer estado del suelo a cada profundidad y mejorar la eficiencia de aplicación del riego
- Instalación de pluviómetros para conocer el agua externa que ha entrado a la explotación

Una vez aplicadas las actuaciones, se realiza un segundo control del siguiente ciclo de los cultivos, teniendo en cuenta las necesidades calculadas por irrimaps.

Resumen segundo periodo

En el segundo periodo solo se han contabilizado los datos para una parcela de 0.66 ha de remolacha. La fuente de suministro energético es la electricidad.

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Remolacha
Fecha de siembra		25-feb
Fecha de recolección		27-nov
Área regada (ha)	0.66	0.66
Sistema de riego		Cobertura móvil
Volumen anual (m³/año)	4900	4900
Suministro de agua de riego por unidadde área regada (m³/ha y año)	7424.2	7424.2
ciencia en el riego	80%	80%
Producción (kg/año)	66100	66100
Valor de la producción (€/año)	1850.8	1850.8
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	2804.2	2804.2
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	1553	1553
Precipitaciones (mm)	258.8	258.8
Precipitación efectiva (mm)	99.5	99.5
Evapotranspiración del cultivo (mm)	895.0	895.0
Evapotranspiración - pe	819.7	819.7
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	1400	1400
Nitrógeno (kg/ha)	100	100
Combustible gasóleo (l/ha) labores	117	117
Combustible gasóleo (l/ha) riego	0	0

HH segundo periodo

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Remolacha
HH verde (m³)	**657.0**	**657.0**
Precipitación efectiva (evaporación m³)	657.0	657.0
HH azul directa (m³)	**4900.9**	**4900.9**
riego eficiente (evaporación m³)	3867.1	3867.1
riego eficiente (incorporación al producto m³)	52.9	52.9
riego no eficiente (flujo retorno perdido m³)	980.0	980.0
Agua fitosanitarios (m³)	0.924	0.924
HH azul indirecta (m³)	**18.0**	**18.0**
Energía riego (m³)	10.5	10.5
Gasóleo labores (m³)	7.5	7.5
HH gris (m³)	**132.0**	**132.0**
Nitrógeno (m³)	132.0	132.0
TOTAL (m³)	**5707.9**	**5707.9**
TOTAL (m³ /ha)	**8648.3**	**8648.3**
TOTAL (m³ /t)	**86.4**	**86.4**
TOTAL (m³ /€)	3.1	3.1
Riego efectivo (m³)	3920.0	3920.0
Etc-pe (m³) SIAR	5410.3	5410.3
Riego eficiente / Etc-pe (%)	72.5	72.5
Riego total / Etc-pe (%) RIS	90.6	90.6
Etc-pe (m³) prevista irrimaps	5906.9	5906.9
Etc-pe (m³) observada irrimaps	5163.1	5163.1
Riego eficiente / Etc-pe (%) prevista irrimaps	66.4	66.4
Riego eficiente / Etc-pe (%) observada irrimaps	75.9	75.9
Riego total / Etc-pe (%) prevista irrimaps	83.0	83.0
Riego total / Etc-pe (%) observada irrimaps	94.9	94.9

La HH por hectárea es similar en ambos periodos, sumando un total de, 8648.3 m³ /ha en el p2 y de, 8214.5 m³ /ha en el p1. Las necesidades de riego, debidas a la evapotranspiración del cultivo, también se ven incrementadas en el segundo periodo. Al contrario que lo observado en la explotación de Palaciosrubios, la diferencia entre el cálculo de las necesidades de riego del SIAR a las calculadas por el irrimaps son superiores en cuanto a la previsión, pero inferiores a las observadas. Estas necesidades observadas por el irrimaps, son las finalmente aplicadas por parte del agricultor. Aunque tiene un HH superior en el p2, el riego tiene una mejor adaptación en este periodo a las necesidades del cultivo.

Rueda

La explotación se encuentra en el municipio de Rueda (Valladolid). Tiene un área regable de 24.6 hectáreas y una concesión de, 90000 m³ al año. Está abastecida por un pozo con una altura media de bombeo de 38.4 mca y ubicado dentro de la masa de agua subterránea de los Arenales - Tierras de Medina y La Moraña. El acuífero dispone de un recurso anual de 149.51 hm³/año y se encuentra en mal estado tanto cualitativamente como cuantitativamente, con un acusado descenso del nivel piezométrico.

Resumen primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Girasol	Trigo blando
Fecha de siembra		15-may	25-oct
Fecha de recolección		25-oct	25-jun
Área regada (ha)	24.6	11.8	12.8
Sistema de riego		Pivot	Pivot
Volumen anual (m³/año)	61048.0	37723.0	23325.0
Suministro de agua de riego por unidadde área regada (m³/ha y año)	2509.6	3196.9	1822.3
Eficiencia en el riego	90%	90%	90%
Producción (kg/año)	62240.0	14240.0	48000.0
Valor de la producción (€/año)	19742.0	7262.0	12480.0
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	795.2	615.4	975.0
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	0	0	0
Precipitaciones (mm)	274.9	211.9	337.9
Precipitación efectiva (mm)	178.8	89.3	133.7
Evapotranspiración del cultivo (mm)	392.3	449.0	335.5
Evapotranspiración - pe	306.7	411.6	201.8
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	120	120	120
Nitrógeno (kg/ha)	66.3	60.5	72
Combustible gasóleo (l/ha) labores	82	54	28
Combustible gasóleo (l/ha) riego	492.3	634.2	361.5

