



Evaluación de la Zona Regable de Virgen del Aviso (Zamora)

El presente estudio se encuentra enmarcado en los trabajos de apoyo al Plan Nacional de Regadíos.

El trabajo realizado tiene por finalidad obtener información para desarrollar y aplicar de la manera más eficaz posible el programa de mejora y consolidación de regadíos. Para ello se evalúa esta zona regable cuyas obras de mejora y consolidación de regadíos han sido declaradas por ley de interés general.

La evaluación permite conocer las deficiencias que presenta la gestión del agua en la zona así como establecer recomendaciones a tener en cuenta y subsanar dichas deficiencias con las actuaciones de modernización.

EVALUACIÓN DE LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO (ZAMORA)



SECRETARÍA GENERAL
DE AGRICULTURA
Y ALIMENTACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL
DE DESARROLLO RURAL



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN
SECRETARÍA GENERAL DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL

EVALUACIÓN DE LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO (ZAMORA)

Director Técnico:

*Manuel Navarro Comalrena de Sobregrau
(MAPA)*

Equipo Técnico: 

*Santos Frontela Delgado
Eva Casanova Mangana
Fernando José González González*

© Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Imprime: Centro de Publicaciones

Publicaciones del:



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
Centro de Publicaciones

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28071 Madrid
NIPO: 251-04-040-1
Depósito Legal: M-14811-2004

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<i>Pág.</i>
1. ANTECEDENTES	9
2. OBJETIVOS	9
3. SITUACIÓN	10
4. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE RIEGO	10
5. CLIMATOLOGÍA	11
6. SUELOS	17
6.1. Interpretación de los análisis de suelo	17
7. AGUA DE RIEGO	25
8. INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO	29
8.1. Captación y elevación del agua	29
8.2. Canales	32
8.3. Obras especiales	34
8.4. Red de caminos	35
8.5. Instalación eléctrica	37
9. AGRONOMÍA Y CULTIVOS	37
10. VALORACIÓN AGRONÓMICA	48
11. GESTIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES	53
11.1. Análisis de los costes del agua de riego	54
12. DATOS ECONÓMICOS DE LOS CULTIVOS	55
12.1. Rendimientos de mano de obra y costes del maíz regado a pie	56
12.2. Rendimientos de mano de obra y costes de la remolacha regada por aspersión	56
12.3. Rendimientos de mano de obra y costes del girasol regado a pie	57
12.4. Rendimientos de mano de obra y costes del cereal con riego a pie	57
13. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO	58
13.1. Eficiencia de los sistemas de distribución del agua de riego	58
13.1.1. Eficiencia de conducción	60
13.1.2. Eficiencia de distribución	61
13.2. Eficiencia de aplicación	64
14. ESTADO ACTUAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS	74

15. PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES «VIRGEN DEL AVISO»	77
15.1. Descripción de las actuaciones	78
15.2. Estudio de los costes del proyecto de red de riego por aspersión para la mejora y modernización del regadío de la Comunidad de Regantes Virgen del Aviso	80
16. CONCLUSIONES	82

ANEJOS

1. Análisis de agua.....	85
2. Análisis de suelo	89

PLANOS

1. Localización	105
2. Red de distribución	106
3. Muestras de suelo y agua	107
4. Evaluación de la red de distribución	108
5. Parcelas evaluadas	109

ÍNDICE DE FOTOS

1. Canal de Villaralbo	10
2. Suelo 4 de tipo pedregoso	22
3. Canal de Villaralbo	26
4. Estación elevadora Virgen del Aviso	29
5. Estación elevadora del Canal Madridanos-Moraleja	29
6. Estación elevadora del Canal Madridanos-Moraleja	32
7. Partidor en Canal Madridanos-Moraleja y estación elevadora	32
8. Murete sobre Canal de Villaralbo	34
9. Recuperación del agua	34
10. Laberinto de decantación	35
11. Entrada del laberinto de decantación	35
12. Camino de Villaralbo	35
13. Vista panorámica de la zona regable	37
14. Parcela de remolacha con riego a pie	40
15. Parcela de maíz regada a pie	41
16. Parcela de girasol	42
17. Riego a pie en parcela de maíz	42
18. Parcela de remolacha	47
19. Parcela de cereal	47
20. Parcela en barbecho	47
21. Parcela de girasol	47
22. Comunidad de Regantes	54

23. Parcela de remolacha	55
24. Tramo inicial del Canal de Madridanos	61
25. Acequia A.48-3	61
26. Acequia A.31-2	61
27. Parcela 896	69
28. Parcela 1780	69
29. Parcela 1568	69
30. Parcela 1288	71
31. Pérdidas en sifón en acequia A.31	71
32. Pérdidas en sifón en acequia A.31-2	74
33. Pérdidas en sifón. Acequia A.31	75
34. Canal de Villaralbo	75
35. Pérdidas en acequia	75
36. Pérdidas en acequia	75
37. Canal de Villaralbo	75
38. Canal de Villaralbo	75
39. Canal de Madridanos	75
40. Toma de parcela 1569 en A.48	76
41. Arroyo de Ariballos, desagüe principal de la zona servida por el Canal de Madridanos	76
42. Desagüe en la zona servida por el Canal de Villaralbo	76
43. Parcela 1569	76
44. Parcela 1569	77

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Temperatura media	12
2. Precipitación	12
3. Diagrama ombrotérmico	13
4. Evapotranspiración	14
5. Evapotranspiración de los cultivos en la Zona Regable de Virgen del Aviso	16
6. Valores umbral de RAS y CE_w para la conservación de la permeabilidad del suelo	28
7. Superficie de riego (%)	38
8. Porcentaje de superficie dedicada a cada cultivo en la zona regable	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Distribución municipal de la superficie máxima de riego	10
Tabla 4.1. Distribución hidráulica de subunidades de riego independientes	11
Tabla 5.1. Datos mensuales de temperatura media de las medias. Serie 1992-2001	11
Tabla 5.2. Datos mensuales de pluviometría. Serie 1992-2001	11
Tabla 5.3. Evapotranspiración potencial para la Zona Regable de Virgen del Aviso	13
Tabla 5.4. Evapotranspiración del maíz en la Zona Regable de Virgen del Aviso	14
Tabla 5.5. Evapotranspiración de la cebada en la Zona Regable de Virgen del Aviso	14
Tabla 5.6. Evapotranspiración de trigo en la Zona Regable de Virgen del Aviso ..	15
Tabla 5.7. Evapotranspiración de la remolacha en la Zona Regable de Virgen del Aviso	15
Tabla 5.8. Evapotranspiración de alfalfa en la Zona Regable de Virgen del Aviso	15

Tabla 6.1. Interpretación de las determinaciones analíticas realizadas en laboratorio de los suelos 1, 2 y 3 de la zona regable	18
Tabla 6.2. Interpretación de las determinaciones analíticas realizadas en laboratorio de los suelos 4, 5 y 6 de la zona regable	18
Tabla 6.3. Valores del pH más deseables para los cultivos	19
Tabla 6.4. Porcentaje de sodio intercambiable	21
Tabla 6.5. Características físicas del suelo 1	21
Tabla 6.6. Características físicas del suelo 2	21
Tabla 6.7. Características físicas del suelo 3	22
Tabla 6.8. Características físicas del suelo 4	22
Tabla 6.9. Características físicas del suelo 5	23
Tabla 6.10. Características físicas del suelo 6	23
Tabla 6.11. Capacidad de retención de agua de los distintos suelos de la zona regable	23
Tabla 6.12. Nivel de agotamiento permisible en el suelo	24
Tabla 6.13. Valores de agua útil del suelo para los distintos cultivos	24
Tabla 7.1. Suministro del agua de riego	25
Tabla 7.2. Resumen de resultados del análisis de la muestra de agua tomada en Canal de Madridanos	26
Tabla 7.3. Guía para la interpretación de la calidad del agua de riego	27
Tabla 7.4. Necesidades de lavado en función del sistema de riego y del cultivo ..	28
Tabla 8.1. Características del Canal de Villaralbo	32
Tabla 8.2. Características del Canal de Moraleja	33
Tabla 8.3. Características del Canal de Madridanos	33
Tabla 8.4. Características del regadío	34
Tabla 9.1. Superficie de riego (ha)	37
Tabla 9.2. Superficie de cultivo	39
Tabla 9.3. Características agronómicas del cultivo de remolacha con riego a pie. Encuesta N° 1. Agricultor de Villaralbo	40
Tabla 9.4. Características agronómicas del cultivo de maíz con riego a pie. Encuesta N° 2. Agricultor de Villaralbo	41
Tabla 9.5. Características agronómicas del cultivo de girasol con riego a pie. Encuesta N° 3. Agricultor de Villaralbo	42
Tabla 9.6. Características agronómicas del cultivo de maíz con riego a pie. Encuesta N° 4. Grupo de agricultores de Villaralbo	43
Tabla 9.7. Características agronómicas del cultivo de remolacha con riego por aspersión. Encuesta N° 5. Grupo de agricultores de Villaralbo	44
Tabla 9.8. Características agronómicas del cultivo de cereal con riego a pie. Encuesta N° 6. Grupo de agricultores de Villaralbo	45
Tabla 9.9. Características de barbecho. Encuesta N° 7. Agricultor de Madridanos	45
Tabla 9.10. Características agronómicas del cultivo de maíz con riego a pie. Encuesta N° 10. Agricultor de Madridanos	46
Tabla 10.1. Exigencias climáticas de los cultivos	48
Tabla 11.1. Coste del agua de riego	54
Tabla 11.2. Cuota de agua de las parcelas con recargo	55
Tabla 12.1. Rendimientos de mano de obra y costes del maíz regado a pie	56
Tabla 12.2. Rendimientos de mano de obra y costes de la remolacha regada por aspersión	56
Tabla 12.3. Rendimientos de mano de obra y costes del girasol regado a pie	57
Tabla 12.4. Rendimientos de mano de obra y costes del cereal con riego a pie	57

Tabla 13.1. Eficiencia de conducción. Canal de Villaralbo	60
Tabla 13.2. Eficiencia de distribución. Canal de Madridanos	62
Tabla 13.3. Eficiencia de distribución. Acequias A-48 y A-48.3	63
Tabla 13.4. Eficiencia de distribución. Acequias A-31 y A-31.2	63
Tabla 13.5. Datos relativos a las parcelas evaluadas	65
Tabla 13.6. Balance hídrico para el maíz en suelo 3	65
Tabla 13.7. Balance hídrico para el maíz en suelo 4	66
Tabla 13.8. Balance hídrico para el maíz en suelo 5	66
Tabla 13.9. Balance hídrico para la remolacha en suelo 3	67
Tabla 13.10. Balance hídrico para la pradera en suelo 3	67
Tabla 13.11. Lámina de riego aplicada por parcela y pérdidas en la aplicación	68
Tabla 13.12. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.653 de maíz en suelo 3	68
Tabla 13.13. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 896 de maíz en suelo 3	69
Tabla 13.14. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.780-1.781. 1 ^{er} y 3 ^{er} bancal de maíz en suelo 3	69
Tabla 13.15. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.649 de maíz en suelo 3	70
Tabla 13.16. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.710 de maíz en suelo 4	70
Tabla 13.17. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.566 de maíz en suelo 4	70
Tabla 13.18. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.502 de maíz en suelo 4	70
Tabla 13.19. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.519 de maíz en suelo 4	71
Tabla 13.20. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.588 de maíz en suelo 4	71
Tabla 13.21. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.568 de maíz en suelo 4	71
Tabla 13.22. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.288 de maíz en suelo 4	72
Tabla 13.23. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 2.029-1.556 (sólo una parte) de maíz en suelo 5	72
Tabla 13.24. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.498 de maíz en suelo 5	72
Tabla 13.25. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.100-1.098 de remolacha en suelo 3	72
Tabla 13.26. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.298/1.299-1.300/1.301 -2.004 de remolacha en suelo 3	73
Tabla 13.27. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.760 de pradera en suelo 3	73
Tabla 13.28. Eficiencia de aplicación del riego. Parcela nº 1.760 de pradera en suelo 3	73
Tabla 15.1. Características de la red secundaria	78
Tabla 15.2. Características de la red principal	79
Tabla 15.3. Tomas de riego previstas	79
Tabla 15.4. Hidratantes	80
Tabla 15.5. Actuaciones de la transformación de la Zona Regable de Virgen del Aviso	81
Tabla 15.6. Valoración del coste por hectárea de la transformación de la red de distribución	81
Tabla 15.7. Costes y superficies afectadas por las actuaciones de modernización	81

1. ANTECEDENTES

La Comunidad de Regantes de Virgen del Aviso se regula por ordenanzas y reglamentos aprobados por Orden Ministerial de 1 de abril de 1963, amparando a 786 comuneros y con ámbito territorial de 1.902 ha regables.

La zona regable está ubicada dentro del perímetro que abarca la zona de concentración parcelaria denominada Canal de Villalazán, zona que fue declarada por Decreto de fecha 20 de junio de 1958, con firmeza de bases el 26 de junio de 1965, firmeza del acuerdo el 12 de junio de 1968 y toma de posesión de las nuevas fincas de reemplazo el 6 de abril de 1966.

La zona, cuya Declaración de Interés Nacional fue por Decreto 1.577/60, de 10 de agosto (B.O.E. nº 195, de 15-8-60), a efectos de regadío, se denomina «San Frontis-Villaralbo». La aprobación del Plan General de Colonización y la Declaración de Puesta en Riego fue por Decreto 1000/60, de 2 de mayo (B.O.E. nº 119, de 18-5-63). El cumplimiento de Intensidad de cultivo lo fue con fecha de 9-2-1976 y el Proyecto de Liquidación y Terminación de actuaciones fue aprobado el 15-6-81.

Tanto las obras de transformación en regadío, como las inherentes a la concentración parcelaria fueron ejecutadas por el IRYDA.

Con fecha 27 de diciembre de 1999 se aprobó por la Dirección General de Desarrollo Rural de la Junta de Castilla y León el Proyecto de Modernización del Regadío de la Comunidad de Regantes Virgen del Aviso (Zamora) 1ª Fase finalizándose su ejecución en diciembre de 2000.

Con fecha 29 de diciembre de 1999 se declaró de interés general la modernización del regadío de Virgen del Aviso (B.O.E. nº 312, de 30-12-99).

Actualmente se está ejecutando el Proyecto de Modernización del Regadío de la Comunidad de Regantes Virgen del Aviso (Zamora) 2ª Fase.

La concesión de aguas fue otorgada por el Ministerio de Obras Públicas. Por Orden Ministerial de 13 de Abril de 1957, le fueron concedidos 1.521,60 litros por segundo con destino al riego de 1902 ha. Con fecha 26 de Septiembre de 1975 la Comisaría de Aguas del Duero autorizó a la Comunidad de Regantes Virgen del Aviso a bombear 2.234 l/s durante 16,5 horas diarias.

2. OBJETIVOS

El programa de actuaciones prioritario del Plan Nacional de Regadíos es el de mejora y consolidación de regadíos. El presente estudio tiene por finalidad obtener información para desarrollar y aplicar de la manera más eficaz posible dicho programa, lo que supondrá una mejor gestión del mismo. Para ello se evalúa la zona regable cuyas obras de mejora y consolidación de regadíos han sido declaradas por ley de interés general. La evaluación permite conocer las deficiencias que presenta la gestión del agua en la zona así como establecer recomendaciones a tener en cuenta y subsanar dichas deficiencias con las actuaciones de modernización.

La presente evaluación se efectúa enmarcada en los trabajos de apoyo del Plan Nacional de Regadíos, durante el primer semestre del año 2003. Los trabajos de campo se realizaron a lo largo de la campaña de riegos de 2002.

Durante el desarrollo de la evaluación de la zona regable ha sido necesaria la colaboración de distintas entidades y organismos públicos a los que se les quiere agradecer su buena disposición y gran ayuda prestada:

- Comunidad de Regantes Virgen del Aviso, especialmente a su Secretario Manuel Jambrina y a los vigilantes de la red de riego José Bragado y Javier Esteban, así como al Presidente de la Comunidad de Regantes José Antonio Martínez Hidalgo, al Presidente de la Junta de Gobierno José Miguel Domínguez Montalvo y a Francisco José Domínguez Hidalgo.
- Manuel Rodríguez Sodupe, Representante en Cuenca Hidrográfica de la Dirección General de Desarrollo Rural del MAPA.
- Equipo técnico de Tragsa en Zamora, especialmente a Alfredo Martín Sobrino y Arturo Peñín Rodríguez.
- Equipo técnico de Tragsa en el Centro Nacional de Tecnología de Regadíos: Ángel Navas Quesada, Alberto Hernáiz Ballesteros, Luis Cañada López, Imelda Pinilla Herrero, Evelio Muñoz Aceves, Cristina Madurga del Cura y Cristina Cristóbal Gómez.

3. SITUACIÓN

La zona regable se encuentra en la provincia de Zamora y se distribuye entre los términos municipales de Arcenillas, Villalalbo, Moraleja del Vino, Madridanos y Villalazán.

Los límites de la zona regable son:

- al norte el Canal de San José y el río Duero.
- al sur y al este el Canal de Moraleja-Madridanos
- al oeste el desagüe D-3 en el que vierten sus aguas el Canal de Villalalbo, también denominado arroyo de San Pedro o de Valdebufo y el Canal de Moraleja.

Tabla nº 3.1: DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL DE LA SUPERFICIE MÁXIMA DE RIEGO

MUNICIPIO	SUPERFICIE (ha)
Villalalbo	768
Villalazán	172
Moraleja del Vino	209
Madridanos	553
Arcenillas	200
Total	1.902



Fotografía N° 1. Canal de Villalalbo.

4. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE RIEGO

La zona regable forma parte de la cuenca del Duero. La estación elevadora Virgen del Aviso toma el agua del río Duero y a partir del Canal de Villalalbo la distribuye a un total de 1.902 hectáreas de regadío. Pero desde el Canal de Villalalbo no se abastece directamente a

Tabla nº 4.1: DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA DE SUBUNIDADES DE RIEGO INDEPENDIENTES

CONDUCCIÓN	SUPERFICIE ABASTECIDA
Canal de Moraleja-Madridanos	1.061 ha
Canal de Villaralbo	841 ha

FUENTE: Caracterización de regadíos, Plan Nacional de Regadíos.

toda la zona regable sino que es necesario otro canal denominado Canal de Moraleja y Madridanos para servir a la zona comprendida entre dicho canal y el de Villaralbo.

La superficie total regada en la campaña de 2002 ha sido de 1.889 ha.

5. CLIMATOLOGÍA

La Zona Regable Virgen del Aviso presenta un clima **Mediterráneo templado**, según la clasificación climática de Papadakis, con un tipo de invierno Avena fresco.

La pluviometría media anual es de 388 mm.

La evapotranspiración potencial media anual (calculada por el método de Penman-Monteith) es de 1.089 mm.

Se ha considerado una serie de 10 años para estimar los valores medios de temperatura y precipitación.

Tabla nº 5.1: DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS MEDIAS. SERIE 1992-2001

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T (°C)	4,3	6,4	8,4	10,4	14	18,4	21,8	21,3	18,6	13,4	8	4,9	12,5

FUENTE: Instituto Nacional de Meteorología. Datos de la estación Zamora Observatorio.

Tabla nº 5.2: DATOS MENSUALES DE PLUVIOMETRÍA. SERIE 1992-2001

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
P (mm)	40	41	25	35	37	36	16	10	29	35	48	36	388

FUENTE: Instituto Nacional de Meteorología. Datos de la estación Zamora Observatorio.