HH primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Girasol	Trigo blando
HH verde (m³)	**27653.0**	**10536.8**	**17116.2**
Precipitación efectiva (evaporación m³)	27653.0	10536.8	17116.2
HH azul directa (m³)	**61051.0**	**37724.4**	**23326.5**
riego eficiente (evaporación m³)	54935.0	33948.7	20986.3
riego eficiente (incorporación al producto m³)	8.2	2.0	6.2
riego no eficiente (flujo retorno perdido m³)	6104.8	3772.30	2332.50
Agua fitosanitarios (m³)	3.0	1.416	1.536
HH azul indirecta (m³)	**1271.2**	**787.7**	**483.6**
Gasóleo Riego (m³)	1174.7	725.9	448.8
Gasóleo Labores (m³)	96.6	61.8	34.8
HH gris (m³)	**3271.0**	**1427.8**	**1843.2**
Nitrógeno (m³)	3271.0	1427.8	1843.2
TOTAL (m³)	**93368.8**	**50579.0**	**42789.8**
TOTAL (m³ /ha)	**3795.5**	**4286.4**	**3343.0**
TOTAL (m³ /t)	**2221.7**	**3551.9**	**891.5**
TOTAL (m³ /€)	5.2	7.0	3.4
Riego efectivo (m³)	54943.2	33950.7	20992.5
Etc-pe (m³)	74400.8	48566.9	25833.9
Riego eficiente /Etc-pe (%) SIAR	75.6	69.9	81.3
Riego total /Etc-pe (%) RIS SIAR	84.0	77.7	90.3

La HH de la explotación es de, 93368.8 m³, lo que corresponde a 3795.5 m³/ha en el primer periodo con el cultivo de girasol y el trigo. Por cultivo, el trigo tiene una HH de 891.5 m³ por tonelada y el girasol de, 3551.9 m³ por tonelada. Se ha realizado en ambos casos un riego deficitario. Como puede verse en la tabla, el riego con respecto a las necesidades calculadas con los datos ofrecidos por el SIAR es de media el 84%, lo que indica que se han realizado un aporte inferior de agua a las necesidades del 16%.
Por cada € de la venta de productos se han consumido 7 m³ en el caso del girasol y 3.4 m³ en el caso del trigo.

Después de la auditoria realizada en la explotación durante el primer periodo del proyecto, se indicaron las siguientes recomendaciones para la mejora la dosis de riego:

- Seguir un plan de riego para ajustar volumen aplicado a necesidades de agua en
- Empleo de sensores de humedad del suelo para conocer estado del suelo a cada profundidad y mejorar la eficiencia de aplicación del riego

- Instalación de pluviómetros para conocer el agua externa que ha entrado a la explotación

Una vez aplicadas las actuaciones, se realiza un segundo control del siguiente ciclo de los cultivos teniendo en cuenta las necesidades calculadas por irrimaps.

Resumen segundo periodo

En el segundo periodo de estudio, se han cultivado en las 24.6 ha: 12.8 ha de remolacha y 11.8 ha de guisante. El cultivo del guisante no ha requerido un aporte adicional de agua de riego ni ha tenido un abonado nitrogenado.

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Remolacha	Guisante
Fecha de siembra		24-feb	15-ene
Fecha de recolección		01-oct	15-jul
Área regada (ha)	24.6	12.8	11.8
Sistema de riego		Pivot	Pivot
Volumen anual (m³/año)	83530.0	83530.0	0.0
Suministro de agua de riego por unidadde área regada (m³/ha y año)	6525.8	6525.8	0.0
Eficiencia en el riego	90%	90%	90%
Producción (kg/año)	1354856.0	1344000	10856
Valor de la producción (€/año)	41996.1	37632.0	4364.1
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	1654.9	2940.0	369.8
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	0	0	0
Precipitaciones (mm)	126.9	130.8	123.0
Precipitación efectiva (mm)	53.9	55.9	51.8
Evapotranspiración del cultivo (mm)	590.1	773.1	407.2
Evapotranspiración - pe	561.3	741.3	381.4
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	360	600	120
Nitrógeno (kg/ha)	57.5	115	0
Combustible gasóleo (l/ha) labores	52.5	90	15
Combustible gasóleo (l/ha) riego		964.9	0

HH segundo periodo

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Remolacha	Guisante
HH verde (m^3)	**13270.5**	**7153.9**	**6116.5**
Precipitación efectiva (evaporación m^3)	13270.4	7153.9	6116.5
HH azul directa (m^3)	**83539.096**	**83537.7**	**1.4**
riego eficiente (evaporación m^3)	74101.8	74101.8	0.0
riego eficiente (incorporación al producto m^3)	1075.2	1075.2	0.0
riego no eficiente (flujo retorno perdido m^3)	8353.0	8353.0	0.0
Agua fitosanitarios (m^3)	9.1	7.68	1.416
HH azul indirecta (m^3)	**1327.0**	**1309.8**	**17.2**
Gasóleo Riego (m^3)	1198.0	1198.0	0.0
Gasóleo Labores (m^3)	128.9	111.7	17.2
HH gris (m^3)	**2944.0**	**2944.0**	**0.0**
Nitrógeno (m^3)	2944.0	2944.0	0.0
TOTAL (m^3)	**101080.5**	**94945.4**	**6135.1**
TOTAL (m^3 /ha)	**3968.8**	**7417.6**	**519.9**
TOTAL (m^3 /t)	**317.9**	**70.6**	**565.1**
TOTAL (m^3 /€)	2.0	2.5	1.4
Riego efectivo (m^3)	37588.5	75177.0	0.0
Etc-pe (m^3)	69063.7	96198.8	41928.6
Riego eficiente / Etc-pe (%)	39.1	78.1	0.0
Riego total / Etc-pe (%) RIS	43.4	86.8	0.0
Etc-pe (m^3) prevista irrimaps	73793.4	91800.5	55786.3
Etc-pe (m^3) observada irrimaps	64564.1	75654.6	53473.5
Riego eficiente / Etc-pe (%) prevista irrimaps	40.9	81.9	0.0
Riego eficiente / Etc-pe (%) observada irrimaps	49.7	99.4	0.0
Riego total / Etc-pe (%) prevista irrimaps	45.5	91.0	0.0
Riego total / Etc-pe (%) observada irrimaps	55.2	110.4	0.0

La HH de la explotación en el segundo periodo es de 101080.5 m3, superior a los , 93368.8 m^3, del primer periodo. El consumo por hectárea de remolacha es de 7417.6 m^3/ha, y en el caso del guisante, al ser un cultivo en el que no se han efectuado riegos, le corresponde una HH de 519.9 m^3/ha. El riego en la remolacha esta aajustado a las necesidades del cultivo calculadas por medio de la evapotranspiración observada por irrimaps, con un ajuste del 99.4%. Siendo las necesidades detectadas por este, inferiores a las calculadas por el SIAR.

Marchena

La explotación se encuentra en el municipio de Marchena (Sevilla). Tiene un área regable de 159.7 hectáreas y una concesión de, 635500 m³ al año. El agua se suministra por medio de varios pozos con una altura de bombeo de entre 15.8 y 36.5 mca y ubicados dentro de la masa de agua subterránea los llanos Osuna - La Lantejuela. La superficie de este acuífero de materiales poco permeables es de 324 km² y dispone de un recurso de 44.74 hm³/año. La masa de agua se encuentra en mal estado cuantitativo y cualitativo, con una disminución de las entradas de agua al acuífero, que pueden atribuirse a la variabilidad climática y el aumento de las salidas por bombeo.

Resumen primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Algodón S3	Algodón S11	Colza	Algodón S13	Quinoa	Remolacha	Quinoa
Fecha de siembra		10-may	10-may	02-nov	11-may	04-nov	28-oct	02-nov
Fecha de recolección		10-oct	10-oct	28-may	11-oct	25-jul	28-jul	28-jul
Área regada (ha)	82	10.2	9.6	18.3	6.1	7	17.3	13.5
Sistema de riego		goteo	goteo	goteo	goteo	cobertura	cobertura	cobertura
Volumen anual (m³/año)	312441.0	40680.0	38240.0	70201.0	24240.0	20850.0	77760.0	40470.0
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m³/ha y año)	3810.3	3988.2	3883.8	1102.4	3874.4	2978.6	4494.8	2997.8
Eficiencia en el riego	96%	90%	90%	90%	90%	80%	80%	80%
Producción (kg/año)	1775015.0	39663.0	37248.0	20174.0	23634.0	10425.0	1641600.0	2235.0
Valor de la producción (€/año)	154438.0	23798.0	22370.0	33012.0	14180.0	6255.0	42682.0	12141.0
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	1883.4	2333.1	2330.2	1803.9	2324.6	893.6	2467.2	899.3
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	139900.0	18215.0	17122.0	31434.0	10854.0	9336.0	34818.0	18121.0
Precipitaciones (mm)	148.4	72.4	72.4	317.4	72.4	93.2	317.8	93.2
Precipitación efectiva (mm)	73.9	35.7	35.7	159.1	35.7	45.8	159.1	45.8
Evapotranspiración del cultivo (mm)	587.9	730.6	730.6	255.7	730.6	556.9	554.0	556.9
Evapotranspiración - pe	542.9	700.0	700.0	209.9	700.0	522.9	444.9	522.9
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	200	200	200	200	200	200	200	200
Nitrógeno (kg/ha)	129.7	128	128	140	128	128	128	128
Combustible gasóleo (l/ha) labores	268.6	600	200	300	200	180	200	200
Combustible gasóleo (l/ha) riego	0	0	0	0	0	0	0	0