Figura N° 1: TEMPERATURA MEDIA

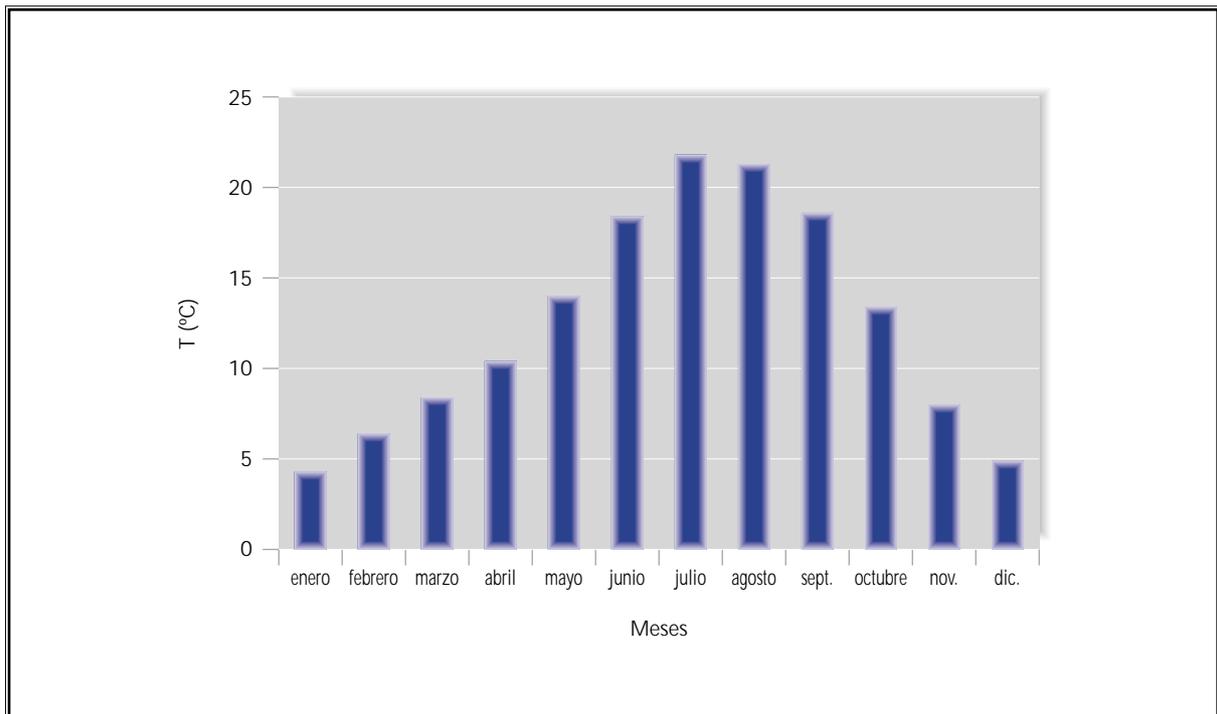
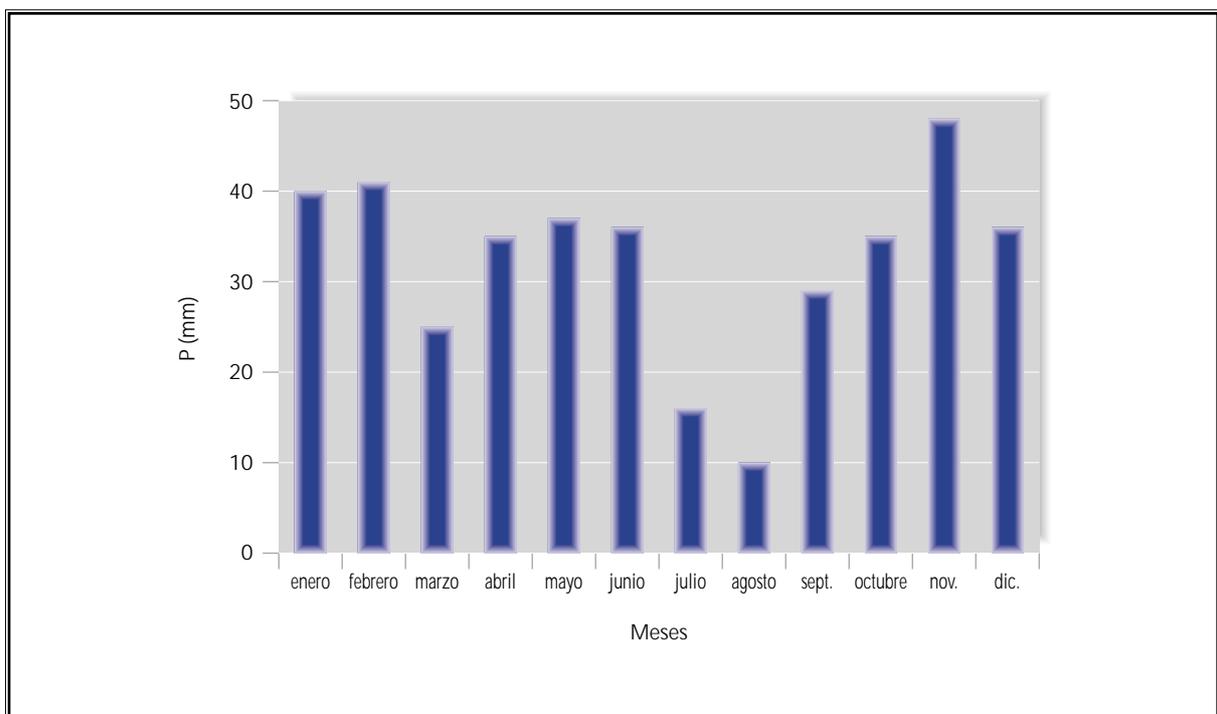
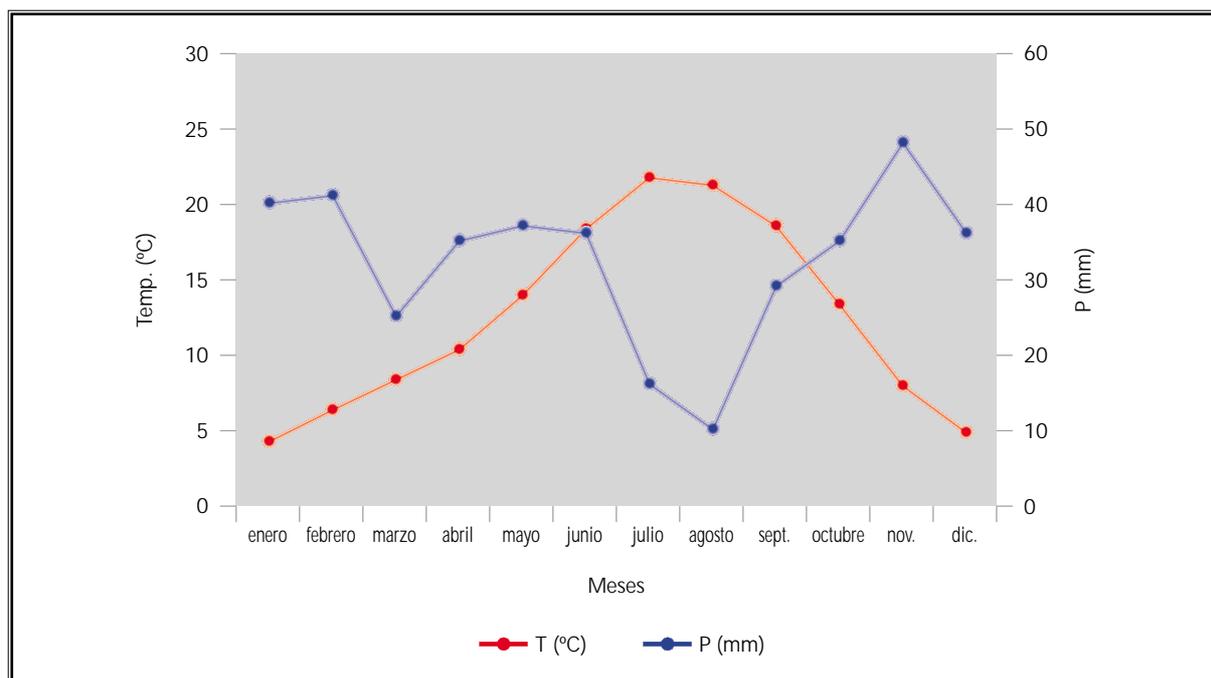


Figura N° 2: PRECIPITACIÓN



Para determinar la existencia y duración de los períodos secos se ha representado un diagrama ombrotérmico situando en abscisas los meses del año y en ordenadas las temperaturas y las precipitaciones medias mensuales. Se definen períodos secos aquellos que cumplen que la precipitación es inferior al doble de la temperatura.

Figura N° 3: DIAGRAMA OMBROTÉRMICO



El período seco comienza a mediados de junio y se extiende hasta el mes de septiembre. El mes de agosto se presenta como el más seco con la mayor diferencia entre precipitación y temperatura.

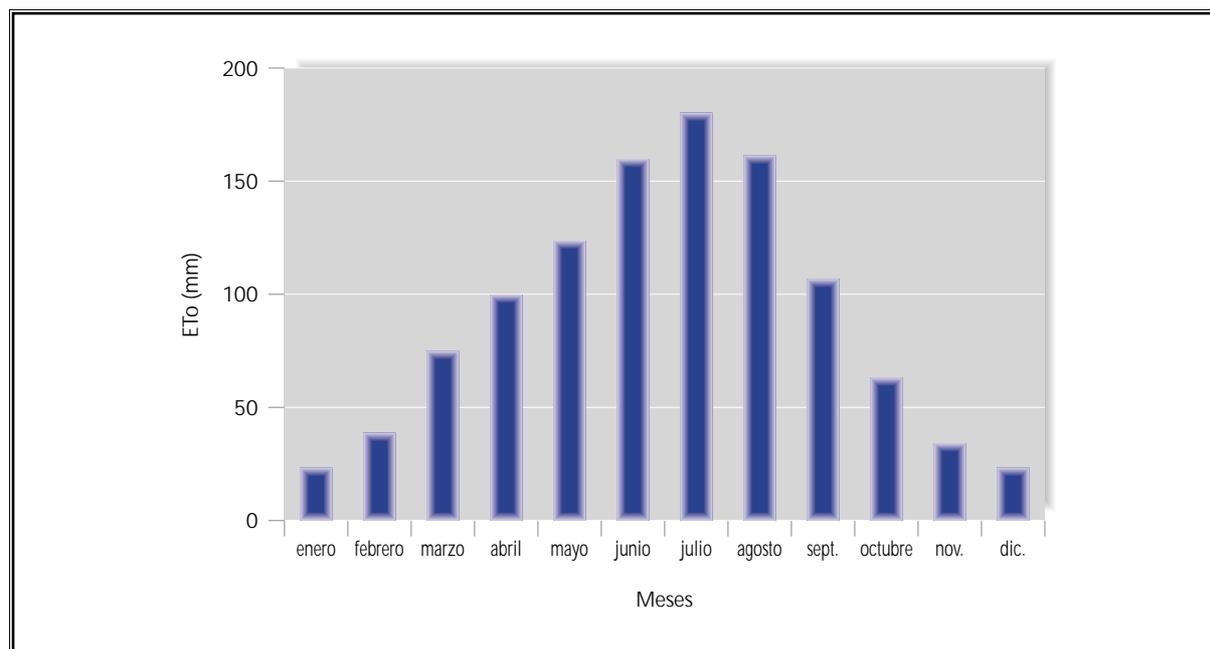
El índice de potencialidad agrícola (L Turc) en secano vale entre 5 y 10 y en regadío entre 35 y 40.

Se ha calculado la evapotranspiración potencial por el método de Penman-Monteith para obtener a continuación la evapotranspiración de los distintos cultivos de la zona regable. Este dato se empleará más adelante para estimar las necesidades de agua de los cultivos.

Tabla n° 5.3: EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL PARA LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

	ET _o (mm/día)	ET _o (mm/mes)
Enero	0,8	23,3
Febrero	1,4	38,7
Marzo	2,4	74,9
Abril	3,3	99,8
Mayo	4,0	123,7
Junio	5,3	159,8
Julio	5,8	180,2
Agosto	5,2	161,3
Septiembre	3,6	106,7
Octubre	2,0	63,1
Noviembre	1,1	34,1
Diciembre	0,8	23,3

Figura N° 4: EVAPOTRANSPIRACIÓN
Potencial mensual en la Zona Regable Virgen del Aviso



En las siguientes tablas se detallan los coeficientes de cultivo K_c y la evapotranspiración de cultivo ET_c para maíz, cereal de invierno, alfalfa y remolacha en la Zona Regable de Virgen del Aviso, que son los cultivos que entran dentro de la alternativa más frecuente utilizada en la zona.

Tabla n° 5.4: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL MAÍZ EN LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

CULTIVO	MES	K_c	ET_c
Maíz	Mayo	0,52	64,3
	Junio	0,78	124,6
	Julio	1,10	198,2
	Agosto	1,11	179,0
	Septiembre	1,03	109,9
	Octubre	0,67	42,3

Tabla n° 5.5: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CEBADA EN LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

CULTIVO	MES	K_c	ET_c
Cebada	Diciembre	0,73	17,0
	Enero	0,73	17,0
	Febrero	0,88	34,1
	Marzo	1,08	80,9
	Abril	1,10	109,8
	Mayo	0,86	106,4
	Junio	0,29	46,3

Tabla n° 5.6: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE TRIGO EN LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

CULTIVO	MES	K _c	ET _c
Trigo	Diciembre	0,73	17,0
	Enero	0,73	17,0
	Febrero	0,83	32,1
	Marzo	1,07	80,1
	Abril	1,10	109,8
	Mayo	1,04	128,6
	Junio	0,47	75,1

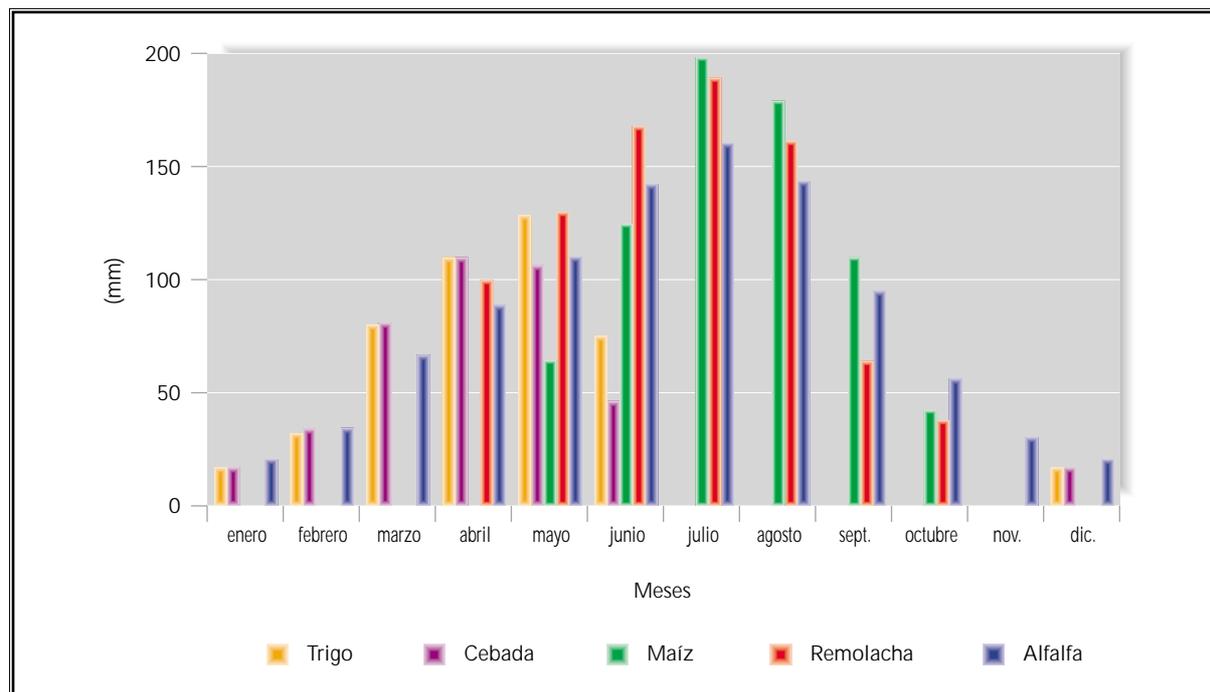
Tabla n° 5.7: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA REMOLACHA EN LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

CULTIVO	MES	K _c	ET _c
Remolacha	Abril	1	99,8
	Mayo	1,05	129,9
	Junio	1,05	167,8
	Julio	1,05	189,2
	Agosto	1	161,3
	Septiembre	0,6	64,0
	Octubre	0,6	37,9

Tabla n° 5.8: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA ALFALFA EN LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

CULTIVO	MES	K _c	ET _c
Alfalfa	Enero	0,89	20,7
	Febrero	0,89	34,4
	Marzo	0,89	66,7
	Abril	0,89	88,8
	Mayo	0,89	110,1
	Junio	0,89	142,2
	Julio	0,89	160,4
	Agosto	0,89	143,6
	Septiembre	0,89	95,0
	Octubre	0,89	56,2
	Noviembre	0,89	30,3
	Diciembre	0,89	20,7

Figura N° 5: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS EN LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO



Las características fundamentales de un clima según J. Papadakis son el régimen térmico, como síntesis de un tipo de invierno y de un tipo de verano, y el régimen de humedad.

Para establecer el tipo de invierno, la clasificación de Papadakis se basa en la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, la temperatura media de las mínimas del mes más frío, y la temperatura media de las máximas del mes más frío, resultando para la zona de estudio un invierno **Avena fresco**.

El tipo de verano se determina en función de la duración del periodo libre de heladas y la media de las medias de las máximas de los meses más cálidos, por lo que para el conjunto de la zona tenemos un verano tipo **Maíz**.

De la combinación del tipo de invierno y tipo de verano obtenemos el régimen térmico anual que para la zona es **Templado cálido** (TE).

El régimen de humedad se define por los periodos de sequía, su duración, intensidad y situación en el ciclo anual. Además se utilizan el índice de lluvia de lavado, resultado de la acumulación de las diferencias entre la pluviometría y la evapotranspiración de los meses húmedos, y el índice de humedad que se obtiene dividiendo la pluviometría anual por la evapotranspiración anual. Para la zona que nos ocupa tenemos un régimen hídrico **Mediterráneo seco**.

El tipo climático resultante para la zona es **Mediterráneo templado**.

Por tanto estamos en una zona agroclimática del tipo Avena fresco, Maíz, Mediterráneo seco, según se comprueba en la publicación «Caracterización agroclimática de la provincia de Zamora» de la Dirección General de la Producción Agraria del MAPA.

6. SUELOS

El origen miocénico de la zona ha determinado su configuración topográfica. Junto al Duero y a lo largo del mismo se encuentra una faja de terreno muy llana y bastante amplia que en el término de Villaralbo y Villalazán queda notablemente reducida. Esta parte es la regada por el Canal de San José que limita por el norte con la zona de estudio.

A continuación de esta llanura y hacia el sur se pasa a una terraza situada unos 15 metros por encima de la anterior. Esta es la zona regada por el Canal de Villalazán.

De aquí se pasa a la última terraza unos 25 metros más alta y más ondulada en el borde, en la que se encuentran los cascos urbanos de Moraleja del Vino, Arcenillas y Morales del Vino.

Hacia el sur, en el límite de la zona, el terreno va siendo más ondulado y al este, en el límite de los términos de Toro y Sanzoles, es francamente accidentado.

El accidente geográfico más importante es el río Duero que sirve de límite a la zona en su parte norte, al igual que el Canal de San José. Su cauce es en general bastante profundo a excepción de un tramo en el término de Villalazán donde las avenidas hacen grandes daños al arrastrar la tierra cultivable y dejar depósitos de arena. La superficie afectada por estos desbordamientos es de unas 300 ha de las cuales la mayoría están sin cultivar dedicándose a la producción de pastos y en parte plantadas de chopos.

Las aguas subterráneas son bastante abundantes en toda la zona, si bien los caudales que se encuentran a una profundidad de unos diez metros no son muy grandes.

El suelo de la zona presenta en cuanto a fertilidad toda la gama comprendida entre los suelos más fértiles situados en la margen del Duero hasta los completamente áridos de las laderas calizas situadas en la parte suroeste, pasando por todos los intermedios de constitución que varía desde el arenoso hasta el calizo y arcilloso.

6.1. Interpretación de los análisis de suelo

Se han tomado seis muestras de suelo de la zona regable estudiada a distintas profundidades para su posterior análisis en laboratorio. La localización de la toma de muestras se puede consultar en el plano nº 3.

La finalidad de este muestreo es determinar la textura y la capacidad de retención de agua de los suelos característicos de las parcelas en las que se estudia la eficiencia de aplicación, ya que estos datos se emplean en el balance hídrico que permite calcular las necesidades de agua de los cultivos en las parcelas evaluadas. También se describen las propiedades químicas de los mismos.

Dada la homogeneidad del perfil de los terrenos se considera la profundidad de 40 cm suficientemente representativa de los suelos estudiados.

Los resultados de los análisis se pueden consultar en el Anejo 2. Análisis de suelos.

Tabla n° 6.1: INTERPRETACIÓN DE LAS DETERMINACIONES ANALÍTICAS REALIZADAS EN LABORATORIO DE LOS SUELOS 1, 2 Y 3 DE LA ZONA REGABLE

DETERMINACIONES ANALÍTICAS	NIVELES		
	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3
Reacción pH (extracto 1/2.5)	medianamente básico: 7,42	básico: 8,02	básico: 8,45
CO ₃ Ca total (%)	bajo	bajo	bajo
CO ₃ Ca activo (%)	deficiente	bajo	bajo
Conductividad (mmhos/cm) (extracto 1/5)	alto	excesivo	excesivo
N total (%)	deficiente	bajo	bajo
Relación C/N	normal	excesivo	bajo
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g)	bajo	excesivo	excesivo
Materia orgánica	normal	normal	normal
Fósforo	deficiente	normal	bajo
Potasio	deficiente	Bajo	bajo
Magnesio	normal	excesivo	alto
Calcio	bajo	excesivo	excesivo
Relación Ca/Mg (meq/l)	normal: 3,71	normal: 3,38	alto: 7,01
Relación K/Mg (meq/l)	deficiente: 0,08	deficiente: 0,03	bajo: 0,16

Tabla n° 6.2: INTERPRETACIÓN DE LAS DETERMINACIONES ANALÍTICAS REALIZADAS EN LABORATORIO DE LOS SUELOS 4, 5 Y 6 DE LA ZONA REGABLE

DETERMINACIONES ANALÍTICAS	NIVELES		
	SUELO 4	SUELO 5	SUELO 6
Reacción pH (extracto 1/2.5)	Básico: 8,17	Básico: 8,37	Medianamente básico: 7,72
CO ₃ Ca total (%)	bajo	bajo	bajo
CO ₃ Ca activo (%)	bajo	bajo	deficiente
Conductividad (mmhos/cm) (extracto 1/5)	excesivo	excesivo	alto
N total (%)	bajo	bajo	bajo
Relación C/N	bajo	deficiente	deficiente
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g)	excesivo	normal	normal
Materia orgánica	normal	bajo	bajo
Fósforo	deficiente	deficiente	deficiente
Potasio	deficiente	bajo	deficiente
Magnesio	excesivo	excesivo	excesivo
Calcio	excesivo	alto	alto
Relación Ca/Mg (meq/l)	normal: 4,67	bajo: 2,17	bajo: 2,94
Relación K/Mg (meq/l)	deficiente: 0,03	deficiente: 0,05	deficiente: 0,12

La **interpretación del pH** del suelo se ha realizado según los intervalos establecidos por USDA (1971).

El pH influye en la disponibilidad de la mayor parte de nutrientes, en las propiedades físicas de los suelos y en la vida microbiana. Considerando el comportamiento de todos los elementos nutritivos el intervalo de pH comprendido entre 6 y 7 es el más adecuado para la absorción de nutrientes.

Los suelos 1 y 6, medianamente básicos, son suelos con carbonato cálcico, característicos de zonas áridas y semiáridas.

Ambos suelos tienen un pH comprendido entre 6,5 y 8, intervalo dentro del cual la nitrificación tiene lugar con gran intensidad. Sin embargo la mejor utilización del fósforo ocurre en el intervalo comprendido entre 6 y 7,5 por lo que en el suelo 6 disminuye la disponibilidad de este elemento, debido a que el calcio provoca la formación de compuestos insolubles.