HH primer periodo

PRIMER PERIODO 2020-2021	General	Algodón S3	Algodón S11	Colza	Algodón S13	Quinoa	Remolacha	Quinoa
HH verde (m³)	**75296.7**	**3645.5**	**3431.0**	**29122.6**	**2180.1**	**3207.4**	**27524.3**	**6185.7**
Precipitación efectiva (evaporación) (m³)	75296.7	3645.5	3431.0	29122.6	2180.1	3207.4	27524.3	6185.7
HH azul directa (m³	**312457.4**	**40682.0**	**38241.9**	**70204.7**	**24241.2**	**20851.4**	**77763.5**	**40472.7**
Riego eficiente (evaporación m³)	265963.6	36608.0	34412.3	63179.7	21813.6	16679.4	60894.7	32375.9
Riego eficiente (incorporación al producto m³)	1325.3	4.0	3.7	1.2	2.4	0.6	1313.3	0.1
Riego no eficiente (flujo retorno perdido m³)	45152.1	4068.0	3824.0	7020.1	2424.0	4170.0	15552.0	8094.0
Agua fitosanitarios (m³)	16.4	2.0	1.9	3.7	1.2	1.4	3.5	2.7
HH azul indirecta (m³)	**715.2**	**127.6**	**84.6**	**148.8**	**60.7**	**53.0**	**152.0**	**88.4**
Energía Riego (m³)	532.9	69.4	65.2	119.7	41.3	35.6	132.6	69.0
Gasóleo Labores (m³)	182.4	58.2	19.4	29.1	19.4	17.5	19.4	19.4
HH gris (m³)	**21431.2**	**2611.2**	**2457.6**	**5124.0**	**1561.6**	**1792.0**	**4428.8**	**3456.0**
Nitrógeno (m³)	21431.2	2611.2	2457.6	5124.0	1561.6	1792.0	4428.8	3456.0
TOTAL (m³)	**409900.5**	**47066.3**	**44215.2**	**104600.1**	**28043.7**	**25903.8**	**109868.6**	**50202.8**
TOTAL (m³ /ha)	**4998.8**	**4614.3**	**4605.7**	**5715.9**	**4597.3**	**3700.5**	**6350.8**	**3718.7**
TOTAL (m³ /t)	**1967.8**	**1186.7**	**1185.9**	**5184.9**	**1186.6**	**2484.8**	**66.9**	**2479.2**
TOTAL (m³ /€)	2.9	2.0	2.0	3.2	2.0	4.1	2.6	4.1
Riego efectivo (m³)	267288.9	366712.0	34416.0	63180.9	21816.0	16680.0	62208.0	32376.0
Etc-pe (m³)	414343.4	71400.0	67200.0	48885.9	42700.0	36602.0	76966.0	70589.6
Riego eficiente / Etc-pe (%)	65.0	51.3	51.2	129.2	51.1	45.6	80.8	45.9
Riego total / Etc-pe (%) RIS	75.7	57	56.9	143.6	56.8	57.0	101.0	57.3

La HH de la explotación es de, 409900.5 m³ con una media por hectárea de 4998.8 m³. El cultivo con mayor consumo por tonelada es la quinoa con, 2484.8 m³/t. El cultivo de menor consumo por tonelada es la remolacha azucarera con 66.9 m³/t, no obstante, es el cultivo con mayor consumo por hectárea con, 6350.8 m³/ha. El cultivo de la remolacha ha tenido un riego ajustado a los cálculos realizados por el SIAR sobre las necesidades del cultivo. El resto de cultivos tienen un riego inferior a las necesidades calculadas a excepción de la colza.

Resumen segundo periodo

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Trigo	Remolacha	Garbanzo	Remolacha	Algodón	Algodón	Algodón
Fecha de siembra		01-nov	20-oct	15-feb	20-oct	15-may	15-may	15-may
Fecha de recolección		16-jun	15-jul	10-jul	18-jul	10-oct	10-oct	10-oct
Área regada (ha)	82	10.2	9.6	18.3	6.1	7.0	17.3	13.5
Sistema de riego		cobertura	cobertura	goteo	cobertura	goteo	goteo	goteo
Volumen anual (m³/año)	312442.0	40680.0	38240.0	70202.0	24240.0	20850.0	77760.0	40470.0
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m³/ha y año)	3817.3	4000.0	4000.0	3827.8	4000.0	3000.0	4500.0	3000.0
ciencia en el riego	85.7%	80%	80%	90%	80%	90%	90%	90%
Producción (kg/año)	1433722.0	50850.0	745680	51352.0	472680.0	20850.0	51840.0	40470.0
Valor de la producción (€/año)	153876.8	13221.0	19387.9	41081.6	12289.8	12510.1	31104.3	24282.2
Valor de la producción por unidad de superficie (€/ha y año)	1880.0	1300.0	2028.0	2240.0	2028.0	1800.0	1800.0	1800.0
Energía eléctrica anual consumida (kWh/año)	83625.0	11346.0	17128.0	2708.0	10857.0	7662.0	19051.0	14873.0
Precipitaciones (mm)	160.0	269.8	283.8	166.4	283.8	38.8	38.8	38.8
Precipitación efectiva (mm)	74.3	125.5	130.7	79.8	130.7	17.8	17.8	17.8
Evapotranspiración del cultivo (mm)	586.7	341.1	575.0	328.9	575.0	762.2	762.2	762.2
Evapotranspiración - pe	470.1	239.0	477.0	318.7	477.0	593.0	593.0	593.0
Agua consumida en el uso fitosanitarios (l/ha)	414.3	200.0	200.0	300.0	200.0	800.0	900.0	300.0
Nitrógeno (kg/ha)	118.6	80.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0
Combustible gasóleo (l) labores	468.1	157.3	31.4	27.3	99.0	115.1	23.1	14.8
Combustible gasóleo (l) riego	0	0	0	0	0	0	0	0

HH segundo periodo

SEGUNDO PERIODO 2021-2022	General	Trigo	Remolacha	Garbanzo	Remolacha	Algodón	Algodón	Algodón
HH verde (m³)	**54536.0**	**12767.4**	**12492.1**	**14631.7**	**7918.6**	**1239.3**	**3081.4**	**2405.5**
Precipitación efectiva (evaporación) (m³)	54536.0	12767.4	12492.1	14631.7	7918.6	1239.3	3081.4	2405.5
HH azul directa (m³)	**312477.8**	**40682.0**	**38241.9**	**70207.5**	**24241.2**	**20855.6**	**77775.6**	**40474.0**
Riego eficiente (evaporación m³)	269607.6	32537.4	29827.2	63175.1	18907.2	18762.9	69978.8	36419.0
Riego eficiente (incorporación al producto m³)	1274.2	6.6	764.8	6.7	484.8	2.1	5.2	4.0
Riego no eficiente (flujo retorno perdido m³)	41560.2	8136.0	7648.0	7020.2	4848.0	2085.0	7776.0	4047.0
Agua fitosanitarios (m³)	35.8	2.0	1.9	5.5	1.2	5.6	15.6	4.0
HH azul indirecta (m³)	**745.3**	**198.4**	**94.3**	**58.8**	**99.6**	**106.8**	**111.4**	**76.0**
Gasóleo Riego (m³)	318.5	43.2	65.2	10.3	41.4	29.2	72.6	56.6
Gasóleo Labores (m³)	426.8	155.2	29.1	48.5	58.2	77.6	38.8	19.4
HH gris (m³)	**19547.2**	**1627.2**	**2390.0**	**4585.0**	**1515.0**	**1737.5**	**4320.0**	**3372.5**
Nitrógeno (m³)	19547.2	1627.2	2390.0	4585.0	1515.0	1737.5	4320.0	3372.5
TOTAL (m³)	**387306.3**	**55275.1**	**53218.3**	**89483.0**	**33774.4**	**23939.2**	**85288.3**	**46328.1**
TOTAL (m³ /ha)	**4731.9**	**5435.1**	**5566.8**	**4879.1**	**5573.3**	**3444.5**	**4935.7**	**3434.3**
TOTAL (m³ /t)	**987.2**	**1087.0**	**71.4**	**1742.5**	**71.5**	**1148.2**	**1645.2**	**1144.8**
TOTAL (m³ /€)	2.6	4.2	2.7	2.2	2.7	1.9	2.7	1.9
Riego efectivo (m³)	270881.8	32544.0	30592.0	63181.8	19392.0	18765.0	69984.0	36423.0
Etc-pe (m³) SIAR	380963.6	24304.9	45602.3	58454.1	28906.9	41216.4	102477.7	80001.4
Riego eficiente / Etc-pe (%)	76.5	133.9	67.1	108.1	67.1	45.5	68.3	45.5
Riego total / Etc-pe (%) RIS	90.3	167.4	83.9	120.1	83.9	50.6	75.9	50.6
Etc-pe (m³) prevista irrimaps	552.3	*	*	*	*	635.5	495.7	525.6
El Etc-pe (m³) observada irrimaps	560.6	*	*	*	*	635.5	508.0	538.2
Riego eficiente / Etc-pe (%) prevista irrimaps	58.5	*	*	*	*	42.5	81.7	51.4
Riego eficiente / Etc-pe (%) observada irrimaps	57.5	*	*	*	*	42.5	79.7	50.2
Riego total / Etc-pe (%) prevista irrimaps	65.0	*	*	*	*	47.2	90.8	57.1
Riego total / Etc-pe (%) observada irrimaps	63.8	*	*	*	*	47.2	88.6	55.7

* El cálculo de las necesidades hídricas por medio del irrimaps no se ha realizado en el ciclo de los cultivos marcados. Parte de las mejoras hídricas propuestas en la primera auditoria tampoco se han llevado a cabo durante el periodo de los cultivos, siendo estas posteriores, debido a los plazos del proyecto.

La HH hídrica total de los cultivos es de 387306.3 m^3 teniendo el mayor consumo por ha el cultivo de la remolacha con 5566.8 m^3/ha y 5573.3 m^3/ha. Sin embargo por tonelada , el cultivo de la remolacha tiene una HH de 71. 4 y 71.5 m^3/ha muy alejada del consumo del garbanzo que es de 1742.5 m^3/ha. La HH por importe de precio de venta del producto esta entre 1.9 y 4.2 m^3/€, teniendo el mejor consumo el cultivo del algodón y el consumo mas elevado el cultivo del Trigo.

Conclusiones

La mayoría de los agricultores hacen buen uso del agua de riego. Valores de RIS de 2,10 y 1,80, significa un exceso de agua. Valores alrededor de 0,55 indica un riego muy deficitario.