Los suelos 2, 3, 4 y 5 son básicos por lo que la disponibilidad en fósforo y en boro disminuye. Con pH superiores a 7,5 la disponibilidad de fósforo es inferior debido a la formación de compuestos insolubles, y a partir de pH=8 la solubilidad del boro es insignificante. Estos suelos también presentan una deficiencia creciente de: cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc. Son suelos calizos en los que puede haber problemas de clorosis férrica debida al bicarbonato.

Respecto a los microorganismos del suelo, las bacterias y los actinomicetos proliferan mejor con valores de pH intermedios y altos.

Tabla nº 6.3: VALORES DEL pH MÁS DESEABLES PARA LOS CULTIVOS

CULTIVO	pH DESEABLE
Alfalfa	6,2 – 7,8
Cebada	6,5 – 8
Girasol	6 – 7,5
Maíz	5,5 – 7,5
Remolacha	6 – 7,5
Trigo	5,5 – 7,5

La **relación C/N** es un índice de la salud del suelo.

El suelo 2 presenta una relación C/N elevada y bajo contenido en fósforo lo que indica poca facilidad para producir nitratos.

La baja relación de C/N indica el agotamiento del suelo como ocurre cuando se explota intensamente o cuando se erosiona. Este es el caso de la mayoría de los suelos estudiados (suelos 3, 4, 5 y 6). Como consecuencia, puede bajar la capacidad de cambio del suelo o provocar la formación de cantidades excesivas de nitratos e incluso de amoníaco, pero el efecto más frecuente y peligroso es que hace perder al suelo su estabilidad estructural con lo que se reduce la permeabilidad y se favorece la erosión.

Los suelos 5 y 6 son pobres en **materia orgánica**.

Los porcentajes de **nitrógeno** total son bajos en todos los casos siendo este elemento esencial en todos los procesos vitales de las plantas. La deficiencia de nitrógeno da lugar a una vegetación raquílica. La planta adquiere poco desarrollo y los rendimientos obtenidos son escasos.

La **capacidad de intercambio catiónico** –CIC– da idea de la fertilidad del suelo y por otra parte es un buen indicador del tipo de arcilla existente. Valores de CIC de 8-10 cmol/kg de suelo en los primeros 30 cm suelen considerarse los mínimos aceptables, para poder obtener una producción satisfactoria bajo riego, si no existen otras limitaciones. Los distintos suelos analizados cumplen esta condición a excepción del suelo 1, de textura arenosa, cuya CIC es tan sólo de 4,13 cmol/kg. Los suelos franco arcillosos se caracterizan por una alta CIC, mientras que los valores más bajos de CIC corresponden a texturas limosa, arenosa y franca.

Cuando el suelo tiene una CIC elevada y no es rico en materia orgánica (suelos 2, 3, 4) es debido a la presencia de arcillas tipo 2:1 (montmorillonita, vermiculita, illita) pues estas tienen una CIC mayor que las arcillas 1:1 (caolinita). Este tipo de arcillas se caracterizan por su alta adherencia y plasticidad, elevado grado de hinchamiento en húmedo y retracción en seco y gran superficie específica. Como consecuencia de las anteriores propiedades estos suelos son difíciles de trabajar en húmedo, por lo que a veces se pueden presentar problemas para realizar las labores de siembra y recolección. Pero a su favor tienen un alto poder de retención de humedad y una elevada fertilidad, presentando problemas de drenaje interno en húmedo debido al hinchamiento de las arcillas. También las arcillas de tipo 2:1 presentan baja o nula capacidad de adsorción de aniones tipo sulfato o cloruro.

La presencia de ión bicarbonato en el agua del suelo puede bloquear la absorción de hierro, provocando una clorosis férrica.

Los valores de **caliza activa** son bajos en todos los suelos estudiados por lo que no debería haber riesgo de clorosis.

Sin embargo, todos los suelos, a excepción del suelo 1, presentan un elevado **contenido en calcio** lo que supone bloqueos de determinados elementos de entre los cuales los más importantes son el fósforo y el hierro, así como de varios microelementos. Cultivos genéticamente mejor adaptados para soportar la presencia de calcio en el suelo son el almendro, vid, olivo, y la mayor parte de leguminosas.

También el calcio puede interferir en la asimilación del **magnesio**. La relación Ca/Mg (en meq/100 g) es óptima cuando está alrededor de 5. Cuando esta relación es superior a 10 es probable una carencia inducida de magnesio. Este no es el caso de ninguno de los suelos estudiados.

Los niveles de **potasio y fósforo** son bajos en todos los suelos analizados.

La relación K/Mg inferior a 0,1 en los suelos 1, 2, 4 y 5 indica el riesgo de carencia inducida de potasio.

Entre los cultivos que necesitan menos potasio figuran los pastos, cereales y cultivos de secano. El maíz de regadío y la remolacha forrajera se incluirían en una categoría intermedia.

Por el contrario la remolacha azucarera si que requiere para su desarrollo un mayor aporte de potasio.

Respecto al fósforo, los pastos, cereales, cultivos de secano, el maíz de regadío y la remolacha forrajera son los cultivos que requieren menos fósforo, mientras que la remolacha azucarera tiene unas necesidades medias.

Según la clasificación de suelos salinos y sódicos de Richards, se consideran salinos los suelos cuya conductividad eléctrica (del extracto de saturación) sea mayor de 4 mS/cm y sódicos en caso contrario siempre que el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) sea mayor de 15. Por lo tanto los suelos de la zona estudiada no presentan problemas de salinidad.

Se ha calculado el PSI según la expresión:

$$PSI = [Na] / CIC * 100$$

Tabla nº 6.4: PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE

SUELO	1	2	3	4	5	6
PSI	6,77	1,41	2,3	1,36	4,08	1,99

Propiedades físicas

Tabla nº 6.5: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 1

SUELO 1		
PROFUNDIDAD (cm)	ELEMENTOS GRUESOS	TEXTURA (USDA)
0-20	3,91%	Arena
20-40	7,26%	Arena franca

Los suelos arenosos como el suelo 1 son ligeros, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retentiva de agua y abonos. En general son pobres y de escasa productividad. Sin embargo presentan facilidad de laboreo.

Los suelos franco arenosos son suelos medios con las mismas deficiencias que los arenosos pero más atenuadas. Estos suelos son buenos para cítricos, hortalizas, algodón, tabaco, leguminosas, patata, forrajes, maíz, ajo, cebolla, vid, melones...

Tabla nº 6.6: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 2

SUELO 2		
PROFUNDIDAD (cm)	ELEMENTOS GRUESOS	TEXTURA (USDA)
0-20	45,98%	Franco arcilloso
20-40	38,95%	Franco arcilloso

El suelo 2 se caracteriza por una presencia notable de elementos gruesos

Los elementos gruesos disminuyen la cohesión en los horizontes muy arcillosos lo que favorece la penetración de las raíces en la interfase grueso matriz. Aumentan la permeabilidad si se encuentran en la proporción suficiente. Si son porosos retienen la humedad. El 45,98% de elementos gruesos en los primeros 20 cm de suelo indican que se frenarán la erosión y las pérdidas de agua, ya que recubren el suelo. Además se producirá una liberación potencial de nutrientes al meteorizarse.

Esta clase de suelos franco arcillosos son suelos pesados apropiados para cultivar arroz y trigo entre otros cultivos.

Tabla nº 6.7: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 3

SUELO 3		
PROFUNDIDAD (cm)	ELEMENTOS GRUESOS	TEXTURA (USDA)
0-20	10,26%	Franco arenoso
20-40	18,45%	Franco arenoso

Los suelos franco arenosos son suelos medios con las mismas deficiencias que los arenosos pero más atenuadas (baja compactidad, poco almacenamiento de nutrientes y capacidad de almacenamiento de agua en el suelo baja).

Estos suelos son buenos para cítricos, hortalizas, algodón, tabaco, leguminosas, patata, forrajes, maíz, ajo, cebolla, vid, melones...

Tabla nº 6.8: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 4

SUELO 4		
PROFUNDIDAD (cm)	ELEMENTOS GRUESOS	TEXTURA (USDA)
0-20	44,66%	Franco arcillo arenoso
20-40	42,67%	Franco arenoso

Este suelo se caracteriza por ser permeable debido al alto contenido en elementos gruesos y por una capacidad de retención de humedad media dada su textura franca.

De nuevo la presencia en superficie de los elementos gruesos proporciona al suelo una menor erosión y disminución de las pérdidas de agua.

La textura franco arcillo arenosa es propia de suelos medios, buenos para el arroz, trigo, forrajes, vid, leguminosas, tomate, cítricos...



Fotografía Nº 2. Suelo 4 de tipo pedregoso.

Tabla n° 6.9: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 5

SUELO 5		
PROFUNDIDAD (cm)	ELEMENTOS GRUESOS	TEXTURA (USDA)
0-20	56,14%	Franco arenoso
20-40	60,51%	Arcilloso

La fracción arcillosa implica una fertilidad química alta aunque depende de la mineralogía. Este suelo es permeable y su capacidad de retención de agua disponible es media alta.

Los suelos arcillosos son suelos pesados, difíciles de trabajar y recomendables para arroz, alfalfa y otros forrajes.

Tabla n° 6.10: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 6

SUELO 6		
PROFUNDIDAD (cm)	ELEMENTOS GRUESOS	TEXTURA (USDA)
0-20	8,49%	Franco arcillo arenoso
20-40	10,15%	Franco arcillo arenoso

Al igual que en alguno de los suelos anteriores este suelo presenta una textura franco arcillo arenosa propia de suelos medios, buenos para trigo, forrajes, vid...

En la siguiente tabla se muestran la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez (PM) y el intervalo de humedad disponible (IHD) para cada uno de los suelos estudiados en %.

Tabla n° 6.11: CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DE LOS DISTINTOS SUELOS DE LA ZONA REGABLE

	TIPO DE SUELO	CC	PM	IHD
0-20 cm	1	11,02	4,3	6,72
	2	21,12	14,57	6,55
	3	10,35	6,32	4,03
	4	18,37	9,27	9,1
	5	14,44	8,15	6,29
	6	14,1	8,08	6,02
20-40 cm	1	11,25	7,03	4,22
	2	21,96	15,84	6,12
	3	10,98	6,48	4,5
	4	17,16	8,21	8,95
	5	23,45	16,84	6,61
	6	13,78	7,74	6,04

El intervalo de humedad en el suelo es una medida de la capacidad de retención de agua del suelo. Se calcula como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Aunque las plantas pueden extraer agua hasta el punto de marchitez existe un punto a partir del cual se produce una reducción de la transpiración y de la fotosíntesis. Se trata del nivel de agotamiento permisible, NAP, que indica que fracción del agua del suelo es utilizable por la planta sin que se reduzca la evapotranspiración.

Tabla nº 6.12: NIVEL DE AGOTAMIENTO PERMISIBLE EN EL SUELO

CULTIVO	PROFUNDIDAD MÁXIMA RAÍCES (m)	NAP
Maíz	1,5	0,55
Remolacha	1	0,55
Pradera	0,7	0,6

Los datos de profundidad radicular máxima y de NAP son los propuestos en el estudio FAO de riego y drenaje nº 56 en función del cultivo y para una ET_c de 5 mm/día. El NAP es función del poder de evaporación de la atmósfera y por ello los valores propuestos anteriormente se pueden ajustar según la expresión también propuesta por FAO:

$$NAP = NAP_{\text{tabla}} + 0,04 * (5 - ET_c)$$

No se ha tenido en cuenta este ajuste dada la insignificancia en la variación en el resultado y puesto que la finalidad de los cálculos no es más que una estimación del agua útil.

Para cuantificar la capacidad de retención del suelo se calcula el agua útil que posteriormente permitirá obtener las necesidades hídricas de los cultivos, según la expresión:

$$AU = P \times IHD \times NAP$$

El agua útil del suelo se ha calculado como suma de los valores de la misma correspondientes a cada espesor. A partir de 20 cm se considera que el perfil del suelo es homogéneo y por lo tanto se tiene un único índice de humedad disponible independiente de la profundidad.

Tabla nº 6.13: VALORES DE AGUA ÚTIL DEL SUELO PARA LOS DISTINTOS CULTIVOS

SUELO	AU MAÍZ (mm)	AU REMOLACHA (mm)	AU PRADERA (mm)
1	37,56	25,96	20,72
2	50,96	34,13	26,22
3	36,60	24,23	18,33
4	74	49,39	37,77
5	54,18	36	27,37
6	49,80	33,19	25,34

7. AGUA DE RIEGO

El origen del agua de riego es de tipo superficial. En concreto, todo el agua se toma del río Duero. En la siguiente tabla se detallan los datos del suministro de agua:

Tabla nº 7.1: SUMINISTRO DEL AGUA DE RIEGO

Caudal total concesión	1521 l/s
Garantía	100 %
Volúmenes anuales utilizados	9.717.969 m ³
Dotación anual bruta asignada	4.558 m ³ /ha

No se reutiliza el agua de riego para otros usos, sin embargo los retornos de las conducciones principales se devuelven al río a través de distintos desagües o al Canal de San José. El Canal de Villaralbo y el Canal de la Moraleja vierten sus sobrantes al desagüe D-3 también denominado arroyo de San Pedro o de Valdebufo, mientras que el Canal de Madridanos lo hace en el arroyo de Ariballos.

La evaluación de la aptitud del agua utilizada en el riego resulta fundamental, ya que son múltiples las implicaciones que ésta puede tener sobre el rendimiento de los cultivos, así como sobre la bondad de las características hidrofísicas del suelo y en general sobre su fertilidad. De ahí la importancia del análisis del agua utilizada, por lo que se ha tomado una muestra del agua de riego en el canal de Madridanos (ver plano nº 3 de localización de toma de muestras).

Las implicaciones más importantes de la calidad del agua de riego son la disminución de la producción propiciada por la acumulación de sales en el suelo, la pérdida de la estructura del suelo ocasionada por la predominancia del ión sodio respecto al calcio y al magnesio, y la existencia de toxicidad específica de los cultivos a determinados iones, especialmente el cloro, el boro y el sodio.

Además de estos efectos existen otros menos comunes, tales como el exceso de vigor derivado de la acumulación de nitratos, o el estrés ocasionado por la fijación de determinados nutrientes presentes en el suelo, pero que no pueden ser absorbidos por la planta, debido a su precipitación en medio básico, fundamentalmente.

La evaluación de la calidad del agua a partir de los parámetros más significativos se basa en los valores de referencia recomendados por Ayers y Wescot (1985) (*). Dichos parámetros vienen recogidos en la tabla 7.3. La tabla 7.2 revela los valores de estos parámetros correspondientes a la muestra tomada, mientras que el análisis pormenorizado se encuentra en el Anejo nº 1. Análisis de aguas.

La conductividad eléctrica del agua de riego (CE_w) tiene un valor de 0,616 dS/m por lo que en principio, el peligro de salinización del suelo es prácticamente inexistente. En función de este valor el agua no presenta riesgo de acumulación de sales en el suelo. En realidad el peligro real de salinización depende tanto de la salinidad del agua como de la tolerancia del cultivo a la acumulación de sales en el suelo.

(*) Ayers, R.S. y Wescot, D.W. (1985). *Water quality for agriculture*, FAO Irrigation & Drainage Paper, nº 29.

Tabla nº 7.2: RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE AGUA TOMADA EN EL CANAL DE MADRIDANOS

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
CE _w	dS/m	0,616
RAS		0,99
Sodio (Na)	meq/l	1,71
Cloro (Cl)	meq/l	1,44
Boro (B)	mg/l	0,01
Nitrógeno (NO ₃ -N)	mg/l	2,63
Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	3,40
pH		7,38



Fotografía Nº 3. Canal de Villaralbo.

El peligro o no de salinización depende de que la dosis aplicada sea suficiente para lavar el suelo de las sales aportadas por el agua de riego. Para estimar si se aplica una fracción de lavado suficiente para evitar la acumulación de sales en el suelo, se van a utilizar las expresiones recogidas en el manual 48 de riego y drenaje de la FAO, expuestas a continuación:

$$\text{Riego convencional (superficial)} \quad NL = \frac{0,3086}{F_c^{1,702}}$$

$$\text{Riego de alta frecuencia (aspersión y goteo)} \quad NL = \frac{0,1794}{F_c^{3,0417}}$$

siendo NL, las necesidades de lavado expresadas en tanto por 1 y F_c el factor de concentración del suelo, que se calcula como el cociente entre la tolerancia del cultivo a la salinidad (CE_u) y la conductividad eléctrica del agua de riego (CE_w):

$$F_c = \frac{1}{FL} = \frac{CE_u}{CE_w}$$

Tabla nº 7.3: GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

PARÁMETRO	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN EN EL USO		
		NINGUNO	LIGERO A MODERADO	SEVERO
Salinidad				
CE _w	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT	mg/l	< 450	450 – 2.000	> 2.000
Infiltración				
RAS = 0 – 3 CE _w =		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
= 3 – 6 =		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
= 6 – 12 =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12 – 20 =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20 – 40 =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidad iónica específica				
Sodio (Na)				
Riego superficial	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Riego por aspersión	meq/l	< 3	> 3	
Cloro (Cl)				
Riego superficial	meq/l	< 4	4 – 10	> 10
Riego por aspersión	meq/l	< 3	> 3	
Boro (B)	mg/l	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Otros efectos				
Nitrógeno (NO₃-N)	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonato (HCO₃)				
Riego por aspersión	meq/l	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Intervalo apropiado 6,5 – 8,4		

FUENTE: Ayers, R.S. y Wescot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. FAO Irrigation & Drainage Paper N° 29. FAO (1985).

Por ejemplo, para el caso de la remolacha azucarera la FAO establece un valor umbral de tolerancia de 7,0 dS/m. Con dicho valor se obtiene un factor de concentración (F_c):

$$F_c = \frac{CE_u}{CE_w} = \frac{7,0}{0,616} = 11,36$$

Aplicando las expresiones para el cálculo de NL se obtienen los siguientes valores:

$$NL = \frac{0,3086}{F_c^{1,702}} = \frac{0,3086}{11,36^{1,702}} = 0,0049$$

$$NL = \frac{0,1794}{F_c^{3,0417}} = \frac{0,1794}{11,36^{3,0417}} = 0,0001$$

Como puede apreciarse los valores obtenidos son prácticamente despreciables, conclusión que se encuentra en consonancia con la elevada calidad del agua. En el caso de la zona

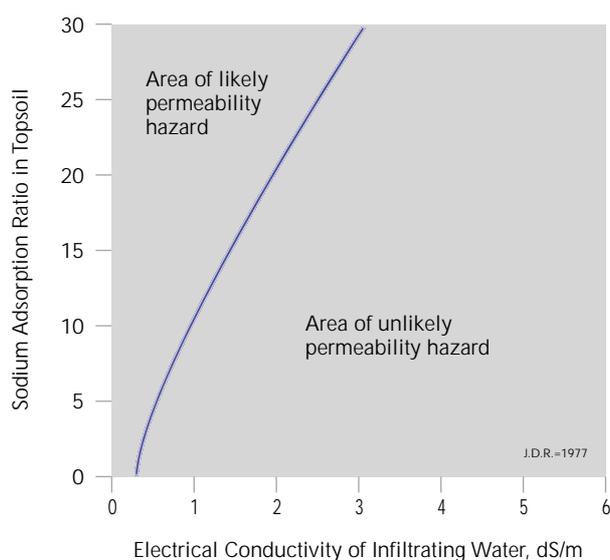
evaluada las especies más representativas son la remolacha azucarera, la alfalfa, el trigo blando, cebada y maíz. En el siguiente cuadro se recogen resumidamente los resultados obtenidos de la estimación de las necesidades de lavado de dichos cultivos:

Tabla nº 7.4: NECESIDADES DE LAVADO EN FUNCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y DEL CULTIVO

CULTIVO	TOLERANCIA UMBRAL (*) (dS/m) CE_u	F_c	NL SUPERFICIAL %	NL ALTA FRECUENCIA (%)
Rem. azucarera	7,0	11,36	0,49	0,01
Cebada	8,0	12,99	0,39	0,01
Trigo blando	6,0	9,74	0,64	0,02
Maíz	1,7	2,76	5,48	0,82
Alfalfa	2,0	3,25	4,16	0,50

Respecto al peligro de sodificación del suelo, se va a utilizar el nomograma propuesto por Rhoades (1982), que depende básicamente de la comparación entre los valores de RAS y de conductividad eléctrica del agua de riego (CE_w).

Figura Nº 6: VALORES UMBRAL DE RAS Y CE_w PARA LA CONSERVACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL SUELO (*)



(*) FUENTE: J. D. Rhoades, A. Kandiah, A.M. Mashali. The use of saline waters for crop production, FAO Irrigation & Drainage Paper Nº 48 (1992).

Dicha combinación sitúa el punto seleccionado prácticamente sobre la línea que separa ambas zonas, por lo que existe un cierto riesgo de impermeabilización del terreno.

En cuanto a la toxicidad específica, los niveles de sodio, cloro y boro encontrados en el agua son bastante inferiores a los niveles que pueden llegar a causar problemas.

Igualmente no se han de dar problemas debidos al riego con aguas muy nitrogenadas. Sí pueden existir ciertos problemas relacionados con una excesiva presencia de bicarbonatos, ya que el agua analizada incorpora 3,4 meq/l, por lo que se da un riesgo de ligero a moderado de inmovilización de elementos tales como el fósforo y el hierro.

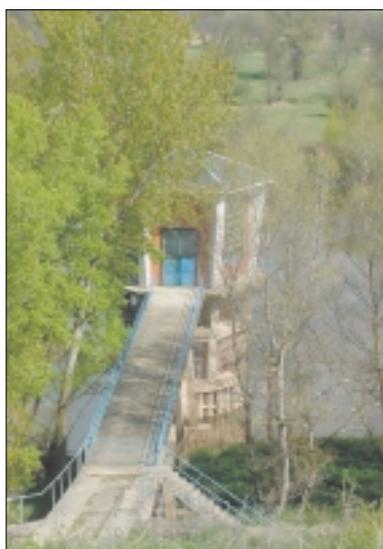
Por último referir que en el análisis correspondiente, y en función de la cuantía y proporción de los macroconstituyentes el agua puede ser definida como **bicarbonatada cálcica**.

8. INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO

8.1. Captación y elevación del agua

La zona regable está situada en la margen izquierda del río Duero, entre las cotas 640 m y 663 m.

La impulsión comienza en una primera estación, denominada Estación Elevadora de Virgen del Aviso, que capta el agua del río Duero. Una torre de toma emplazada en el mismo, a corta distancia de la orilla impulsa un caudal de 1.900 l/s desde la cota de estiaje del río a 627,50 m hasta la cota 653 m, donde la entrega en el Canal de Villaralbo. El sistema está formado por 5 grupos de bombeo verticales –cuatro son de trabajo y uno de reserva– con una potencia de 270 cv, un caudal de bombeo de 475 l/s y una altura manométrica de elevación de 29,5 m. Esta estación de bombeo domina una superficie regable de unas 900 ha que son las que sirve el Canal de Villaralbo.



Fotografía N° 4. Estación elevadora Virgen del Aviso.



Fotografía N° 5. Estación elevadora del Canal Madridanos-Moraleja.

La segunda estación elevadora toma el agua del Canal de Villaralbo y la eleva hasta un partididor que deriva a un lado parte del caudal al Canal de Moraleja y a otro lado el resto al Canal de Madridanos. Desde esta estación también se eleva agua por tubería enterrada hasta un embalse de regulación, proyectado por la Comunidad de Regantes para evitar bombear agua en las horas punta. La balsa está situada a la cota 666 m, siendo por tanto la altura a elevar de unos 13 m. El caudal que impulsa es de 1.059 l/s, y está formada por tres grupos de bombeo, dos de trabajo y uno de reserva, horizontales de cámara partida de doble entrada, 250 cv de potencia, caudal de bombeo de 528 l/s y de altura manométrica de 16,70 m. Domina una superficie correspondiente al resto de la zona regable de aproximadamente 900 ha.

El emplazamiento de ambas estaciones elevadoras, así como la red de distribución del agua de riego, se puede consultar en el croquis de la página siguiente.

El modelo de contratación de energía eléctrica por el que ha optado la comunidad de regantes es de discriminación horaria.

De esta forma, durante las horas punta, de 9:00 a 13:00, se riega por gravedad con el agua de la balsa sin necesidad del bombeo. El agua se distribuye por el Canal de Villaralbo en los dos sentidos hacia la estación elevadora Virgen del Aviso situada junto al río y hacia Villaralbo, y por los Canales de Madridanos y de Moraleja, también en sentidos opuestos.

Durante las horas valle, de 13:00 a 20:00, funcionan las dos estaciones de bombeo, distribuyendo el agua como se describió anteriormente a través de los Canales de Villaralbo, Madridanos y Moraleja.

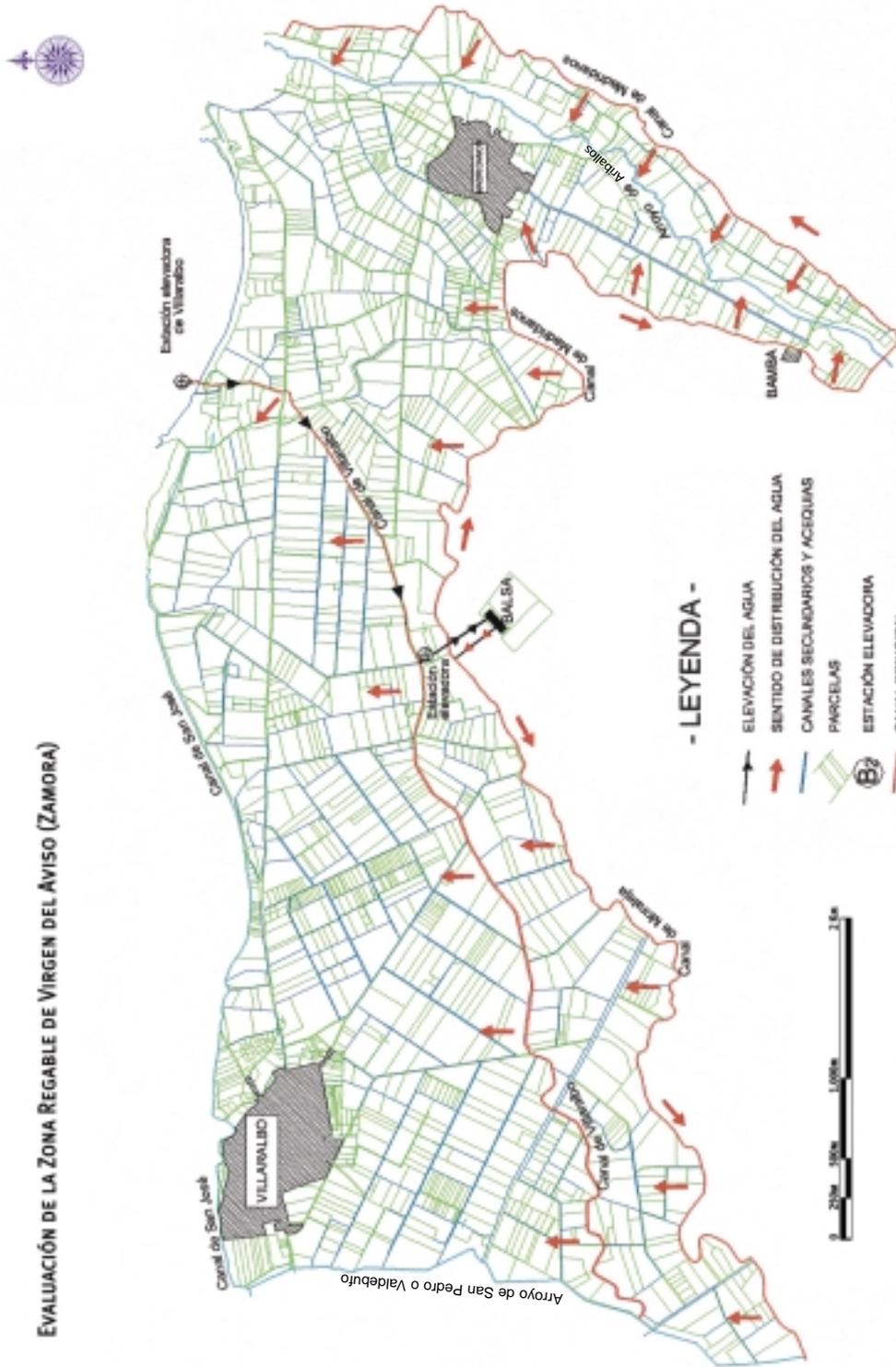
A partir de las 20:00 deja de distribuirse agua por los canales para riego y se bombea agua desde el río para llenar la balsa mediante las dos estaciones elevadoras. En principio las bombas llenan la balsa de 20:00 a 4:00 sin que se derive agua a ninguna acequia salvo entre las dos estaciones de bombeo que puede que se riegue alguna parcela.

Durante la actual campaña de riego (2002), debido a la escasez de lluvias, la Comunidad de Regantes sólo ha permitido sembrar en regadío el 60% del total de la superficie regable, según una norma aprobada por la comunidad en febrero de 2002, solicitada por la Presidencia y ratificada en la Junta General. La Comunidad de Regantes suministra el agua correspondiente a cada regante en función de la superficie que le corresponda.

Los cinco grupos de bombeo trabajando al mismo tiempo están bombeando del río únicamente el 70 % de la dotación que le correspondería en condiciones normales, a causa del bajo nivel del Duero. La Confederación Hidrográfica está acortando los turnos y los caudales. Este año dejaron de regar a principios de septiembre.

En 1957 le fueron concedidos 1.521,60 l/s con destino al riego de 1.902 ha aunque en 1975 la Comisaría de Aguas del Duero autorizó a la comunidad a bombear 2.234 l/s durante 16,5 horas/día.

EVALUACIÓN DE LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO (ZAMORA)





Fotografía N° 6. Estación elevadora del Canal Madridanos-Moraleja.



Fotografía N° 7. Partidor en Canal Madridanos-Moraleja y estación elevadora.

8.2. Canales

El Canal de Villaralbo parte de la primera elevación denominada Virgen del Aviso, cruza el camino vecinal de Villaralbo a Villalazán y una vaguada llamada de Valcuevo en acueducto. Una vez cruzada la vaguada y a unos 2 km aproximadamente se acerca el trazado al pie de una ladera por la que se desarrolla en lo sucesivo para desaguar en el arroyo de San Pedro o Valdebufo en las proximidades del desagüe del Canal de San Frontis.

Tabla n° 8.1: CARACTERÍSTICAS DEL CANAL DE VILLARALBO

Longitud		7.665 m
Superficie dominada	directamente	841 ha
	indirectamente	1.061 ha
	total	1.902 ha
Caudales que evacua	1 ^{er} tramo	1.900 l/s
	2 ^o tramo	841 l/s
Espesor del revestimiento	1 ^{er} tramo	10 cm
	2 ^o tramo	8 cm

Los Canales de Moraleja y de Madridanos parten de la elevación del mismo nombre y llevan sentidos contrarios.

El Canal de Madridanos se desarrolla en desmorte por su línea de nivel. Únicamente se efectúa una corta para evitar un doble paso del camino vecinal de Moraleja a Madridanos. El emplazamiento del pueblo de Bamba no permite al canal ir por su cota. Para evitar el paso por el interior del pueblo se conduce el canal sobre un muro de hormigón aligerado con bóvedas y rematado con sección semicircular de 60 cm de radio. El cruce del arroyo de Madridanos se hace en sifón de 90 metros. El canal está proyectado únicamente hasta unos dos km después de pasar el arroyo ya citado y la continuación tiene más bien el carácter de una pequeña acequia. En el 2^o tramo del canal de Madridanos en las inmediaciones de Bamba se emplea otro sifón para el cruce de una calle de acceso al pueblo.

Tabla nº 8.2: CARACTERÍSTICAS DEL CANAL DE MORALEJA

Longitud	6.664 m
Superficie dominada	343 ha
Caudales que evacúa	343 l/s
Espesor del revestimiento	8 cm

Tabla nº 8.3: CARACTERÍSTICAS DEL CANAL DE MADRIDANOS

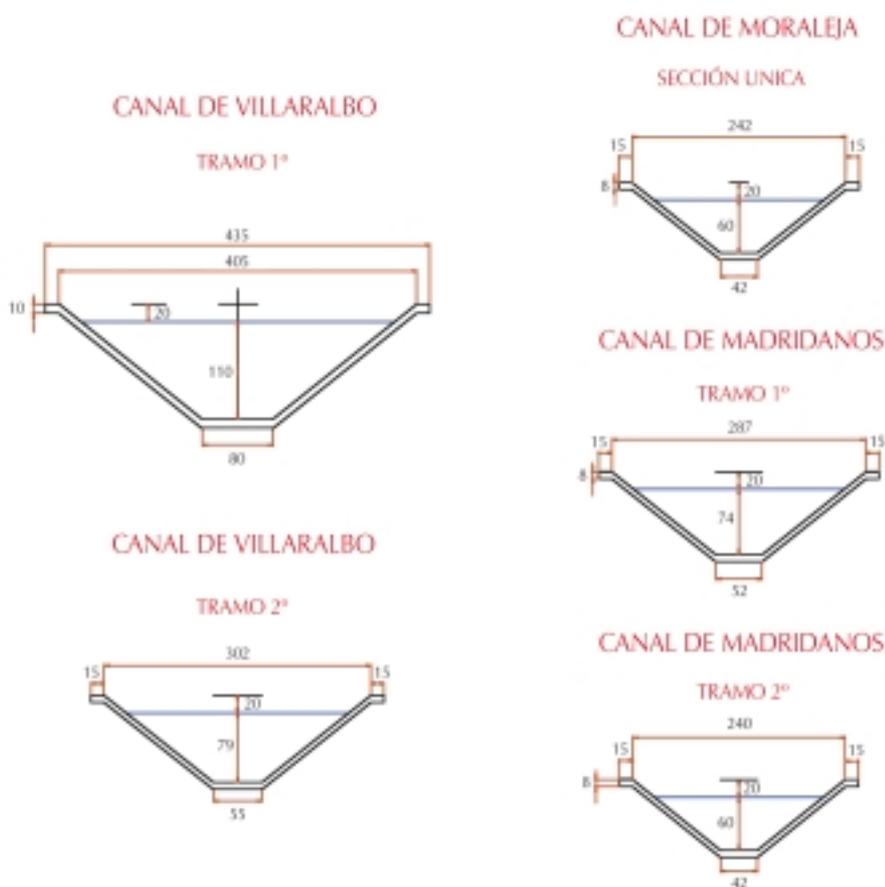
Longitud	8.221 m
Superficie dominada	718 ha
Caudales que evacúa	718 l/s
Espesor del revestimiento	8 cm

El canal desagua en el arroyo de Ariballos al norte de la población de Madridanos ya en las proximidades del río Duero.

El Canal de Moraleja parte de la estación elevadora y continúa por su línea de nivel para desaguar en el arroyo de San Pedro o Valdebufo.

El último tramo del Canal de Madridanos es análogo al de Moraleja.

Existen distintas secciones trapezoidales revestidas de hormigón HA-25 con espesores de 8 y 10 cm según que los caudales a transportar sean inferiores o superiores a 800 l/s (ver croquis de secciones de acequias).



Todas las obras de saneamiento son, cuando la cota lo permite, caños de 40 a 70 cm contruidos con hormigón. En el caso de cruce con caminos que por su situación constituyen verdaderos drenajes de la zona que atraviesan y sin existir altura para conducir las aguas bajo el canal se ha optado por recoger estas con pequeños muretes y pasarlas sobre el mismo por medio de pequeñas losas de hormigón armado.



Fotografía N° 8. Murete sobre Canal Villaralbo.



Fotografía N° 9. Recuperación del agua.

Tabla n° 8.4: CARACTERÍSTICAS DEL REGADÍO

LONGITUD			
	RED DE ACEQUIAS	RED DE DESAGÜES	RED DE CAMINOS
Villaralbo	37,7 km	26,1 km	9,3 km
Moraleja-Madridanos	47,7 km	32,8 km	11,7 km

FUENTE: Plan de obras y mejoras territoriales de zona del Canal de Villalazán. Instituto de Colonización.

8.3. Obras especiales

Se ejecutó un acueducto de hormigón armado en el Canal de Villaralbo, para cruzar una vaguada existente en las inmediaciones de la elevación Virgen del Aviso. Con la construcción de este acueducto se consiguió acortar el trazado del canal en 2 km.

En el Canal de Madridanos se proyectó también un acueducto al tener el trazado del canal que soslayar el pueblo de Bamba.

Para evitar una excesiva aportación, a los terrenos de la zona regable, de arenas conducidas por los canales, se situó un laberinto de decantación en cabecera del Canal de Villaralbo. Al ser muy probables los riegos en primavera e invierno, periodos en los que las aportaciones sólidas al río suelen ser considerables, aunque en los periodos de estiaje el río Duero apenas lleva acarreo, se consideró la necesidad de situar un dispositivo de decantación. Estos acarreo aparte de los perjuicios que pueden ocasionar en los terrenos, ya con una proporción de arena considerable, disminuyen la sección útil del canal originando importantes gastos de

explotación al tener que limpiar periódicamente el canal. Con el decantador se trata de eliminar únicamente las arenas de forma que los fangos y arcillas fertilizantes que comúnmente transporta el Duero puedan incorporarse a los terrenos que han de regarse.

Se situó el decantador seguidamente de la estación de bombeo en la zona en la que la existencia de un desagüe al río permitía el emplazamiento de un canal de descarga de poca importancia.



Fotografía N° 10. Laberinto de decantación.



Fotografía N° 11. Entrada del laberinto de decantación.

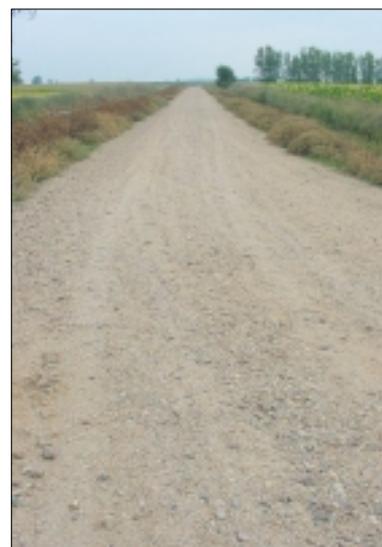
La red dispone de varios dispositivos de descarga para poder vaciar rápidamente el canal en caso de avería en alguno de los tramos. El Canal de Villaralbo cuenta con dos compuertas de 0,65 m de anchura y 1,50 de altura, y los de Moraleja y Madridanos con una compuerta de 0,50 m por 1 m cada uno.

El decantador dispone de compuertas de 0,80 m de anchura por 0,80 m de altura.

8.4. Red de caminos

Recorren la zona regable una serie de carreteras principales de 6 m de ancho, con firme bituminoso y en buen estado de conservación. El primero de ellos es la carretera de Zamora a Peleagonzalo, atraviesa el municipio de Villaralbo, y recorre toda la zona, en sentido longitudinal. Hacia el sudoeste, nos encontramos la carretera de Zamora a Cañizal, y en el este de la zona, atravesando Madridanos, se ubica la carretera de Moraleja a Madridanos, que se dirige hacia el sur, y el llamado camino del Molino, que parte hacia el norte.

Anexa a esta, existe una amplia red de caminos agrícolas de servicio a las explotaciones y redes de riego, entre las cuales cabe destacar el camino a Madridanos, por ir paralelo al Canal de Villaralbo en su mayoría, el camino de Bamba a Madridanos, porque pone en comunicación estas dos localidades y otros como el camino del Desagüe, el camino de la Casa de Máquinas, el de la Granja o el del Canal.



Fotografía N° 12. Camino de Villaralbo.



8.5. Instalación eléctrica

Se construyó una estación reductora de 1.500 kVA de relación 44.000/13.200 con objeto de poder suministrar a este voltaje energía a las estaciones elevadoras de Virgen del Aviso y de Madridanos-Moraleja. Esta estación está emplazada en la margen derecha del Duero a unos 3 km de la estación elevadora de Virgen del Aviso y otros 2,5 km más de la de Madridanos-Moraleja. La línea de transporte desde la estación reductora hasta la elevación de Virgen del Aviso, conduce 1.162 kVA y tiene una longitud de 2,9 km, cable de aluminio de 25 mm² y vanos de 70 m. La conducción hasta la segunda elevación transporta 262 kVA con una longitud de 2,4 km siendo necesaria una línea de conductor de aluminio de 10 mm². En la estación elevadora de Virgen del Aviso hay dos transformadores de 250 kVA y un transformador de 900 kVA, mientras que en la de Madridanos-Moraleja sólo uno de 800 kVA.

9. AGRONOMÍA Y CULTIVOS

La Zona Regable de Virgen del Aviso cuenta con una superficie regable de 1.889,26 ha, según datos proporcionados por la Comunidad de Regantes durante la campaña de riego estudiada (2002), de la cual una cuarta parte no se ha dedicado al cultivo de regadío.

Tabla n° 9.1: SUPERFICIE DE RIEGO (ha)

Regadío	1.235,09
Secano	240,18
Barbecho	223,81
Otros usos	125,19
Abandono	64,99
Total	1.889,26

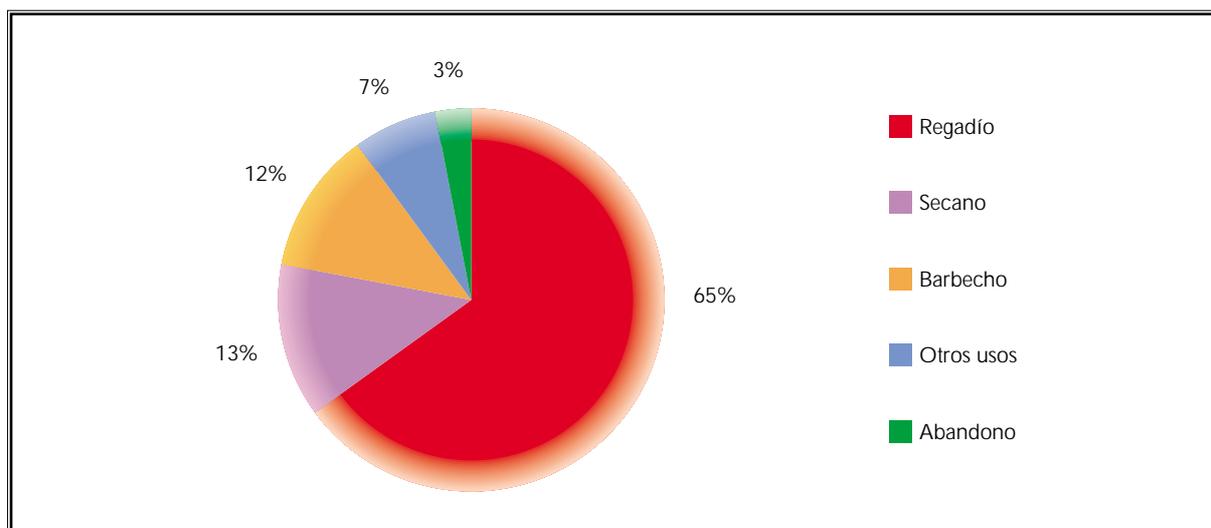


Fotografía N° 13. Vista panorámica de la zona regable.

Respecto a la superficie regada en el año 2002, como ya se comentó anteriormente, debido a la escasez de lluvias, la Comunidad de Regantes sólo ha permitido sembrar en regadío el 60 % del total de la superficie regable. El cultivo del cereal de regadío no se ha visto afectado ya que las peticiones de agua se realizan fuera de los meses estivales de demanda máxima para el resto de los cultivos, en los que se ha considerado necesario restringir el consumo.