Los valores RIS en el cultivo de la remolacha azucarera, en el primer periodo, son de 134.1% en Palaciosrubios, 120.9% en Valladolid y 101% en Marchena y se reducen en el segundo periodo a 99.8 % Palaciosrubios, 110.4% Rueda, 94% Valladolid y 83.9% Marchena, suponiendo un mejor ajuste por parte del agricultor a las necesidades del cultivo.

En cuanto a la HH por unidad de superficie, en las diferentes ubicaciones de las explotaciones, el mayor consumo por hectárea en el cultivo de la remolacha en el primer periodo, lo realiza la parcela de Palaciosrubios con, 9142.9 m^3/ha y el menor consumo, en ese mismo periodo, lo tiene el demostrador de Marchena con 8214.5 m^3/ha. En el segundo periodo, repiten esos mismos puestos pero con consumos de 11749 m^3/ha en Palaciosrubios y 5566.8 m^3/ha en Marchena. La explotación de Palaciosrubios y la de Valladolid, han tenido una HH superior por hectárea en el cultivo de la remolacha en el segundo periodo, sin embargo, la explotación de Marchena, reduce su HH por unidad de superficie en 784 m^3/ha.

En cuanto al consumo por tonelada, la explotación de Sevilla en el primer periodo tiene el valor mínimo de 66.9 m^3/t seguida de Palaciosrubios con 75.8 m^3/t. El valor más elevado en el cultivo de la remolacha en este mismo periodo lo tiene el demostrador de Valladolid con 82.3 m^3/t. En el segundo periodo, el valor más bajo, lo tiene la explotación de Rueda con 70.6 m^3/t seguida de Marchena con 71.4 m^3/t y con la mayor HH Valladolid con 86.4 m^3/ha.

Las variaciones entre explotaciones y entre ciclos del cultivo pueden deberse a diferencias entre las condiciones climáticas. Un descenso de las precipitaciones ocasiona, por un lado, una menor disponibilidad del agua verde y un aumento en las necesidades de riego de los cultivos. Un Incremento de las temperaturas medias, ocasiona una mayor demanda hídrica. El cultivo de la remolacha azucarera no dispone de una buena adaptación de la sequía y tiene una demanda hídrica elevada.

Según un estudio de Water Footprint Network, la HH del proceso del cultivo de la remolacha en Castilla y León es de 120 m^3/t muy por encima de los cálculos realizados en las explotaciones del proyecto.

Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica

Para hacerse una idea de lo que significa el tamaño de la huella hídrica, es necesario compararla con los recursos disponibles de agua dulce. Para realizar un análisis de la sostenibilidad de la huella hídrica de forma geográfica, es imprescindible comparar el gasto de las explotaciones con la disponibilidad de la masa de gua que sirve como recurso de las mismas y con ello, conocer si es dicha masa agua puede soportar de manera sostenible el consumo involucrado.

En este caso, es importante resaltar si se cumplen o no las restricciones ambientales. Estas restricciones son imprescindibles para cumplir con los caudales ecológicos de los cursos de agua que se aplican a ella y se establecen con el objetivo de determinar la parte del recurso base, que es necesario para que las masas subterráneas puedan aportar la parte proporcional que les corresponde en la totalidad de los caudales ecológicos que circulan por los cursos superficiales. Este caudal ecológico es el que permite conservar, adecuar o restaurar el funcionamiento ecológico y los servicios ambientales que proveen los sistemas naturales.

Debido al ámbito de estudio, es preferible centrarse en comparar la huella hídrica azul con la disponibilidad de agua azul y la huella hídrica gris con la capacidad de asimilación de las cargas contaminantes.
Las explotaciones del estudio se sostienen de tres masas de agua distintas.
Las explotaciones de Rueda y Palaciosrubios usan como recurso la masa de agua subterránea de los Arenales - Tierras de Medina y la Moraña.
La confederación hidrográfica del Duero (CHD) ofrece los datos técnicos de las masas de agua subterránea.
El acuífero de los Arenales - Tierras de Medina y la Moraña, dispone de un recurso anual de 149.51 hm^3/año y se encuentra en mal estado tanto cualitativamente como cuantitativamente, con un acusado descenso del nivel piezométrico. El índice de explotación, según la CHD es de 1.94, debido a la explotación de 244.3 hm^3/ año. Este indicador adimensional mide la relación entre la demanda de agua y los recursos hídricos en régimen natural. Un índice de explotación superior a 0.8 es determinante para la masa

de agua, considerando por ello, que se encuentra en mal estado cuantitativo y proponiendo medidas de mejora.

Esta masa de agua subterránea abastece a cerca de, 40000 ha de regadío, siendo el 10.33% de las hectáreas. El consumo medio de agua es de, 6150 m^3/ha. Las explotaciones tienen concesiones de, 103463 m^3 para 34.3 ha en Palaciosrubios, lo que supone un volumen por hectárea de 3016 m^3 y en el caso de Rueda, tiene un área regable de 24.6 hectáreas y una concesión de 90000 m^3 al año o 3658 m^3/ha y año.

El cultivo de la remolacha tiene una HH azul directa de, 6526 m^3/ha en el segundo periodo en Rueda y de, 9238 m^3/ha de remolacha en el segundo periodo de Palaciosrubios.