Por esta circunstancia la superficie puesta en regadío ha disminuido en relación a otros años y se ha inducido un incremento del porcentaje de barbecho y de secano respecto del total de la superficie regable.

Figura N° 7: SUPERFICIE DE RIEGO (%)



Algunas parcelas que no han cumplido la normativa impuesta han sido sancionadas con un recargo del 60% sobre la cuota del agua de riego aplicada en función del cultivo.

Los cultivos más representativos de la zona regable son el maíz, el trigo, el girasol y la remolacha. Aunque en menor proporción, también se cultiva cebada, alfalfa, pradera, habas forrajeras, chopos...

A continuación se detallan las superficies dedicadas a cada cultivo en % y en hectáreas.

Figura N° 8: PORCENTAJE DE SUPERFICIE DEDICADA A CADA CULTIVO EN LA ZONA REGABLE

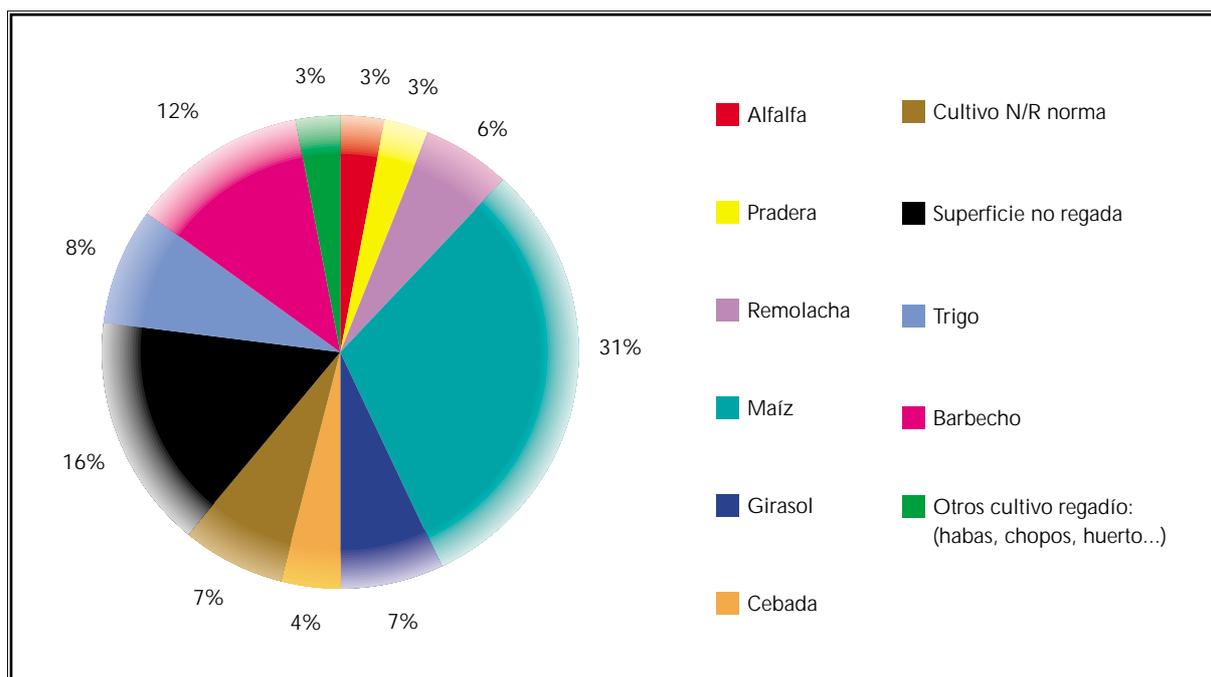


Tabla nº 9.2: SUPERFICIE DE CULTIVO

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)
Alfalfa	49,38
Pradera	59,05
Remolacha	108,59
Maíz	598,08
Girasol	133,23
Cebada	81,02
Trigo	157,81
Barbecho	223,81
Otros cultivos regadío (habas, chopos,...)	47,93
Cultivo N/R norma*	126,45
Superficie no regada	303,91

(*) Cultivo N/R norma indica la superficie no regada debido a la normativa impuesta por la Comunidad de Regantes en la campaña de riego estudiada, a causa de la escasez de recursos hídricos.

El maíz es el cultivo predominante en la zona y ocupa un tercio de la superficie regable. Suele cultivarse un ciclo 600 mediante riego a pie. Únicamente se riega por aspersión aproximadamente un 30 % de la superficie dedicada al cultivo de la alfalfa. El resto de la zona regable emplea el sistema de riego por gravedad, salvo algún caso excepcional (por ejemplo en la campaña 2002, entre todas las parcelas de maíz una sola regó por aspersión).

Se han realizado encuestas a distintos agricultores de la Comunidad de Regantes sobre las características agronómicas de cada tipo de cultivo representativo de la Zona Regable de Virgen del Aviso. Dichas encuestas se resumen en los cuadros siguientes.

Tabla nº 9.3: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE REMOLACHA CON RIEGO A PIE. ENCUESTA Nº 1. AGRICULTOR DE VILLARALBO

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	REMOLACHA CON RIEGO A PIE	
Superficie de parcela	0,87 ha	
Preparación del terreno	Diciembre ⇔ 1 pase de vertedera	
	Antes de la siembra ⇔ 1 pase de cultivador en febrero. Otros 2 pases en marzo.	
Siembra	Fecha	Mediados de marzo
	Dosis	120.000 semillas/ha, para obtener 80.000 plantas/ha
	Sistema	Sembradora de precisión. 15 cm entre golpes y 50 cm entre líneas
Riegos	Sistema	Riego a pie.
	Temporada	5 riegos/campaña. 1 riego cada 15 días a partir de mediados de junio.
	Dosis	10.000 m ³ /ha en toda la campaña
Abono	Sementera	1.000 kg/ha de NPK 8-15-15 o 15-15-15 8-15 días antes de la siembra
	Cobertera	600 kg/ha de abono nitrogenado al 27% antes del 1 ^{er} riego a mediados de junio
Tratamiento herbicida	Fecha	3 tratamientos: el 1º tras la siembra, otro 20 días después y el 3º 8-15 después.
	Dosis	Goltix, Piramin y Piracur. 1 l/ha de cada producto. Para los cardos 0,3 l/ha de Lontrel.
Recolección	Fecha	Entre octubre y diciembre según climatología.
	Producción	75.000 kg/ha
Venta del producto	Precio	48 €/kg (con 16º brix)
	Comprador	Azucarera en Toro
Notas	Su parcela se encuentra en «Los Lláganos». El terreno es ligero	



Fotografía Nº 14. Parcela de remolacha con riego a pie.

Tabla nº 9.4: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ CON RIEGO A PIE. ENCUESTA Nº 2. AGRICULTOR DE VILLARALBO

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	MAÍZ CON RIEGO A PIE	
Superficie de parcela	2 ha	
Preparación del terreno	Diciembre: 1 pase de vertedera Antes de la siembra: 3 pases de cultivador	
Siembra	Fecha	1ª quincena de abril
	Dosis	84.000 pl/ha
	Sistema	Sembradora de precisión 17 cm entre golpes y 70 cm entre líneas
Riegos	Sistema	Riego a pie
	Temporada	6-7 riegos/campaña Intervalo entre riegos: cada 15 días
	Dosis	11.000 m ³ /ha en toda la campaña
Abono	Sementera	1.000 kg/ha de NPK 8-15-15 1 semana antes de la siembra
	Cobertera	600 kg/ha de abono nitrogenado al 27% 1-2 semanas antes del 1 ^{er} riego a mediados de junio
Tratamiento herbicida	Fecha	3 tratamientos: el 1º tras la siembra, otro 20 días después y el 3º 8-15 después
	Dosis	Trophy super: 3 l/ha tras la siembra En casos de falta de lluvias: 2,4-D 0,6 l/ha en estado de 2 hojas.
Recolección	Fecha	Febrero-marzo
	Producción	9.000 kg/ha
Venta del producto	Precio	0,13 €/kg (con 14% humedad)
	Subvención	432 €/ha
Notas	El maíz se recoge para grano, sólo algunos agricultores que tienen vacuno lo ensilan. Se habla de un 30 % de penalización en la subvención.	



Fotografía N° 15. Parcela de maíz regada a pie.

Tabla nº 9.5: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE GIRASOL CON RIEGO A PIE. ENCUESTA Nº 3. AGRICULTOR DE VILLARALBO

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	GIRASOL CON RIEGO A PIE	
Preparación del terreno	En diciembre 1 pase de vertedera. En febrero antes de la siembra 1 pase de cultivador. Otros 2 pases de cultivador en marzo.	
Siembra	Fecha	Mediados de mayo
	Dosis	84.000 semillas / ha variedad: SEH 25
	Sistema	Sembradora de precisión. 17 cm entre golpes y 70 cm entre líneas
Riegos	Sistema	Riego a pie
	Temporada	2 riegos/campaña comienzo: julio intervalo entre riegos: 20 días.
	Dosis	400 m ³ /ha en toda la campaña
Abono	Sementera	450 kg/ha de NPK 15-15-15, 8-15 días antes de la siembra
	Cobertera	-----
Tratamiento herbicida	Fecha	un tratamiento tras la siembra
	Dosis	Atado 49. 2-2,5 l/ha
Recolección	Fecha Producción	octubre 2.500 kg/ha
Venta del producto	Precio	0,18-0,21 €/kg
	Comprador	Cooperativa Cobadu



Fotografía N° 16. Parcela de girasol.



Fotografía N° 17. Riego a pie en parcela de maíz.

Tabla nº 9.6: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ CON RIEGO A PIE. ENCUESTA Nº 4. GRUPO DE AGRICULTORES DE VILLARALBO

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	MAÍZ CON RIEGO A PIE	
Preparación del terreno	Diciembre ⇨ 1 pase de vertedera. Marzo-abril ⇨ labores de cultivador. Tras nascencia pases entre líneas para levantar surcos y ahorrar en agua (20 días antes del 1 ^{er} riego).	
Variedades	Cecilia, Doñana, Mataró, Landia, G13, Sagra, Castilla	
Siembra	Fecha	Abril
	Dosis	90-95.000 semillas/ha
	Sistema	Sembradora de precisión
Riegos	Sistema	Riego a pie
	Temporada	5 riegos/campaña. 1 riego cada 15 días (1 en junio, 2 en julio y 2 en agosto)
Abono	Sementera	1.000 kg/ha de NPK 8-15-15 o 15-15-15 antes de la siembra se incorpora con cultivador
	Cobertera	600 kg/ha de urea al 46% 15 días antes del 1 ^{er} riego a primeros de junio
Tratamiento herbicida	Fecha	1 tratamientos tras la siembra con alacloro y antracina (4-5 l/ha) 2-4,D: 0,75 l/ha. Se puede mezclar con otros herbicidas
	Dosis	Goltix, Piramin y Piracur. 1 l/ha de cada producto. Para los cardos 0,3 l/ha de Lontrel.
Recolección	Fecha	Entre noviembre y marzo. Se puede recoger seco a partir de febrero. Se ensila poco porque hay pocos ganaderos.
	Producción	9.000 kg/ha
Venta del producto	Precio	0,13 €/kg (seco)
	Subvención	468 €/ha pero esperan penalización porque se han excedido en un 30% de la superficie cultivada permitida.
Notas	No saben el volumen de agua que emplean. Hay tajaderas de muchos tamaños por lo que cada uno tiene distintas referencias en cuanto a tiempos de riego. Opinan que sería mejor regar cada 18 días en lugar de cada 15 pero tienen que coordinarse con otra zona regable. Hacen barbecho de retirada en la zona de Villaralbo porque también cultivan en San Frontis y Canal de San José siendo estas tierras mejores.	

Tabla nº 9.7: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE REMOLACHA CON RIEGO POR ASPERSIÓN. ENCUESTA Nº 5. GRUPO DE AGRICULTORES DE VILLARALBO

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	REMOLACHA CON RIEGO POR ASPERSIÓN	
Preparación del terreno	Diciembre ⇨ 1 pase de vertedera Febrero - marzo ⇨ antes de la siembra varios pases de cultivador.	
Siembra	Fecha	15 marzo
	Dosis	140.000 semillas / ha (para obtener 90-95.000 plantas/ha) precio: 204 €/100.000 plantas
	Sistema	Sembradora de precisión. 17 cm entre golpes y 70 cm entre líneas
Riegos	Sistema	Aspersión. Marco 12 x 15
	Temporada	nascencia: 1 riego/día durante la 1ª semana 1 riego/semana a partir de mediados de mayo hasta el 15-30 de septiembre.
	Dosis	20 l/m ² riegos nascencia 30-32 l/m ² el resto. 4-4,5 h/postura.
Abono	Sementera	1.000 kg/ha de NPK 8-15-15 ó 15-15-15 antes de la siembra que se incorpora con cultivador.
	Cobertera	400 kg/ha de abono nitrogenado al 27% o al 33% a finales de mayo o primeros de junio.
Tratamiento herbicida	Fecha	3 ó 4 tratamientos: 1 en preemergencia: Goltix, Piramin, Trama, 2 en post-emergencia: betanal-off tras nascencia 2 pases separados 8 días, y un último tratamiento de cierre con Lontrel, Benzal y Alacloro.
	Dosis	preemergencia: 1 l/ha de cada componente y 1 kg/ha de piramin post-emergencia: 1,5 l/ha de cada
Recolección	Fecha	A partir de mediados de octubre hasta enero.
	Producción	80-100.000 kg/ha
Venta del producto	Precio	48 €/kg (16º de riqueza)
	Comprador	Azucarera de Toro

Tabla nº 9.8: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE CEREAL CON RIEGO A PIE. ENCUESTA Nº 6. GRUPO DE AGRICULTORES DE VILLARALBO

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	CEREAL CON RIEGO A PIE	
Preparación del terreno	Tras cereal ⇄ vertedera. Tras girasol ⇄ grada de discos.	
Variedades	Trigo blando: Astral, Suasol	
Siembra	Fecha	Noviembre
	Dosis	240-260 kg/ha
	Sistema	Sembradora de precisión.
Riegos	Sistema	Riego a pie.
	Temporada	2 riegos/campaña comienzo: abril intervalo entre riegos: 20 días
	Dosis	la desconocen
Abono	Sementera	600 kg/ha de NPK 15-15-15
	Cobertera	450 kg/ha de nitratos en abril
Tratamiento herbicida	Fecha	2,4-D en preemergencia
Recolección	Fecha	julio
	Producción	4.000-5.000 kg/ha
Venta del producto	Precio	0,16 €/kg pero dicen que este año va a bajar a 0,12 €/kg
	Subvención	288,5 €/ha
Notas	Este grupo de agricultores de Villaralbo forma parte de la Cooperativa Nª Sra de la Asunción que engloba a agricultores de San Frontis y del Canal de San José además de la CR Virgen del Aviso.	

Tabla nº 9.9: CARACTERÍSTICAS DE BARBECHO. ENCUESTA Nº 7. AGRICULTOR DE MADRIDANOS

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	BARBECHO
Preparación del terreno	Tras cosechar cultivo anterior ⇄ vertedera. Cada 20 días una pasada de cultivador o grada en función de la hierba (7-8 pases en total).

Tabla nº 9.10: CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ CON RIEGO A PIE. ENCUESTA Nº 10. AGRICULTOR DE MADRIDANOS

CULTIVO Y SISTEMA DE RIEGO	MAÍZ CON RIEGO A PIE	
Preparación del terreno	Tras cosechar cultivo anterior ⇨ grada de discos. Marzo ⇨ vertedera para incorporar el abono	
Variedades	Ciclos 400-550 Pioner 684, Mataró, Landia	
Siembra	Fecha	Mediados de abril
	Dosis	105.000 semillas/ha
	Sistema	Sembradora de precisión. 14-16 cm entre golpes 55 cm entre líneas
Riegos	Sistema	Riego a pie.
	Temporada	comienzo: 1-15 junio intervalo entre riegos: 15 días
	Dosis	5-6 riegos/campaña duración: 3-4 h/ha
Abono	Sementera	1.000 kg/ha de NPK 8-15-15
	Cobertera	750-800 kg/ha de solución nitrogenada al 27 %.
Tratamiento herbicida	Fecha	en preemergencia, justo después de sembrar.
	Dosis	Terbutrina 49%. 4 l/ha
Recolección	Fecha	15 de noviembre-febrero
	Producción	9.000-12.000 kg/ha
Venta del producto	Precio	0,11 €/kg con humedad media
	Subvención	468 €/ha



Fotografía N° 18. Parcela de remolacha.



Fotografía N° 19. Parcela de cereal.



Fotografía N° 20. Parcela en barbecho.



Fotografía N° 21. Parcela de girasol.

10. VALORACIÓN AGRONÓMICA

De acuerdo con la clasificación agroclimática de Papadakis, establecida en el apartado 5 Climatología, la Zona Regable de Virgen del Aviso presenta un clima Mediterráneo templado, con tipo de invierno Avena fresco (av), tipo de verano Maíz (M), régimen térmico Templado cálido (TE) y régimen hídrico Mediterráneo seco (Me).

J. Papadakis ordena los cultivos en función de sus requisitos térmicos, de invierno y de verano, y su resistencia a las heladas y a la sequía. Tras haber caracterizado el lugar mediante sus condiciones térmicas y merced al orden establecido de los cultivos se puede elaborar el espectro cultural de la zona.

A partir del trabajo «Caracterización agroclimática de la provincia de Zamora» de la Dirección General de Producción Agraria del MAPA, en el cual se realiza una valoración agronómica provincial, se pueden establecer las limitaciones, impuestas por el clima, a los cultivos que componen la alternativa más común de la Zona Regable de Virgen del Aviso (ver tabla 10.1).

Tabla nº 10.1: EXIGENCIAS CLIMÁTICAS DE LOS CULTIVOS

	TIPO INVIERNO	TIPO VERANO	RÉGIMEN HUMEDAD	OBSERVACIONES
Trigo	ti o más suaves	t, o más cálidos	Me o más húmedos o bien riego	Para su siembra en otoño exige inviernos ti o más suaves. Necesita humedad abundante durante el mes que precede y los días que siguen a su espigazón.
Cebada	Tv o más suaves	t, o más cálidos, e incluso P, o A	Me o más húmedos o bien riego	Su resistencia al invierno es intermedia entre el trigo y la cebada. Exigencias en calor más bajas que las del trigo. Un poco más resistente a la sequía que el trigo y la avena.
Maíz		M o más cálidos e incluso T		El periodo de crecimiento no debe ser seco. En caso contrario el rendimiento disminuye, en particular durante la formación del penacho y granazón. Días largos y noches frescas son favorables. Temperaturas >35°C destruyen el polen. Con periodo crítico en el mes que precede a la formación del grano.
Alfalfa	Ti o más suaves			Exigencias en frío comparables a las del trigo. Más exigente en calor que el trébol. Preferible al trébol en clima mediterráneo. Cuando el periodo seco es mayor de 1-2 meses exige riego. Soporta temperaturas > a 40 °C

	TIPO INVIERNO	TIPO VERANO	RÉGIMEN HUMEDAD	OBSERVACIONES
Remolacha azucarera		T, o más cálidos		Las hojas ennegrecen a temperaturas entre -4° y -5° si bien las raíces no son afectadas. Periodo de crecimiento casi húmedo con alternancias de días largos y despejados con noches frescas. Da sus mejores rendimientos con veranos T (trigo más cálido). Cuando el verano es más cálido no se adapta bien y baja el rendimiento cuando las noches son cálidas. Cuando el invierno es Ci o más suave se puede sembrar en otoño. Poco resistente a la sequía.

NOTA: abreviaturas empleadas:

Tipo de invierno

Ec: ecuatorial
 Tp: tropical cálido
 tP: tropical medio
 tp: tropical fresco
 Ct: citrus tropical
 Ci: citrus
 Av: avena cálido
 av: avena fresco
 Tv: trigo avena
 Ti: trigo cálido
 ti: trigo fresco
 Pr: primavera más cálida
 pr: primavera más fresca

Tipo de verano

G: algodón más cálido
 g: algodón menos cálido
 c: cafeto
 O: arroz
 M: maíz
 T: trigo más cálido
 t: trigo menos cálido
 P: polar cálido
 p: polar frío
 F: frígido desér.subgl.
 f: frígido helada perm.
 A: alpino bajo
 a: alpino alto

Regímenes de humedad

HU: siempre húmedo
 Hu: húmedo
 ME: mediterráneo húmedo
 Me: mediterráneo seco
 me: mediterráneo semiárido
 MO: monzónico húmedo
 Mo: monzónico seco
 mo: monzónico semiárido
 St: estepario
 da: desértico absoluto
 de: desértico mediterráneo
 di: desértico isohigro
 do: desértico monzónico

La zona agroclimática que nos ocupa, de tipo av, M, Me, cumple con los requisitos exigidos por los cultivos –cereal de invierno, maíz, remolacha y alfalfa– que forman la alternativa más común en la zona.

Por otra parte, de acuerdo con las exigencias climáticas de los cultivos y con la caracterización agroclimática de nuestra zona de estudio, se ha realizado una valoración agronómica, desde el punto de vista de las especies vegetales que en ella se podrían cultivar.