Ambas explotaciones utilizan para el cultivo de la remolacha un volumen de agua superior a la concesión media por hectárea, sin embargo, la concesión de las explotaciones es inferior a ese caudal, y el gasto medio de las explotaciones también. Gracias a la rotación de cultivos, la HH hídrica de estos demostradores se reduce por debajo de la media de las concesiones de la masa de agua, lo que hace que las explotaciones en su conjunto consuman los recursos de forma sostenible.

Una de las medidas que la CHD puede imponer para la mejora cuantitativa de la masa de agua es una reducción de concesiones entre 10% y el 25%. Esto supondría una reducción con respecto a las recomendaciones de riego similar a las propuestas para cumplimiento de compromiso agroambiental del Programa de Desarrollo Rural de Castilla y León (PDR).

En cuanto a la HH gris, la masa de agua se considera en mal estado cualitativo debido a la concentración de amonio. En el caso del exceso de Nitrógeno, que es el contaminante principal junto con el fósforo derivado del uso agrícola, no hay incumplimiento por nitratos, pero sí hay impacto probable. Existen, dentro de la masa, zonas vulnerables. Si las aguas subterráneas tienen una concentración de nitratos superior a 37,5 mg/l se determinan como zonas vulnerables. Se considera como masa de agua en mal estado cualitativo, si tiene un contenido de nitrógeno superior a 50 mg/l NO3. Ninguna de las explotaciones se encuentra en zona vulnerable, y el abonado de ambas explotaciones se encuentra por debajo del límite permitido de, 210 kg/ha. La CHD por medio de la modelización ha determinado la evolución previsible de concentraciones de nitratos, siguiendo la tendencia actual la masa en los próximos años se declarará en mal estado debido a la presión difusa por nitratos. En esta modelización, se realiza también una previsión del desarrollo de la masa, asumiendo una reducción de hasta el 30% de los nitratos de fuentes agrarias. Esta reducción, permitiría el cumplimiento de objetivos del estado químico de la masa de agua en 2033.

La remolacha azucarera es un cultivo demandante de altas cantidades de Nitrógeno. Al igual que en el caso de las necesidades hídricas del cultivo, la rotación de cultivos permite que la media de aportación de nitrógeno en las explotaciones este un 30% por debajo de las limitaciones. En el caso de la explotación de Rueda, en el cultivo de la remolacha en el p2, se han realizado unas aportaciones de nitrógeno de un 50% menos que las limitaciones y en el caso de Palaciosrubios se han realizado un abonado 10% menor de la limitación.

El demostrador de Valladolid riega desde la masa de agua subterránea del Terciario Detrítico Bajo los Páramos. Este acuífero dispone de un recurso anual de 60 hm^3/año y se encuentra en mal estado cualitativo y buen estado cuantitativo, aunque sufre un descenso piezométrico que parece estar remontando en los últimos años.

El índice de explotación se encuentra en 0.52, inferior al 0.8 y la tendencia piezométrica es descendente, pero con un cambio de tendencia en los últimos 20 años.
La masa de agua dispone de unas extracciones de 31.45 hm^3/año y no existe un volumen de restricción ambiental.
La HH azul de la explotación ubicada en Valladolid es de, 4900 m^3/ha en la remolacha, inferior a las explotaciones de Palaciosrubios y Rueda.
La superficie total de la masa de agua es de, 5914 km^2, de los cuales, se destinan al uso agrícola de regadío el 0.63% o 3725 hectáreas. Las concesiones para uso agrícola son de 30.57 hm^3, suponiendo algo más de 8000 m^3 de media por hectárea.

El consumo en la explotación de Valladolid del cultivo de la remolacha es inferior a la media de concesión de la confederación, lo que hace en la zona, que este cultivo obtenga el recurso hídrico de forma sostenible. Adicionalmente, la masa de agua no se encuentra en mal estado cuantitativo y no existen medidas de limitación de volúmenes de extracción.
El mal estado cualitativo de la masa de agua subterránea del Terciario Detrítico Bajo los Páramos es debido a la contaminación por sulfatos. Si que están delimitadas zonas vulnerables por nitratos, y la explotación se encuentra dentro de una zona vulnerable. La aplicación de abonado nitrogenado por parte del demostrador de Valladolid es de 100 kg/ha, y aunque se encuentra por debajo de las limitaciones de zonas vulnerables, supone una HH gris de 132 m^3/año.

El último demostrador, se encuentra en el municipio de Marchena (Sevilla). Tiene un área regable de 159.7 hectáreas y una concesión de 635500 m^3 al año lo que supone cerca de 4000 m^3/ha. Está ubicada dentro de la masa de agua subterránea los llanos Osuna - La Lantejuela que se gestiona desde la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG). La superficie de este acuífero de materiales poco permeables es de unos 324 km^2, lo que origina unos recursos anuales reducidos de 27.08 hm^3 y tiene unas demandas por bombeo de 44.74 hm^3/año. Debido a esto, el índice de explotación es de 1.65 y se ha definido como una masa de agua en mal estado cuantitativo. El estado químico de la masa de agua también es malo, según la CHG. El mal estado cualitativo es debido a valores elevados de nitratos, sulfuros, cloruros y una alta conductividad. Este mal estado general de la masa de agua supone una serie de impactos como: afección a los sistemas terrestres dependientes de las aguas subterráneas, descenso de niveles piezométricos y alteraciones en la dirección del flujo por intrusión salina subterránea que aumenta la conductividad y la concentración de cloruros.