ZONA av, M, Me			
CULTIVO	ADAPTACIÓN	SIEMBRA	FORMA DE CULTIVO
CEREALES DE GRANO			
CEREALES DE INVIERNO			
Avena	2	op	sr
Centeno	2	op	sr
CEREALES DE PRIMAVERA			
Arroz	0		sr
Sorgo	1	p	sr
Mijo	2	p	sr
LEGUMINOSAS DE GRANO			
Judías secas	2u	p	r
Habas secas	2n	op	sr
Lentejas	2	p	sr
Garbanzos	2	p	sr
Guisantes secos	2	op	sr
Veza	2	op	sr
Almortas	2	op	sr
Altramuz	2	op	sr
TUBÉRC. CONSUM. HUMANO			
Patata	2u	p	r
Batata	2	p	r
Boniato	2	p	r
CULTIVOS INDUSTRIALES			
AZUCARERAS			
Caña de azúcar	0	0	0
TEXTILES			
Algodón	0	0	0
Lino	2u	p	r
Cáñamo textil	2	p	r
OLEAGINOSAS			
Lino	2	p	r
Cáñamo semilla	2	p	r
Cacahuete	0	0	0
Girasol	2	p	sr
Soja	2u	p	r
CONDIMENTOS			
Pimiento pimentón	2h	pv	r
VARIOS			
Tabaco	2	p	r
Achicoria	2	pv	r
CULTIVOS FORRAJEROS			
GRAMÍNEAS			

ZONA av, M, Me			
CULTIVO	ADAPTACIÓN	SIEMBRA	FORMA DE CULTIVO
Cereales invierno forrajeros	2	op	sr
Maíz forrajero	2eu	p	r
Sorgo forrajero	1	p	sr
Lolium	2	op	r
Fleo	2	op	r
Agrostis	2	op	r
Poa	2	op	r
Dactylis	2	op	r
Festuca	2	op	r
Bromus	2	op	r
Phalaris	2	op	r
Paspalum dilatatum	2	p	r
LEGUMINOSAS			
Alfalfa	2	op	r
Veza para forraje	2	op	sr
Trébol	2	op	r
Trifolium hybridum	2	op	r
Trifolium repens	2	op	r
Trifolium pratense	2	op	r
Trifolium subterraneum	2	op	sr
Trifolium alexandrinum	2	p	r
Trifolium incarnatum	2	op	r
RAÍCES			
Nabo forrajero	1	o	r
Remolacha forrajera	2u	p	r
Zanahoria forrajera	2k	opv	r
Chirivia	2	ipv	r
VARIOS			
Col forrajera	2	pv	r
Calabaza	2	p	sr
HORTALIZAS			
DE HOJA O TALLO			
Col	2	pv	r
Berza	2	pv	r
Espárrago	2		r
Apio	2	pv	r
Lechuga	2	pv	r
Escarola	2	T	r
Espinaca	2k	opv	r
Acelga	2	opv	r
Cardo	2	p	r

ZONA av, M, Me			
CULTIVO	ADAPTACIÓN	SIEMBRA	FORMA DE CULTIVO
Achicoria verde	2	pv	r
Endibia	2	pv	r
Borraja	2	v	r
DE FRUTO			
Sandía	2	p	sr
Melón	2	p	sr
Calabaza	2	p	sr
Calabacín	2	p	sr
Pepino	2f	p	r
Pepinillo	2f	p	r
Berenjena	2	pv	r
Tomate	2	pv	r
Pimiento	2h	pv	r
Fresa	2		r
Fresón	2		r
DE FLOR			
Alcachofa	2m		r
Coliflor	2f	pv	r
RAÍCES Y BULBOS			
Ajo	2	op	sr
Cebolla	2u	op	sr
Cebolleta	2u	op	sr
Puerro	2u	op	sr
Remolacha de mesa	2	pv	r
Zanahoria	2k	opv	r
Rábano	2	opv	r
Nabo	2t	op	r
LEGUMINOSAS			
Judías verdes	2u	p	r
Guisantes verdes	2	op	sr
Habas verdes	2n	op	sr
FRUTALES NO CÍTRICOS			
DE PEPITA			
Manzano	2u		r
Peral	2		r
Membrillero	2		r
DE HUESO			
Albaricoquero	2		r
Cerezo	2u		r
Guindo	2		r,

ZONA av, M, Me			
CULTIVO	ADAPTACIÓN	SIEMBRA	FORMA DE CULTIVO
Melocotonero	2		r
Ciruelo	2		r
DE FRUTO SECO			
Almendro	2		sr
Nogal	2mu		r
Avellano	2mu		r
OTROS CULTIVOS			
Vid	2		sr
Olivo	1m		sr
Cafeto	0		
Té	2mu		r

Códigos empleados en la valoración agronómica

- 2 cumple con los requisitos exigidos por el cultivo
- 1 cumple con los requisitos pero con limitaciones
- 0 no se cumplen los requisitos exigidos por el cultivo
- p siembra en primavera
- v siembra en verano
- o siembra en otoño
- i siembra en invierno
- T siembra en las cuatro estaciones del año, optativo
- s cultivo en seco
- r cultivo en regadío

- cuando aparecen las siglas p, v, o, i combinadas entre sí quiere decir que la época de siembra es optativa.
- cuando aparecen las siglas s, r combinadas entre sí, quiere decir que la forma de cultivo es optativa bien porque se puedan dar las dos posibilidades, bien porque dependa de la época de siembra.

- c) temperaturas >29 °C detienen la tuberización
- d) temperaturas > 38 °C disminuyen el rendimiento
- e) temperaturas > 35 °C destruyen el polen
- f) temperaturas > 25 °C limitan la producción
- h) temperaturas > 35 °C limitan la producción
- k) con temperaturas media de las mínimas absolutas anuales (MAM) > -7 °C, en siembra otoñal
- m) con MAM > -7°C
- n) con MAM > -4 °C en siembra otoñal
- t) 1 en siembra otoñal
- u) cuando la media de las mínimas del mes más cálido sea > 20 °C, será 1

11. GESTIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES

En la Zona Regable de Virgen del Aviso el riego es por turnos.

Esta modalidad de riego es una solución propia de las zonas que operan bajo restricciones de agua. Se establecen turnos que siguen las acequias en el sentido aguas abajo y en los que se asigna a cada parcela una duración del riego proporcional a la superficie de regadío. Los guardas acequeros que pertenecen a la Comunidad de Regantes, tienen asignada la tarea de recoger las peticiones de agua y establecer dichos turnos de riego. En los meses de verano el intervalo entre riegos en la zona es de 12 ó 13 días.

La gestión de la Comunidad de Regantes se realiza a través de los órganos siguientes:

- Junta general: está formada por un presidente, distinto del presidente de la junta de gobierno, un vicepresidente y los regantes. Su función es la toma de decisiones concernientes a la Comunidad de Regantes. El presidente es elegido cada cuatro años y según los estatutos, puede ser cualquier propietario que posea una superficie mayor de una hectárea.
- Junta de gobierno: consta de 11 vocales entre los cuales se eligen un presidente, un vicepresidente y el presidente del Jurado de Riegos. Ejecuta las decisiones tomadas por la junta general. Los cargos también son elegidos cada 4 años.
- Jurado de riego: se encargan de evaluar y sancionar, si es el caso, las faltas cometidas por los regantes.
- Secretaría de la Comunidad de Regantes: es responsable de la gestión administrativa de la comunidad: actividad económica y financiera, contabilidad y pagaduría de la comunidad. El cargo de secretario es electo, pero no se renueva necesariamente cada cuatro años.



Fotografía N° 22. Comunidad de Regantes.

Se convocan dos juntas generales al año, que acontecen en los meses de diciembre y abril. Además, hay una junta ordinaria de gobierno cada cuatro meses, pudiendo haber juntas extraordinarias si las solicita el presidente de la junta de gobierno, cualquiera de los regantes o si hay algún motivo que requiera dicha junta.

11.1. Análisis de los costes del agua de riego

El agua se paga por superficie y cultivo. A cada cultivo se le atribuye un precio por hectárea proporcional a sus necesidades hídricas, y el coste total del agua a lo largo de la campaña se reparte entre todos los cultivos declarados. Los importes así calculados se abonan al año siguiente de manera que en el 2002 se paga por los cultivos de la campaña 2001.

Tabla n° 11.1: COSTE DEL AGUA DE RIEGO

CULTIVO	AÑO 2001	AÑO 2002
Alfalfa – pradera – huerto:	239,8 €/ha	263,15 €/ha
Chopos intensivo (riego a manta):	216,02 €/ha	237,11 €/ha
Chopos (riego por surcos):	108,01 €/ha	120,06 €/ha
Remolacha – maíz:	209,75 €/ha	227,37 €/ha
Girasol:	98,56 €/ha	108,35 €/ha
Cereales (trigo, cebada, avena) - habas:	86,54 €/ha	94,07 €/ha
Barbecho	45,07 €/ha	47,48 €/ha

En el cuadro anterior se muestra el coste del agua de riego por hectárea correspondiente a la campaña 2002 y a la del año anterior.

Las parcelas que no cumplieron la normativa impuesta este año de respetar un 40% de la superficie sin regar, en los meses de verano, pudiendo dedicarla a cereal o barbecho, han sido penalizadas con recargos de un 60 % sobre los costes por cultivo anteriormente expuestos (ver tabla 11.2).



Fotografía N° 23. Parcela de remolacha.

Tabla n° 11.2: CUOTA DE AGUA DE LAS PARCELAS CON RECARGO

CULTIVO	COSTE AGUA
Alfalfa	419,23 €/ha
Pradera	419,23 €/ha
Maíz	361,99 €/ha
Girasol	171,55 €/ha

12. DATOS ECONÓMICOS DE LOS CULTIVOS

Se analizan los costes y los ingresos de los cultivos de regadío más relevantes en la zona, que como ya se ha expuesto son el maíz, la remolacha, los cereales y el girasol.

Los datos económicos de los cultivos son el resultado de encuestas realizadas a los regantes de la zona.

En la preparación del terreno, no están incluidos los costes de amortización del tractor. La mayoría de agricultores poseen uno y los aperos necesarios para realizar las labores de preparación del terreno tanto superficiales como profundas.

La mano de obra es familiar y no se ha incluido como coste.

De la misma manera no se ha sumado el coste de arrendamiento de la parcela, en los casos que correspondiera.

No se ha hecho un balance económico, sino simplemente un análisis de la estructura actual que condiciona el disponible familiar de cara a la mejora de las explotaciones.

12.1. Rendimientos de mano de obra y costes del maíz regado a pie

Tabla nº 12.1: RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y COSTES DEL MAÍZ REGADO A PIE

	TIEMPOS DE MANO DE OBRA	COSTES
Preparación del terreno	Labores superficiales: 1,5 h/ha Labores profundas: 2 h/ha (85 cv) 3 h / ha (65 cv).	Labores superficiales: 27 €/ha Labores profundas: 54 €/ha
Siembra	2 h/ha	36 €/ha: alquiler de la sembradora 150-168 €/ha: semilla
Riegos	6 h/ha de riego	Agua: 227,37 €/ha
Abono	Sementera: 0,20 h/ha (1.000 kg/ha de 8-15-15)	0,17 €/kg x 1.000 kg/ha = 170 €/ha
	Cobertera: 0,20 h/ha (800 kg/ha de abono nitrogenado)	0,16 €/kg x 600 kg/ha = 100 €/ha
Recolección	0,8 h/ha	75 €/ha
TOTAL COSTES	860 €/ha	

INGRESOS: 0,11-0,13 €/kg x (10.000 kg/ha).

TOTAL INGRESOS: 1.100-1.300 €/ha.

12.2. Rendimientos de mano de obra y costes de la remolacha regada por aspersión

Tabla nº 12.2: RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y COSTES DE LA REMOLACHA REGADA POR ASPERSIÓN

	TIEMPOS DE MANO DE OBRA	COSTES
Preparación del terreno	Labores superficiales: 1,5 h/ha Labores profundas: 2 h/ha (85 cv) - 3 h / ha (65 cv).	Labores superficiales: 27 €/ha Labores profundas: 54 €/ha
Siembra	2 h/ha	36 €/ha: alquiler de la sembradora 270 €/ha: semilla
Riegos	6 h/ha de riego	Gasóleo: 45 €/ha Agua: 227,37 €/ha
Abono	Sementera: 0,15 h/ha (2 pases)	300 €/ha
	Cobertera: 0,15 h/ha	
Recolección	8 h/ha	270 €/ha
TOTAL COSTES	1.410 €/ha	

INGRESOS: 52,5 €/t x (80 t/ha).

TOTAL INGRESOS: 4.200 €/ha.

12.3. Rendimientos de mano de obra y costes del girasol regado a pie

Tabla nº 12.3: RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y COSTES DEL GIRASOL REGADO A PIE

	TIEMPOS DE MANO DE OBRA	COSTES
Preparación del terreno	Labores superficiales: 1,5 h/ha Labores profundas: 2 h/ha (85 cv) 3 h/ha (65 cv).	Labores superficiales: 27 €/ha Labores profundas: 54 €/ha
Siembra	2 h/ha	36 €/ha: alquiler de la sembradora 42 €/ha: semilla
Riegos	6 h/ha de riego	Agua: 108,35 €/ha
Abono	0,20 h/ha	500 kg/ha del 8-15-15 500 x 0,17 €/kg = 85 €/ha
Recolección	0,75 h/ha	60 €/ha
TOTAL COSTES	415 €/ha	

INGRESOS: 0,25 €/kg x (2.800-3.000 kg/ha).

TOTAL INGRESOS: 700-750 €/ha.

12.4. Rendimientos de mano de obra y costes del cereal con riego a pie

Tabla nº 12.4: RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y COSTES DEL CEREAL CON RIEGO A PIE

	TIEMPOS DE MANO DE OBRA	COSTES
Preparación del terreno	Labores superficiales: 1,5 h/ha Labores profundas: 2 h/ha (85 cv) 3 h/ha (65 cv).	Labores superficiales: 27 €/ha Labores profundas: 54 €/ha
Siembra	2 h/ha	36 €/ha: alquiler de la sembradora + semilla
Riegos	6 h/ha de riego	Agua: 94,07 €/ha
Abono	0,25 h/ha	Sementera: 500 kg/ha del 8-1-15 x 0,17 €/kg = 85 €/ha Cobertera: 200 kg/ha de N x 0,16 €/kg = 32 €/ha
Herbicidas	0,25 h/ha	6 €/ha de 2,4-D
Recolección	0,75 h/ha	60 €/ha
TOTAL COSTES	395 €/ha	

Cebada:

INGRESOS: 0,11 €/t x (5.000 kg/ha).

TOTAL INGRESOS: 550 €/ha.

Trigo:

INGRESOS: 0,12 €/t x (7.000 kg/ha).

TOTAL INGRESOS: 840 €/ha.

Tras la estimación realizada de los costes e ingresos de los cultivos de regadío más representativos de la zona, la remolacha aparece como el cultivo más rentable con diferencia, seguido del maíz y del trigo que presentan márgenes de beneficio similares. El tercer lugar le corresponde al girasol. Por último la cebada, que ocupa 80 hectáreas de la superficie regable, destaca por la poca rentabilidad del mismo. El disponible familiar obtenido a partir de un cultivo de trigo triplica al valor de éste en el caso de la cebada.

13. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Para estudiar la eficiencia del riego se han considerado tres tipos diferentes de eficiencias atendiendo a las variables que se evalúan. Las eficiencias de conducción y de distribución, estiman el estado de las canalizaciones, tanto de la red principal, que en el caso de la zona regable consta de un único canal principal, el Canal de Villaralbo, como de la secundaria y terciaria.

Además de estas eficiencias, también se estima otra relacionada con el grado de aprovechamiento del agua por parte del cultivo, que comúnmente se denomina eficiencia de aplicación (E_a).

13.1. Eficiencia de los sistemas de distribución del agua de riego

Las eficiencias de conducción y de distribución son una estimación de las pérdidas que se producen en el transporte del agua en la red de riego. Para ello se compara el valor del caudal medido en dos puntos de la acequia a lo largo de un tramo significativo de la misma, por lo que la estimación de la eficiencia en % responde a la ecuación:

$$E_d = 100 - \frac{Q_e - Q_s}{Q_e} * 100$$

siendo Q_e y Q_s los caudales de entrada y salida en el tramo evaluado.

Cuando en el tramo de conducción evaluado hay parcelas regando, al caudal de entrada se le restan los caudales derivados.

Estos caudales se miden mediante el método sección-velocidad, es decir, a partir de los valores de estas variables. La sección de las conducciones se obtiene a partir de la medición de los parámetros geométricos de la sección del flujo del agua. Es necesario destacar que en ocasiones cuando el estado de las infraestructuras es deficiente la toma de estos datos ofrece dificultad ya que los taludes y la solera presentan grandes irregularidades.

Para la medición de la velocidad del agua se utiliza un molinete de tamaño adecuado a los caudales transportados por las acequias.

Las mediciones se llevan a efecto siguiendo las siguientes pautas:

1. Si el ancho superficial del flujo del agua es inferior a 1 m, se mide la velocidad del agua sobre la vertical correspondiente al eje de simetría de la conducción (figura A).

En caso de que la anchura superficial del agua sea superior a 1 m se han de tomar dos verticales situadas al 25 y al 75% de la misma (figura B). Opcionalmente, se podrán tomar las medidas sobre el eje de simetría de la conducción, cuando exista alguna estructura de paso de un lado a otro de la conducción.

2. La profundidad a la que se introduce la hélice del molinete es la correspondiente al 40% del calado, medido desde la solera, cuando éste es inferior a 0,5 m (figura A y B). En caso de que esta profundidad sea superior a dicho valor se habrá de tomar otra medida localizada en este caso al 60% (figuras C, D y E).

En el siguiente gráfico se recogen los diferentes casos que pueden darse:

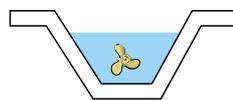


Figura A

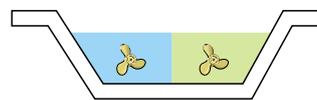


Figura B

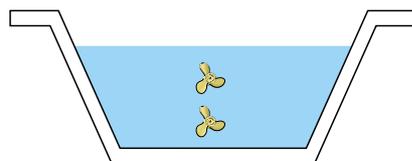


Figura C

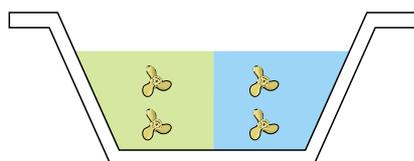


Figura D

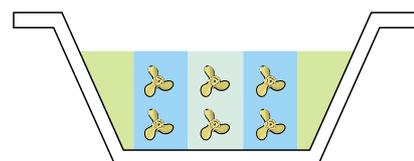


Figura E

Los colores de las porciones de sección que aparecen en las figuras representan las áreas asociadas a cada una de las mediciones de velocidad. Así pues, el cálculo de los caudales se hace como suma de los medidos en cada una de las áreas señaladas, aplicando la fórmula: $Q = v \cdot S$, siendo v la velocidad de flujo y S la sección.

El caso más complejo de los señalados, que además no ha sido mencionado anteriormente es aquél en el que el calado es superior a 50 cm y la anchura superficial del agua a 100 cm. Para este caso se ha comentado la necesidad de establecer cuatro mediciones, dos por cada vertical establecida (figura D). Si la estructura del canal lo permite, por ejemplo, por la existencia de una plataforma que permite pasar al lado opuesto del canal, se puede establecer una tercera vertical en la que realizar otras dos medidas, esto es, las correspondientes al 40 y al 60% del calado en ese punto (figura E). El caudal en las áreas triangulares extremas se obtiene multiplicando dicha sección por 0,85 veces la media de las velocidades tomadas en la vertical de la sección contigua.

Para definir correctamente la eficiencia de conducción o distribución de las acequias, las pérdidas han de estar referidas a una determinada distancia, ya que cuanto mayor sea dicha distancia, las pérdidas irán incrementándose más o menos en proporción directa. Así pues, la eficiencia se expresa en función de un porcentaje de caudal perdido por km recorrido. Dicha eficiencia responde a la fórmula:

$$E_d = 100 - \frac{\frac{Q_e - Q_s}{Q_e} * 100}{\text{Longitud (km)}}$$

13.1.1. Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción se ha calculado para el Canal de Villaralbo siendo esta la conducción principal que abastece por un lado al Canal de Moraleja-Madridanos y por otro directamente a una gran parte de la zona regable.

Tabla nº 13.1: EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN. CANAL DE VILLARALBO

Medida	Caudal medido en la conducción principal (l/s)	Caudal medido en derivación (l/s)	Pérdidas en tramo de conducción (l/s)	Pérdidas en tramo de conducción (%)	Longitud tramo (m)	Pérdidas por km de conducción (%)	Eficiencia conducción por km (%)
1	1.717,2	-	275,0	16,0	1.530,9	10,46	89,54
2	1.442,2	-					
3	322,4	-	46,4	14,4	843	17,1	82,9
4	-	57,23 (en A32)					
5	-	36,52 (en A33)					
6	182,2	-					

Se han realizado medidas en dos tramos, entre las medidas 1 y 2, y entre la 3 y la 6.

Las pérdidas por tramo de conducción se calculan como caudal entrante menos caudal saliente, y si hay derivaciones menos el caudal derivado.

El porcentaje de pérdidas por tramo es el cociente entre las pérdidas por tramo y el caudal entrante en el tramo.

El porcentaje de pérdidas por km de conducción se obtiene al dividir porcentaje de pérdidas por tramo por la longitud del tramo en km.

Finalmente la eficiencia de conducción por km se ha calculado como la diferencia entre el 100% y el % de pérdidas por km de conducción.

En el plano nº 4 se pueden consultar las medidas realizadas para la evaluación del sistema de distribución del agua de riego.

13.1.2. Eficiencia de distribución

La eficiencia de distribución se ha calculado para:

- Canal de Madridanos.
- Acequia A-48 y A-48.3.
- Acequia A-31 y A-31.2.

El Canal de Madridanos en su parte final pasa a ser una acequia. El cambio de sección se produce en el tramo comprendido entre las medidas 17 y 18. Los resultados de las evaluaciones reflejan un gran contraste en el estado de esta conducción, con un 15% de pérdidas en el canal mientras que en el tramo de acequia superan el 40% en el tramo estudiado de 380 m.

Las diferencias en las eficiencias tan notables para distintos tramos de una misma conducción son debidas principalmente a sifones en los que las pérdidas son claramente visibles, a tajaderas que estando cerradas permiten el paso de una lámina de agua considerable, y a grietas en el revestimiento (ver apartado 14 Estado actual de las infraestructuras).



Fotografía N° 25. Acequia A.48-3.



Fotografía N° 24. Tramo inicial del Canal de Madridanos.



Fotografía N° 26. Acequia A.31-2.

Tabla nº 13.2: EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN. CANAL DE MADRIDANOS

Medida	Caudal medido en la conducción principal (l/s)	Caudal derivado a acequia o parcela (l/s)	Parcela	Pérdidas en tramo de conducción (l/s)	% Pérdidas en tramos de conducción (%)	% Pérdidas total por tramo	Longitud tramo (m)	Pérdidas por km (%)	Eficiencia de distribución por km (%)
13	311,2	-	-	-	-	-	-	-	-
14	282,3	-	-	-	-	-	-	-	-
15	255,7	-	-	65,6	21,1	21,1	1.304,9	16,1	83,9
16	245,7	56,3	1.760	-	-	-	-	-	-
17	189,3	-	-	-	-	-	-	-	-
18	189,6	18,1	1.779	24,5	14,3 (tramo 19-20)	-	-	-	-
19	171,5	-	-	-	-	-	-	-	-
20	147,0	35,8	1.780-1.781 1 ^{er} bancal	-	-	-	-	-	-
21	111,2	79,8	1.780-1.781 3 ^{er} bancal	3,9	12,3 (tramo 22-23)	16,5	380,2	43,5	56,5
22	31,4	-	-	-	-	-	-	-	-
23	27,5	27,5	1.649	-	-	-	-	-	-

Tabla nº 13.3: EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN. ACEQUIAS A-48 Y A-48.3

Medida	Caudal medido en la conducción principal (l/s)	Caudal derivado a acequia o parcela (l/s)	Parcela	Medidas tomadas sobre	Pérdidas en tramo de conducción (l/s)	% Pérdidas en tramo de conducción	Longitud tramo (m)	Pérdidas por km (%)	Eficiencia distribución por km (%)
24	242,6	-	-	A-48	13,4	5,5	576,0	9,6	90,4
25	231,1	63,7	1710						
26	167,4								
27	68,9	22,5	1.568-1.569	A-48.3					
28	-	76,0	-	A-48.2					
29	67,0	67,0	1.566	A-48.3					

Tabla nº 13.4: EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN. ACEQUIAS A-31 Y A-31.2

Medida	Caudal medido en la conducción principal (l/s)	Caudal derivado a acequia o parcela (l/s)	Parcela	Medidas tomadas sobre	Pérdidas en tramos de conducción (l/s)	% Pérdidas en tramo de conducción	Longitud tramo (m)	Pérdidas por km (%)	Eficiencia distribución por km (%)
7	201,5	-	-	A-31	37	18,4	585,76	31,37	68,62
8	180,4	-	-						
9	54,2	-	-	A-31.2					
10	50,1	-	-						
11	46,7	-	-						
12	38,3	-	-						

13.2. Eficiencia de aplicación

Se han elegido una serie de parcelas que han sido regadas durante la campaña 2002 y en las que se ha cultivado maíz, remolacha y pradera, que son los cultivos más representativos de la zona regable. No se han evaluado las parcelas de cereal ni de girasol puesto que sólo han recibido riegos de apoyo y son poco significativas. Dado que el año ha sido muy seco y que los embalses no han almacenado agua suficiente, la Comunidad de Regantes tuvo que aprobar una norma en febrero de 2002 por lo que en la actual campaña sólo se permitiría sembrar el 60% de la superficie regable de regadío. Por este motivo el girasol no se ha regado prácticamente durante esta campaña.

Para calcular la eficiencia de aplicación se estima el agua servida en parcela midiendo sobre la acequia los caudales anterior y posterior a la tajadera abierta que permite la entrada de agua en parcela.

El agua consumida realmente por los cultivos debería ser obtenida hallando otras pérdidas como percolación, evaporación, arrastre por viento... pero la dificultad de su determinación obliga a calcularla mediante métodos indirectos.

A continuación se describen los pasos a seguir para la realización de la evaluación de una parcela, regada a pie o por aspersión.

El procedimiento es el siguiente:

Se eligen parcelas representativas, localizadas en distintas acequias de la zona regable o sector que se va a evaluar. Para cada una de ellas se anota:

- nº de parcela.
- Nombre del propietario
- Cultivo y sistema de riego
- Superficie de la parcela
- Duración y frecuencia del riego

Posteriormente con un molinete aforador de caudales, se mide la velocidad que lleva el agua a su paso por una sección, que sea uniforme, representativa y alejada de puntos singulares como pueden ser arquetas, resaltos e incluso roturas que se puedan encontrar. Esta velocidad multiplicada por la sección de la acequia, sección facilitada por el fabricante o bien medida en campo, da el caudal que está pasando en un intervalo de tiempo. Se afora en dos puntos: en la parte del canal aguas arriba de la toma de la bomba o de la arqueta, y aguas abajo. Mediante la diferencia de ambos caudales, obtenemos el caudal entrante en parcela.

En la siguiente tabla se resumen para las distintas parcelas evaluadas, los caudales de entrada, la duración del riego y la lámina aplicada. Además se detalla el nº de parcela, la conducción que le sirve el agua, el cultivo, el sistema de riego y el tipo de suelo de acuerdo con la nomenclatura empleada en el apartado de suelos ya que esto condicionará la capacidad de retención del agua y el agua disponible para la planta.

Se han tomado medidas del caudal instantáneo entrante en parcela. Conociendo la duración del riego y el intervalo entre riegos se puede calcular la dosis aplicada por riego, así como el total aplicado mes a mes que posteriormente se comparará con las necesidades hídricas mensuales de los cultivos para hallar las eficiencias de aplicación.

Tabla n° 13.5: DATOS RELATIVOS A LAS PARCELAS EVALUADAS

	Parcela	Caudal de entrada (l/s)	Canal	Duración del riego (h)	Superficie parcela (ha)	Dosis aplicada (m ³)	Lámina aplicada (mm)
Maíz Riego a pie Suelo 3	1.653	23,9	Madridanos	18	2,3	1.547,9	66,3
	896	19,6	Villaralbo	30	4,3	2.118,3	48,9
	1.780-81/ 1 ^{er} y 3 ^{er} bancal	115,6	Madridanos	14	3,6	5.826,2	159,0
	1.649	27,5	Madridanos	3,5	0,8	346,5	41,7
Maíz Riego a pie Suelo 4	1.710	63,7	A-48	4	0,7	917,3	137,6
	1.568	22,5	A-48	12	0,9	973,3	105,8
	1.566	67,0	A-48	11	1,8	2651,2	144,6
	1.502	57,9	A-48-3 .bis	3,5	1	729,5	72,9
	1.519	90,1	A-48-2	28,5	6,6	9.251,4	138,8
	1.288	44,8	A-31-2	21	3	3.392,9	113,1
	1.588	40,6	A-48-1	8	1,7	1.169,6	68,8
Maíz Riego a pie Suelo 5	2.029- 1.556 (sólo una parte)	28,8	A-48-3 . X	16	2,8	1660,7	58,6
	1.498	27,63	A-48-3 .bis	15	2	1.492,2	74,6
Remolacha Aspersión Suelo 3	1.100-1.098	40,8	Villaralbo	24	9	3.530,7	39,2
	1.298/99- 1.300/01- 2.004	29,8	Villaralbo	28	5,5	3.007,4	53,9
Pradera Riego a pie Suelo 3	1.760	56,3	Madridanos	24	1,7	4.864,3	284,5
	1.779	18,1	Madridanos	23	3	1.498,7	49,9

Las parcelas evaluadas se han representado en el plano n° 5 del anejo correspondiente.

Para el cálculo de las necesidades de riego se han realizado los balances hídricos para cada cultivo en función del tipo de suelo, que se detallan a continuación.

Tabla n° 13.6: BALANCE HÍDRICO PARA EL MAÍZ EN SUELO 3

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
P (mm)	35	37	36	16	10	29	35
Etc	0	64,3	124,6	198,2	179	109,9	42,3
P-Etc	35	-27,3	-88,6	-182,2	-169	-80,9	-7,3
$R_{i-1}+P_i-ETC_i$	71,6	9,3	-79,3	-182,2	-169	-80,9	-7,3
R	36,6	9,3	0,0	0	0	0	0
VR	0,0	-27,3	-9,3	0	0	0	0
Etr	0,0	64,3	45,3	16	10	29	35
F	0,0	0,0	79,3	182,2	169	80,9	7,3

Siendo:

P: la precipitación.

Etc: la evapotranspiración del cultivo.

R: la reserva de agua en el suelo.

VR: la variación de la reserva.

Etr: la evapotranspiración real.

F: la falta de agua.

Las necesidades de agua del maíz son las que compensan la falta de agua que se calcula como la suma de los valores de F de cada mes.

Necesidades Maíz (suelo 3)= 518,69 mm.

Las necesidades en m³ por hectárea son: **5.186,9 m³/ha.**

Tabla n° 13.7: BALANCE HÍDRICO PARA EL MAÍZ EN SUELO 4

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
P (mm)	35	37	36	16	10	29	35
Etc	0	64,3	124,6	198,2	179	109,9	42,3
P-Etc	35	-27,3	-88,6	-182,2	-169	-80,9	-7,3
$R_{i-1}+P_i-ETC_i$	109	46,7	-41,9	-182,2	-169	-80,9	-7,3
R	74	46,7	0	0	0	0	0
VR	0	-27,3	-46,7	0	0	0	0
Etr	0	64,3	82,7	16	10	29	35
F	0	0	41,9	182,2	169	80,9	7,3

Necesidades Maíz (suelo 4) = 481,3 mm.

Las necesidades en m³ por hectárea son: **4.813 m³/ha.**

Tabla n° 13.8: BALANCE HÍDRICO PARA EL MAÍZ EN SUELO 5

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
P (mm)	35	37	36	16	10	29	35
Etc	0	64,3	124,6	198,2	179	109,9	42,3
P-Etc	35	-27,3	-88,6	-182,2	-169	-80,9	-7,3
$R_{i-1}+P_i-ETC_i$	89,2	26,9	-61,7	-182,2	-169	-80,9	-7,3
R	54,2	26,9	0,0	0	0	0	0
VR	0,0	-27,3	-26,9	0	0	0	0
Etr	0,0	91,2	62,9	16	10	29	35
F	0,0	0,0	61,7	182,2	169	80,9	7,3

Necesidades Maíz (suelo 5) = 501,1 mm.

Las necesidades en m³ por hectárea son: **5.011 m³/ha.**

Tabla n° 13.9: BALANCE HÍDRICO PARA LA REMOLACHA EN SUELO 3

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
P (mm)	25	35	37	36	16	10	29	35
Etc	0	99,8	129,9	167,8	189,2	161,3	64	37,9
P-Etc	25	-64,8	-92,9	-131,8	-173,2	-151,3	-35	-2,9
$R_{i-1}+P_i-ETC_i$	49,2	-40,5	-92,9	-131,8	-173,2	-151,3	-35	-2,9
R	24,2	0	0	0	0	0	0	0
VR	0	-24,2	0	0	0	0	0	0
Etr	0	59,2	37	36	16	10	29	35
F	0	40,5	92,9	131,8	173,2	151,3	35	2,9

Necesidades remolacha (suelo 3) = 627,66 mm.

Las necesidades en m³ por hectárea son: **6.276,6 m³/ha.**

Tabla n° 13.10: BALANCE HÍDRICO PARA LA PRADERA EN SUELO 3

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P (mm)	40	41	25	35	37	36	16	10	29	35	48	36
Etc	22,1	36,8	71,2	94,8	117,5	151,8	171,2	153,2	101,4	59,9	32,4	22,1
P-Etc	17,9	4,2	-46,2	-59,8	-80,5	-115,8	-155,2	-143,2	-72,4	-24,9	15,6	13,9
$R_{i-1}+P_i-ETC_i$	18,3	22,5	-27,9	-59,8	-80,5	-115,8	-155,2	-143,2	-72,4	-24,9	15,6	29,4
R	18,3	18,3	0	0	0	0	0	0	0	0	15,6	18,3
VR	0	0	-18,3	0	0	0	0	0	0	0	15,6	2,6
Etr	22,1	36,8	43,3	35	37	36	16	10	29	35	48	22,1
F	0	0	27,9	59,8	80,5	115,8	155,2	143,2	72,4	24,9	0,0	0

Necesidades pradera (suelo 3) = 679,72 mm.

Las necesidades en m³ por hectárea son: **6.797,2 m³/ha.**

En la tabla 13.11 se resumen los valores de lámina aplicada por parcela, resultantes de las medidas de caudales instantáneos realizadas en campo, así como las pérdidas por escorrentía y percolación profunda obtenidas de la resta del agua útil (ver apartado 6. Suelos) a la lámina aplicada.

A continuación se detallan las eficiencias de aplicación para las distintas parcelas estudiadas.

Tabla n° 13.11: LÁMINA DE RIEGO APLICADA POR PARCELA Y PÉRDIDAS EN LA APLICACIÓN

		PARCELAS	LÁMINA APLICADA (mm)	PERCOLACIÓN PROFUNDA ESCORRENTÍA (mm)
Maíz Riego a pie	Suelo 3	1.653	66,3	29,7
		896	48,9	12,3
		1.780-1.781 (1 ^{er} y 3 ^{er} bancales)	159,0	122,4
		1.649	41,7	5,1
	Suelo 4	1.710	137,6	63,6
		1.566	144,6	70,6
		1.502	73,0	0,0
		1.519	138,8	64,8
		1.588	68,8	0,0
	Suelo 5	1.568	105,8	31,8
		1.288	113,1	39,1
		2.029-1.556 (sólo una parte)	58,6	4,4
		1.498	74,6	20,4
Remolacha. Riego a pie Suelo 3	1.100-1.098	39,2	15,0	
	1.298-1.299-1.300-1.301-2.004	53,9	29,7	
Pradera. Riego a pie Suelo 3	1.760	284,5	266,1	
	1.779	50,0	31,6	

La eficiencia de aplicación del agua de riego en parcela (E_a) es la relación entre las necesidades de agua del cultivo y lo que el agricultor aplica en parcela. De la lámina aplicada, el cultivo puede aprovechar como mucho la lámina equivalente al agua útil, que representa la capacidad de almacenamiento del suelo. Por lo tanto, E_a se calcula como el cociente entre la lámina requerida y la lámina aplicada. De esta manera, con la eficiencia de aplicación se pretenden evaluar las pérdidas de agua debidas al riego en parcela.

La eficiencia de aplicación del riego alcanza en algunas parcelas el 100% ya que el cultivo es capaz de extraer del suelo el volumen total de agua aportado en el riego. No obstante puede ocurrir que aprovechando al máximo la lámina aplicada, con el riego suministrado no se cubran las necesidades hídricas del cultivo lo cual da lugar a un coeficiente de déficit (C_d) que se calcula de la siguiente manera:

$$C_d (\%) = (1 - \text{lámina aplicada} / \text{lámina requerida}) * 100$$

Tabla n° 13.12: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.653 DE MAÍZ EN SUELO 3

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	E_a (%)	C_d (%)
Junio	1	79,3	79,3	36,6	36,6	66,3	55,2	-
Julio	3	182,2	60,7	36,6	36,6	66,3	55,2	-
Agosto	2	169,0	84,5	36,6	36,6	66,3	55,2	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	36,6	36,6	66,3	55,2	-

La falta de agua se ha calculado anteriormente en los balances hídricos.

Las necesidades de riego son equivalentes a la falta de agua dividida por el nº de riegos.

El agua útil se ha obtenido en el apartado de suelos para cada tipo de suelo (ver tabla 6.13).

La lámina requerida será el menor de los valores entre el agua útil o las necesidades hídricas.

Tabla nº 13.13: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA Nº 896 DE MAÍZ EN SUELO 3

Mes	Nº de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	79,3	79,3	36,6	36,6	48,9	74,9	–
Julio	3	182,2	60,7	36,6	36,6	48,9	74,9	–
Agosto	2	169,0	84,5	36,6	36,6	48,9	74,9	–
Septiemb.	1	80,9	80,9	36,6	36,6	48,9	74,9	–



Fotografía N° 27. Parcela 896.



Fotografía N° 28. Parcela 1780.

Tabla nº 13.14: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA Nº 1.780-1.781 1^{er} y 3^{er} BANCAL DE MAÍZ EN SUELO 3

Mes	Nº de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	79,3	79,3	36,6	36,6	159,0	23,0	–
Julio	3	182,2	60,7	36,6	36,6	159,0	23,0	–
Agosto	2	169,0	84,5	36,6	36,6	159,0	23,0	–
Septiemb.	1	80,9	80,9	36,6	36,6	159,0	23,0	–

Tabla n° 13.15: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.649 DE MAÍZ EN SUELO 3

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	79,3	79,3	36,6	36,6	41,7	87,7	-
Julio	3	182,2	60,7	36,6	36,6	41,7	87,7	-
Agosto	2	169,0	84,5	36,6	36,6	41,7	87,7	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	36,6	36,6	41,7	87,7	-

Tabla n° 13.16: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.710 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	137,6	30,5	-
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	137,6	44,1	-
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	137,6	53,8	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	137,6	53,8	-

Tabla n° 13.17: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.566 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	144,6	29,0	-
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	144,6	42,0	-
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	144,6	51,2	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	144,6	51,2	-

Tabla n° 13.18: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.502 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	73,0	57,4	-
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	73,0	83,2	-
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	73,0	100	1,4
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	73,0	100	1,4

Tabla nº 13.19: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.519 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	Nº de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	138,8	30,2	-
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	138,8	43,8	-
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	138,8	53,3	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	138,8	53,3	-

Tabla nº 13.20: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.588 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	Nº de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	68,8	60,9	-
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	68,8	88,3	-
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	68,8	100	7
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	68,8	100	7

Tabla nº 13.21: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.568 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	Nº de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	31,8	100	24,1
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	31,8	100	47,6
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	31,8	100	57
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	31,8	100	57



Fotografía N° 29. Parcela 1568.



Fotografía N° 30. Parcela 1288.

Tabla n° 13.22: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.288 DE MAÍZ EN SUELO 4

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	41,9	41,9	74,0	41,9	113,1	37,0	-
Julio	3	182,2	60,7	74,0	60,7	113,1	53,7	-
Agosto	2	169,0	84,5	74,0	74,0	113,1	65,4	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	74,0	74,0	113,1	65,4	-

Tabla n° 13.23: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 2.029-1.556 (SÓLO UNA PARTE) DE MAÍZ EN SUELO 5

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	61,7	61,7	54,2	54,2	58,6	92,4	-
Julio	3	182,2	60,7	54,2	54,2	58,6	92,4	-
Agosto	2	169,0	84,5	54,2	54,2	58,6	92,4	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	54,2	54,2	58,6	92,4	-

Tabla n° 13.24: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.498 DE MAÍZ EN SUELO 5

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	61,7	61,7	54,2	54,2	74,6	72,6	-
Julio	3	182,2	60,7	54,2	54,2	74,6	72,6	-
Agosto	2	169,0	84,5	54,2	54,2	74,6	72,6	-
Septiemb.	1	80,9	80,9	54,2	54,2	74,6	72,6	-

Tabla n° 13.25: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.100-1.098 DE REMOLACHA EN SUELO 3

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	131,8	131,8	24,2	24,2	39,2	61,8	-
Julio	3	173,2	57,7	24,2	24,2	39,2	61,8	-
Agosto	2	151,3	75,7	24,2	24,2	39,2	61,8	-
Septiemb.	1	35,0	35,0	24,2	24,2	39,2	61,8	-

Tabla n° 13.26: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.298/1.299-1.300/1.301-2.004 DE REMOLACHA EN SUELO 3

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Junio	1	131,8	131,8	24,2	24,2	53,9	45,0	-
Julio	3	173,2	57,7	24,2	24,2	53,9	45,0	-
Agosto	2	151,3	75,7	24,2	24,2	53,9	45,0	-
Septiemb.	1	35,0	35,0	24,2	24,2	53,9	45,0	-

Tabla n° 13.27: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.760 DE PRADERA EN SUELO 3

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Abril	1	59,8	59,8	18,3	18,3	284,5	6,4	-
Mayo	2	80,5	40,3	18,3	18,3	284,5	6,4	-
Junio	2	115,8	57,9	18,3	18,3	284,5	6,4	-
Julio	3	155,2	51,7	18,3	18,3	284,5	6,4	-
Agosto	2	143,2	71,6	18,3	18,3	284,5	6,4	-
Septiemb.	1	72,4	72,4	18,3	18,3	284,5	6,4	-

Tabla n° 13.28: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO. PARCELA N° 1.779 DE PRADERA EN SUELO 3

Mes	N° de riegos	F (mm)	Necesidades de riego (mm)	Agua útil (mm)	Lámina requerida (mm)	Lámina aplicada (mm)	Ea (%)	Cd (%)
Abril	1	59,8	59,8	18,3	18,3	50	36,7	-
Mayo	2	80,5	40,3	18,3	18,3	50	36,7	-
Junio	2	115,8	57,9	18,3	18,3	50	36,7	-
Julio	3	155,2	51,7	18,3	18,3	50	36,7	-
Agosto	2	143,2	71,6	18,3	18,3	50	36,7	-
Septiemb.	1	72,4	72,4	18,3	18,3	50	36,7	-

Del estudio de las eficiencias de aplicación del agua de riego en parcela se deduce que la dosis de riego aplicada para un cultivo determinado en un mismo tipo de suelo, es muy variable de una parcela a otra, ya que depende del regante. En estas parcelas las dosis de riego deberían ser las mismas y equivalentes a la lámina requerida, es decir, al menor de los valores de agua útil o necesidades hídricas de la planta.

La eficiencia de aplicación calculada pretende reflejar la calidad del riego, valorando la optimización del uso del agua.

Los valores de eficiencia inferiores al 100% indican un exceso de la lámina aplicada y por lo tanto la existencia de pérdidas por escorrentía y percolación profunda.