La explotación de Marchena tiene un consumo medio por hectárea de 3817 m^3 en los cultivos anuales y no se encuentra dentro de una zona vulnerable. La HH azul del cultivo de la remolacha es inferior al resto de demostradores con 4000 m^3/ha y la HH gris es de 2390 m^3 en un total de 9.6 hectáreas debido a una aportación de 125 kg/ha de N en el cultivo de la remolacha.

Formulación de respuestas a la huella hídrica

Existen diversas medidas que permiten la reducción de la huella hídrica derivada del uso agrícola. En este sector, es necesaria la investigación para poder formular unos objetivos que permitan la mejora cuantitativa de la huella hídrica. Además, existen estimaciones que indican que dentro de unas décadas, la HH hídrica azul del mundo se verá reducida considerablemente debido al incremento de la productividad de agua azul y el uso de nuevas tecnologías puede tener un papel fundamental. Evitar el uso de biocombustibles, que tienen unas altas necesidades de agua para su producción, y reemplazarlos por energías renovables como la energía solar, puede ser decisivo.

Existen varias formas para reducir la HH azul y verde en la agricultura, podemos centrarnos en maximizar la productividad del suelo (t/ha), cuando el suelo es limitado o maximizar la productividad del agua, cuando la mayor limitación a la producción es el agua. En el caso del agua azul, esto implicaría aplicar menos agua de riego de una manera más inteligente para obtener un rendimiento mayor por metro cúbico de agua evaporada. Algunas estrategias que pueden seguirse para reducir la HH azul y/o verde son las siguientes:

- Aumentar la productividad del suelo en la agricultura de secano y regadío (kg/ha)
- Usar cobertura del suelo para reducir la evaporación de la capa superficial
- Cambiar a sistemas de riego más eficientes
- Elegir cultivos con menor demanda de agua
- Conocer la capacidad de retención de agua del suelo
- Conocer las precipitaciones de la zona
- Realizar una estimación de la aplicación de riego más adecuada en función del cultivo vegetal elegido
- Regar supervisando que se reduzca al máximo el nivel de escorrentía superficial, así como su percolación en función del tipo de suelo en el que se encuentra la explotación agrícola.
- Reducir la aportación de riego con respecto a las necesidades del cultivo
- Mejorar el calendario de riego optimizando volumen y momento de aplicación

- Reducir las pérdidas de agua en almacenamiento y distribución
- Mejorar la gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de cultivos
- Controlar la profundidad en los aperos para reducir el consumo de gasóleo y con ello aumentar la eficiencia de las labores.
- Revisar periódicamente y mantener en estado óptimo los sistemas de riego, para evitar la pérdida innecesaria de agua en las canalizaciones y conducciones.

La HH gris, puede reducirse con el uso de menos sustancias químicas, empleando mejores técnicas y mejorando los períodos de aplicación, algunas estrategias que pueden seguirse, son las indicadas en los códigos de buenas prácticas agrarias:

- Aplicar menos sustancias químicas
- Optimizar el volumen y técnica de aplicación
- Facilitar la absorción por parte de las plantas
- Aplicar los de fertilizantes en el periodo conveniente
- Evitar aplicación en terrenos inclinados o escarpados
- Evitar la aplicación de fertilizantes en terrenos hidromorfos, inundados, helados o cubiertos de nieve
- Seguir las condiciones de aplicación de fertilizantes en tierras cercanas a cursos de agua
- Usar alternativas de cultivos con alta demanda de nitrógeno y con sistemas radicales potentes, capaces de aprovechar los nitratos que hayan sido arrastrados a capas profundas
- Prevenir la contaminación del agua por escorrentía y la filtración por debajo de los sistemas radiculares de los cultivos en los sistemas de riego
- Mantener durante períodos lluviosos un manto mínimo de vegetación que absorba el nitrógeno del suelo que, de lo contrario, podría causar fenómenos de contaminación del agua por nitratos

Lo más importante para reducir la HH total en las explotaciones agrícolas es adecuar el uso de insumos. La aplicación de nuevas tecnologías y la realización de análisis químicos del suelo pueden permitirnos obtener más datos de las explotaciones y con ello, realizar una mejor toma de decisiones.

FONDO EUROPEO AGRÍCOLA DE DESARROLLO RURAL: EUROPA INVIERTE EN LAS ZONAS RURALES

PROYECTO: Grupo Operativo "Reducción del coste de riego mediante eficiencia energética y reducción del consumo de agua garantizando la competitividad de la remolacha azucarera en España

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

PNDR
Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020

EFFIREM
Reducción del coste energético del riego en remolacha mediante eficiencia energética y reducción del consumo de agua

Actuación cofinanciada por la Unión Europea

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

INVERSIÓN:

Coste total . . . . . 585.366,20 €

Ayuda . . . . . 540.166,20 €

Cofinanciación UE 80%

La financiación de estas ayudas se realizará en un 80% con cargo al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y con cargo al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, siendo la autoridad de gestión encargada de la aplicación de la ayuda la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (DGDRIFA)