Cuando la eficiencia de aplicación es del 100% en los casos estudiados, el riego ha resultado ser deficitario ya que aunque el agua suministrada es aprovechada en su totalidad por el cultivo, no se satisfacen las necesidades de agua de la planta. Por una parte no se está aplicando suficiente agua por riego pero además la capacidad de retención de agua del suelo puede ser un factor limitante debiendo en este caso aplicarse dosis siempre iguales o inferiores al agua útil del suelo. El intervalo entre riegos deberá reducirse para dar lugar a un riego con menores dosis y más frecuentes. En otras ocasiones se está suministrando a la parcela menos agua de la que el cultivo requiere y que el suelo es capaz de almacenar debiéndose aumentar la dosis de riego y si fuera necesario el número de riegos para satisfacer las necesidades hídricas de la planta.

Es importante destacar que para eficiencias inferiores al 100%, que reflejan el exceso de agua aplicada por riego, la planta puede tener estrés hídrico ya que de nuevo el suelo puede ser un factor limitante impidiendo que el cultivo disponga del total de agua suministrado.

Por ejemplo la calidad del riego de la parcela nº 2.029-1.556 es buena. El regante aplica una lámina equivalente a la requerida en los distintos riegos a lo largo de la campaña. Sin embargo mientras que la dosis aplicada es la misma en cada riego la falta de agua varía en función del mes siendo necesario aumentar el número de riegos por mes cuando las necesidades del cultivo lo requieran. De junio a septiembre la eficiencia de aplicación es constante todos los meses y equivalente a 92,4% pero mientras que en junio se suministró el 94% de las necesidades de riego, en agosto tan sólo el 69%.

En general es más frecuente en la zona regable el riego en exceso que el deficitario lo que indica que la red actual de distribución tiene capacidad suficiente para suministrar los caudales requeridos en parcela. En ocasiones el sistema de aplicación del agua puede inducir dosis excesivas de riego. Por ejemplo en el caso de la gravedad, en parcelas grandes o alargadas el tiempo de aplicación del agua puede dilatarse en exceso para permitir la distribución uniforme del agua en el terreno, lo que implicaría altas dosis de riego. La aspersion o el goteo son una alternativa a considerar en estos casos.

14. ESTADO ACTUAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Las pérdidas en la red de distribución del agua de riego son significativas como se ha podido comprobar en el estudio de las eficiencias. En determinados tramos de conducción se han obtenido pérdidas por kilómetro de hasta un 40% del caudal.

Los sifones, muy numerosos en la zona regable y necesarios para el cruce de caminos son los elementos constructivos de la red de riego en los que resulta más sencillo detectar dichas pérdidas.



Fotografía N° 31. Pérdidas en sifón en acequia A.31.



Fotografía N° 32. Pérdidas en sifón en acequia A.31.2.



Fotografía N° 33. Pérdidas en sifón. Acequia A.31.

El mal estado de la propia conducción también es causa de otras pérdidas no siempre fácilmente apreciables ya que el agua puede filtrarse a través de grietas directamente en el terreno.



Fotografía N° 34. Canal de Villaralbo.



Fotografía N° 35. Pérdidas en acequia



Fotografía N° 36. Pérdidas en acequia.



Fotografía N° 37. Canal de Villaralbo.



Fotografía N° 38. Canal de Villaralbo.

La gestión del agua es una tarea difícil en las redes de canales y acequias cuando estos no están bien conservados ya que implica aportar caudales superiores a los solicitados por los regantes para suplir las pérdidas debidas al mal estado de las infraestructuras, en el transporte del agua a parcela.

Por ejemplo en el Canal de Madridanos, de más de 8 km de longitud, se hace uso del aliviadero situado en el cambio de sección del canal a acequia, ya que para poder servir a los



Fotografía N° 39. Canal de Madridanos.

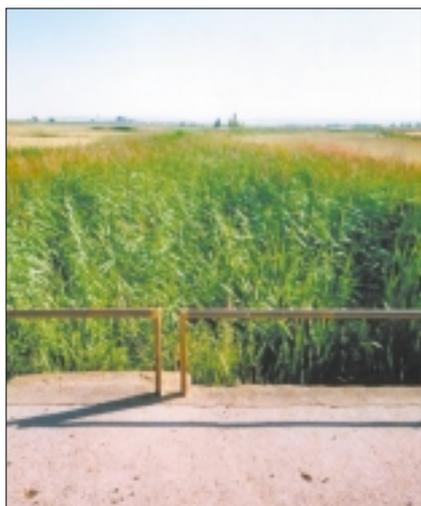


Fotografía N° 40. Toma de parcela 1.569 en A.48.

regantes de cola con mayor prontitud se entregan caudales muy superiores a los que la acequia de Madridanos es capaz de transportar.

La derivación del agua a parcela es otro factor que provoca pérdidas por deficiencia de las infraestructuras. Es frecuente ver como un regante que está tomando todo el agua de una acequia la deriva a su parcela colocando sacos en la canaleta para que todo el caudal pase por la tajadera abierta haciendo los sacos la función de una compuerta inexistente.

Respecto al estado actual de las infraestructuras sería conveniente mejorar el mantenimiento de la red de desagües ya que la vegetación impide la correcta circulación del agua de retorno, de drenaje y de escorrentía de las parcelas.



Fotografía N° 41. Arroyo de Ariballos, desagüe principal de la zona servida por el Canal de Madridanos.



Fotografía N° 42. Desagüe en la zona servida por el Canal de Villaralbo.

Finalmente se ha observado como los regantes procuran mejorar la calidad del riego a pie en cuanto a la uniformidad de distribución. Un ejemplo de ello es el sistema de distribución del agua en la parcela de maíz con riego a pie que se aprecia en las fotografías 43, 44 y 45.

El regante ha ingeniado un sistema que recuerda al riego por gravedad con tubería de aluminio de ventanas de apertura regulable



Fotografía N° 43. Parcela 1.569.



Fotografía N° 44. Parcela 1.569.

manualmente. Se han colocado en el lomo de la reguera que linda con la parcela tramos de cemento en forma de T con un orificio central que conduce el agua al cantero. De esta manera mejora la uniformidad de distribución en parcela y disminuyen las pérdidas por percolación profunda ya que se puede reducir el tiempo de contacto de la lámina de agua en el cantero al regar la parte final de la parcela con independencia del resto.

15. PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIRGEN DEL AVISO

El proyecto de modernización de la Comunidad de Regantes Virgen del Aviso tiene por objeto la mejora del regadío existente, actualmente 1902 hectáreas regadas por gravedad mediante una red de canales y acequias en mal estado, con un 35% de pérdidas según la Declaración de Impacto Ambiental (resolución de 5 de marzo de 2002, de la Secretaría General de Medio Ambiente, B.O.E. n° 88 de 12-04-02).

Las obras de mejora y modernización de la zona consisten en el paso de la actual red de riego por gravedad a riego por aspersión a la demanda.

El objetivo de la actuación es la reducción en el consumo de agua del regadío existente mediante la eliminación de las pérdidas en la red.

Las obras a realizar constan de la instalación de una red de riego por aspersión y de la adaptación de la estación de bombeo de la que disponen. El sistema de riego proyectado realiza el bombeo de agua desde el río Duero directamente a la red, ajustando el caudal bombeado a la demanda mediante convertidores de frecuencia, lo que permite sustituir el sistema antiguo de bombeo hasta el canal de hormigón intermedio y de éste a la balsa. Así se rebajan los consumos de agua actuales, incluidas las pérdidas en la distribución de necesidades hídricas medias de 8.000 m³/ha.año y máximas de 10.000 m³/ha.año a 5.900 m³/ha.año y 7.343 m³/ha.año respectivamente, y aumenta la eficiencia energética del sistema al eliminar posiciones de bombeo intermedias.

Según la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) el proyecto no afecta a la sensibilidad ambiental del espacio en el que actúa debido a que esta actividad se viene desarrollando desde hace 30 años. La actuación se localiza en la proximidades del espacio denominado Riberas de Duero propuesto como Lugar de Importancia Comunitaria, LIC, no estando afectado de forma apreciable en relación a los objetivos de conservación del lugar.

15.1. Descripción de las actuaciones

El proyecto define y valora las obras necesarias para llevar a cabo la instalación de las tuberías y todos los elementos precisos para la transformación en regadío por aspersión a la demanda de una superficie de 1.874,45 ha en los términos municipales de Arcenillas, Villaralbo, Moraleja del Vino, Madridanos y Villalazán.

El sistema de riego por aspersión será automatizado sectorialmente con contador individual en parcela. La superficie se subdividirá en unidades de riego mediante agrupaciones de parcelas existentes en la actualidad, con una superficie media de 55 ha, a las cuales se ha dotado de un hidrante. Toda la red se traza por la red actual ante la imposibilidad de variar la estructura de la propiedad.

El bombeo será directo del río Duero a la red ajustándolo a la demanda mediante convertidores de frecuencia. De esta manera la red se adapta desde el primer momento a los caudales y va disminuyendo telescópicamente.

La infraestructura de riego para conseguir llevar el agua hasta los cultivos consta de:

- **Infraestructura de riego en finca particular de cada regante:** se prevé la instalación de sistemas de riego por aspersión por el método de cobertura total móvil, ya sea en PVC o en aluminio. Los aspersores tendrán caudales entre 800 y 1.300 l/h. La presión mínima de suministro a cada una de las parcelas será como mínimo de 35 m.c.a. El caudal unitario es de 1,2 l/s y ha, asignando un caudal mínimo de 10 l/s para que sea posible regar en una sola postura aquellas fincas cuya superficie es menor de 1 ha.
- **Infraestructura en unidades de riego:** dentro de estas se instalará la red secundaria íntegramente ejecutada en PVC, con presión nominal 6 atm, diámetros comprendidos entre 110 y 315 mm y con una velocidad máxima de cálculo de 1,8 m/s. Esta red secundaria comienza en los hidrantes y termina en las bocas de riego donde se abastece a las parcelas individuales de cada regante. Las longitudes correspondientes a cada diámetro son las siguientes:

Tabla nº 15.1: CARACTERÍSTICAS DE LA RED SECUNDARIA

DIÁMETRO NOMINAL	LONGITUD TOTAL (m)
110 (PVC-6 atm)	5.451,60
125 (PVC-6 atm)	39.450,98
160 (PVC-6 atm)	12.168,59
200 (PVC-6 atm)	12.938,71
250 (PVC-6 atm)	12.996,27
315 (PVC-6 atm)	6.972,79
Total red secundaria	89.978,94

También se ha previsto la ejecución de:

- 175.632,72 m³ de excavación en zanja.
- 18.418,95 m³ de construcción de cama, de los cuales:

- 11.051,37 m³ se realizará con material seleccionado de la propia excavación (60%).
 - 7.367,58 m³ con arena (40%).
- 219.540,90 m³ de tapado de zanjas (incluido el extendido del material sobrante).
- **Infraestructura en la red de distribución:** realizada en tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) para los diámetros de 500 mm o superiores y en PVC para 400 mm o inferiores y siempre con presión 10 atm. El trazado de esta red se ha llevado generalmente a escasa distancia del borde de los caminos para facilitar su reparación en caso de averías.

Tabla nº 15.2: CARACTERÍSTICAS DE LA RED PRINCIPAL

DIÁMETRO NOMINAL	LONGITUD TOTAL (m)
315 (PVC-10 atm)	191,22
400 (PVC-10 atm)	790,17
500 (PRFV-10 atm)	1.680,92
600 (PRFV-10 atm)	1.526,65
700 (PRFV-10 atm)	2.047,25
800 (PRFV-10 atm)	1.751,17
1.000 (PRFV-10 atm)	2.405,50
1.200 (PRFV-16 atm)	207,50
Total red principal	10.600,38

También se ha previsto la ejecución de:

- 68.765,53 m³ de excavación en zanja.
- 9.366,77 m³ de construcción de cama con material seleccionado de la propia excavación.
- 6.244,51 m³ de construcción de cama con arena.
- 85.956,92 m³ de tapado de zanjas.

Los principales elementos de control de la red son los siguientes:

- Tomas de riego: se componen principalmente de una válvula de compuerta manual, un contador para cuantificar el consumo de cada parcela y una válvula hidráulica. El número total de tomas se resume en el siguiente cuadro:

Tabla nº 15.3: TOMAS DE RIEGO PREVISTAS

RESUMEN TOTAL DE TOMAS	
Total tomas simples	130
Total tomas dobles	644
Total tomas triples	5
Total tomas de riego	779

- Hidrantes: se instalará una válvula de compuerta, un filtro de malla, una ventosa, un contador Woltman y una válvula hidráulica de regulación con presostato de mínima, válvula solenoide y en algunos casos transductor de presión.

Tabla nº 15.4: HIDRATANTES

RESUMEN DE HIDRATANTES	
Total hidrantes 200 mm	13
Total hidrantes 150 mm	15
Total hidrantes 100 mm	5

- Válvulas de mariposa de la red principal: se instalarán 3 válvulas de este tipo, para el seccionamiento de los tramos de la red de diámetros intermedios entre 400 y 600 mm.
- Válvulas de sobrevelocidad: son para el control de la red principal y se cierran automáticamente en caso de caídas anómalas de presión o exceso de caudal. Se instalarán 2 de diámetro 1.000 mm y una de diámetro 700 mm.
- Ventosas: se instalarán 21 ventosas trifuncionales compuestas en los puntos altos o cambios bruscos de pendiente en la rasante de la tubería y una ventosa trifuncional simple en cada uno de los hidrantes.
- Válvulas de desagüe: para poder vaciar la tubería en sus puntos bajos por avería o mantenimiento, se instalarán 9 unidades.
- Válvulas de compuerta en red principal: se instalarán 4 unidades insertadas en la red principal para aislar ramales de tamaño inferior a los 300 mm (por averías o mantenimiento).
- Protecciones contra golpe de ariete: en la estación de bombeo existente hay un calderín de 25 m³ pero es necesario conectar a la red la balsa de las Callejas y ejecutar un depósito de 30 m³, en el nudo 16 para evitar el colapso de las tuberías en caso de fallos del suministro eléctrico.

La automatización y control de la red se realizará en un proyecto posterior una vez finalizada la red de riego.

El presupuesto general previsto en el proyecto para las obras proyectadas es de 8.463.021,26 €.

15.2. Estudio de los costes del proyecto de red de riego por aspersión para la mejora y modernización del regadío de la Comunidad de Regantes Virgen del Aviso

El Plan Nacional de Regadíos contempla unas actuaciones sobre unidades de riego según dos Programas básicos, el de Consolidación y el de Mejora de regadíos. Respecto a las actuaciones se han definido cuatro grandes grupos:

- reparación de estructuras existentes
- modificación del sistema de transporte y distribución
- cambio del sistema de aplicación del riego
- actuaciones complementarias: mejora de la red de caminos, de la red de drenaje, de la capacidad de regulación y control de agua, de la gestión del agua...

A continuación, se va a proceder a la estimación de los costes de la actuación sobre la unidad de riego objeto de nuestro estudio que se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla nº 15.5: ACTUACIONES DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA ZONA REGABLE DE VIRGEN DEL AVISO

GRUPO/TIPO DE ACTUACIÓN
Replanteamiento de sistemas de transporte y distribución
Cambio de distribución por gravedad a tubería de presión

Cambio de distribución por gravedad a tubería de presión: el coste considerado incluiría tanto la red como las estructuras singulares y la repercusión de las impulsiones adicionales requeridas.

Los costes por hectárea considerados corresponden a la ejecución por contrata prevista en el proyecto.

Tabla nº 15.6: VALORACIÓN DEL COSTE POR HECTÁREA DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

TIPO DE ACTUACIÓN	SUPERFICIE AFECTADA	VALORACIÓN
Cambio de distribución por gravedad a tubería de presión	1.874 ha	4.516,01 €/ha

En la siguiente tabla se detalla el coste por hectárea correspondiente a la red principal, a la secundaria y al estudio de seguridad y salud del proyecto de modernización de la Zona Regable de Virgen del Aviso.

Tabla nº 15.7: COSTES Y SUPERFICIES AFECTADAS POR LAS ACTUACIONES DE MODERNIZACIÓN

ACTUACIÓN: Replanteamiento de sistemas de transporte y distribución				
CAPÍTULO/ SUBCAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)	SUPERFICIE AFECTADA (ha)	COSTE (€/ha)
1	Infraestructura red principal	3.863.701,39	1.692,06	2.283,43
1.01	Tuberías red principal	2.718.911,51		
1.02	Elementos de control y seguridad red principal	493.433,86		
1.03	Obras complementarias en red principal	651.356,01		
2	Infraestructura red secundaria	4.525.796,37	1.874	2.415,04
2.01	Tuberías red secundaria	1.660.609,85		
2.02	Hidrantes	427.615,44		
2.03	Elementos de control y seguridad red secundaria	166.936,45		
2.04	Tomas de riego	1.978.620,68		
2.05	Obras complementarias red secundaria	292.013,94		

ACTUACIÓN: Replanteamiento de sistemas de transporte y distribución				
CAPÍTULO/ SUBCAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)	SUPERFICIE AFECTADA (ha)	COSTE (€/ha)
3	Estudio de seguridad y salud	73.523,48	1.874	39,23
3.01	Protecciones colectivas	39.555,80		
3.02	Protecciones individuales	10.143,53		
3.03	Instalaciones de higiene y bienestar	17.946,00		
3.04	Medicina preventiva	5.878,13		
TOTAL		8.463.021,26	1.874	4.516,01

16. CONCLUSIONES

La Zona Regable de Virgen del Aviso se ve afectada por unas condiciones climáticas poco favorables por lo que las alternativas de cultivo son escasas.

Dentro del abanico de cultivos posibles la política agrícola comunitaria limita la producción de los productos excedentarios como los cereales, e impone producciones máximas a cultivos como la remolacha estableciendo un sistema de cupos, por lo que el maíz se convierte en el cultivo más habitual en la zona. La localización geográfica de la zona regable es ventajosa, ya que ésta se encuentra muy próxima al núcleo urbano de Zamora lo que facilita la comercialización de las producciones y el acceso a toda clase de servicios. No obstante, existe incertidumbre respecto al futuro de la actividad agrícola por falta de relevo generacional. El despoblamiento de las zonas rurales del entorno o similares es notorio.

Por otra parte la disponibilidad de recursos hídricos es irregular y está condicionada por la pluviometría, ya que la red de riego se abastece del río Duero. Concretamente la campaña 2001-2002 se ha caracterizado por una reducción de las superficies de regadío de un 40% a causa de la escasez de los recursos hídricos superficiales. En relación con la detracción de caudales del río Duero se estima, con las actuaciones de mejora de regadíos previstas en el proyecto de modernización, una reducción respecto al volumen que actualmente se consume debido principalmente a la sustitución de la red de canales y acequias por conducciones cerradas. Las pérdidas del sistema de distribución se pueden reducir alrededor de un 20%.

Los resultados de las eficiencias de conducción y de distribución obtenidas en la red actual ponen de manifiesto la necesidad de actuar para disminuir las pérdidas de agua que se producen y justifican la mejora a la que se va someter la zona regable. El proyecto de mejora y modernización considera la eliminación del bombeo intermedio, que actualmente toma agua del Canal de Villaralbo y lo vierte al Canal de Moraleja-Madridanos, lo que supondrá un aumento de la eficiencia energética y una disminución del coste del agua. Los agricultores, en general, se muestran favorables a la modernización con el cambio del sistema de riego por gravedad a riego por aspersión.

En relación con las eficiencias de aplicación del riego en parcela es necesario destacar que la gran mayoría de los regantes aplican dosis excesivas de agua en cada riego. De acuerdo con las características físicas de los suelos de la zona de estudio, suelos franco arenosos con un contenido considerable de elementos gruesos y por lo tanto poca capacidad de retención de

agua, se recomienda reducir la dosis y aumentar la frecuencia del riego. Con el riego por aspersión a la demanda que prevé el proyecto de modernización se mejorará la calidad del riego en este sentido. Se reducirán las pérdidas por percolación profunda lo que puede suponer un riesgo de lixiviación de nitratos y contaminación de acuíferos, y las pérdidas por escorrentía, dando lugar a un riego más eficiente en el que el agua aplicada sea aprovechada en su mayor parte por el cultivo. La calidad del agua de riego es buena según los análisis realizados.

En cuanto a la gestión, la Comunidad de Regantes de Virgen del Aviso es un ejemplo de buena organización. Dispone de una base de datos que registra no sólo los consumos de agua sino también los datos relativos a los cultivos lo que facilita las tareas de gestión. El cambio del sistema de distribución del agua de riego con la instalación de aparatos de medida permitirá un mayor control de las dosis aplicadas lo que indudablemente conlleva un ahorro de agua.

No obstante sería conveniente favorecer la formación en la gestión y aplicación del agua de riego. Las evaluaciones en parcela reflejan la disparidad en el manejo del riego de unos regantes a otros para un mismo cultivo y suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- «Las necesidades de agua de los cultivos», J. Doorenbos y W. O. Pruitt (1977). Estudio FAO *Riego y Drenaje*, n.º 24.
- «Calidad del agua para la agricultura», R. S Ayers y D. W. Wescot (1985). Estudio FAO. *Riego y Drenaje*, n.º 29.
- «Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos», J. Doorenbos y A. H. Kassan (1979). Estudio FAO. *Riego y Drenaje*, n.º 33.
- «The use of saline waters for crop production», J. D. Rhoades, A. Kandiah, A. M. Mashali (1993). *FAO Irrigation & Drainage Paper*, n.º 48.
- «Edafología para la agricultura y el medio ambiente», J. Porta, M. López Acevedo, C. Roquero. Ediciones Mundi-Prensa.
- «El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio», J. López Ritas, J. López Melida. Ediciones Mundi-Prensa.
- «El suelo y los fertilizantes». José Luis Fuentes Yagüe. MAPA, 1999. Ediciones Mundi-Prensa
- «Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola», Francisco J. Villalobos, Luciano Mateos, Francisco Orgaz, Elías Fereres. Ediciones Mundi-Prensa
- «Técnicas de riego», J. L. Fuentes Yagüe. Coedición Mapa- Mundi Prensa (1996).
- «El Riego. Fundamentos hidráulicos», Losada Villasante, A. (1993). Ediciones Mundi-Prensa.
- «Caracterización agroclimática de la provincia de Zamora» de la Dirección General de Producción Agraria del MAPA.

