



# **CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO LOCALIZADO EN LA MELUSA (T.M. DE TAMARITE DE LITERA, HUESCA)**

## **AGENTES PARTICIPANTES:**

- **COMUNIDAD GENERAL DE REGANTES DEL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA.**
- **CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (CENTRO AGRONÓMICO DE LA MELUSA).**

## **REDACTADO POR:**

- **SERVICIOS TÉCNICOS DE LA COMUNIDAD GENERAL DE REGANTES DEL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA.**
- **CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.**

**BINÉFAR (HUESCA), DICIEMBRE 2017**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN DEL ENSAYO .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>4. OBJETIVOS DEL ENSAYO .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>5. ASPECTOS GEOGRÁFICOS.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>6. ASPECTOS CLIMÁTICOS.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>7. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>8. ASPECTOS HIDROLÓGICOS .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>9. ASPECTOS EDAFOLÓGICOS .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>10. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>ANEXO I. LOCALIZACIÓN DEL CENTRO AGRONÓMICO DE LA MELUSA.....</b>                                    | <b>24</b> |
| <b>ANEXO II. PRESUPUESTO INSTALACIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO .....</b> | <b>28</b> |
| <b>ANEXO III. MONITORIZACIÓN DE LA SALINIDAD EN EL ENSAYO.....</b>                                      | <b>30</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>  | <b>32</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa de la comarca de La Litera a escala 1:160.000 (fuente: Gobierno de Aragón, 2003).....  | 25 |
| <b>Figura 2.</b> Emplazamiento del Centro Agronómico de La Melusa, señalado mediante círculo azul (fuente: visor SIGPAC).....                                    | 26 |
| <b>Figura 3.</b> Emplazamientos del Centro Agronómico de La Melusa, señalado mediante círculo azul, y del ensayo (detrás de la cruz) (fuente: visor SIGPAC)..... | 27 |
| <b>Figura 4.</b> Croquis de recogida de muestras de suelo para determinación de la salinidad del suelo en el ensayo (fuente: elaboración propia).....            | 31 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Distribución por superficie según tipo de riego en La Melusa, Huesca (fuente: Servicios Técnicos del CAYC).....  | 7  |
| <b>Tabla 2.</b> Información de las parcelas del ensayo regadas mediante sistema RGS (fuente: elaboración propia).....  | 9  |
| <b>Tabla 3.</b> Características generales de la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa (fuente: SIGA).....   | 13 |
| <b>Tabla 4.</b> Caracterización agroclimática de La Melusa, Huesca, según diferentes sistemas de clasificación (fuente: elaboración propia).....                       | 13 |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis fisicoquímico del agua del CAYC (fuente: <a href="http://www.datossuperficiales.chebro.es">http://www.datossuperficiales.chebro.es</a> )..... | 22 |
| <b>Tabla 6.</b> Resultados de los índices de evaluación de la aptitud del agua del CAYC con destino para riego (fuente: elaboración propia).....                       | 22 |
| <b>Tabla 7.</b> Presupuesto de instalación del sistema RGS en “La Melusa” (fuente: Servicios técnicos del CAYC).....   | 29 |
| <b>Tabla 8.</b> Presupuesto de explotación anual del sistema RGS en “La Melusa” (fuente: Servicios técnicos del CAYC).....   | 29 |
| <b>Tabla 9.</b> Protocolo de toma de muestras para el seguimiento de la salinidad del suelo en el ensayo (fuente: personal técnico de La Melusa).....                  | 31 |

## **LISTADO DE ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

CAYC: Canal de Aragón y Cataluña.

CE: Conductividad eléctrica.

CGRCAAYC: Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña.

CHE: Confederación Hidrográfica del Ebro.

CITA: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón.

DARP: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

ET<sub>o</sub>: Evapotranspiración de referencia.

ETSEA: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable.

RGS: Riego por goteo subterráneo.

RGV: Riego por gravedad.

SAR: Sodium Adsorption Ratio (Relación de Adsorción de Sodio)

SIGA: Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios.

SIGPAC: Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas.

T.M.: Término municipal.

UNEP: United Nations Environment Programme.

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

USDA: United States Department of Agriculture.

El presente informe constituye un documento informativo introductorio sobre el ensayo de riego por goteo subterráneo (RGS) probado en cultivos herbáceos extensivos ubicado en el Centro Agronómico de La Melusa (T.M. de Tamarite de Litera, Huesca); y cuya existencia es fruto del convenio de colaboración firmado en marzo de 2015 entre la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (CGRCAYC) y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE).

Los aspectos que se tratan en el presente informe y en los anexos correspondientes son los que siguen:

- Localización del ensayo.
- Justificación del ensayo.
- Disposición del ensayo.
- Objetivos del ensayo.
- Aspectos geográficos.
- Aspectos climáticos.
- Aspectos geológicos.
- Aspectos hidrológicos.
- Aspectos edafológicos.
- Aspectos de la calidad del agua para riego.

## 1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo objeto de evaluación se localiza en el Centro Agronómico de La Melusa (Huesca).

La Melusa es un pequeño núcleo de población ubicado al sur del término municipal de Tamarite de Litera, en la zona oriental de la comarca de La Litera y de la provincia de Huesca, en el límite administrativo con la provincia de Lleida. La Melusa se encuentra dentro de la zona regable del canal de Aragón y Cataluña (CAYC), y sus terrenos agrícolas se reparten entre los términos municipales de Tamarite de Litera y Altorricón.

El núcleo de La Melusa cuenta con buenas infraestructuras de acceso. Su ubicación es al pie de la carretera N-240 (nacional Tarragona-San Sebastián, punto kilométrico 122), de la autovía A-2 (autovía Huesca-Lleida, punto kilométrico 22) y de la línea de ferrocarril Zaragoza-Barcelona (punto kilométrico 149).

Las distancias a los núcleos de población más importantes en su entorno son las que siguen:

- A Binéfar y Tamarite de Litera (capitales comarcales), 16 km y 15 km, respectivamente.
- A Monzón (Huesca), 27,5 km.
- A Fraga (Huesca), 36,3 km.
- A Lleida, 30,6 km.
- A Huesca, 87,7 km.
- A Zaragoza, 163 km.

La localización geográfica del Centro Agronómico de La Melusa se puede apreciar mejor en el **ANEXO I**.

Desde la década de los años 30 del siglo XX, el núcleo de La Melusa pertenece a la CHE. Con anterioridad a esta adquisición, La Melusa no existía como núcleo de población, y los terrenos circundantes al núcleo actual eran de secano y, en su mayor parte, no cultivados.

A partir de la adquisición por parte de la CHE, comenzaron las edificaciones y la puesta en riego de los terrenos agrícolas circundantes, previa nivelación de los mismos. El núcleo de población se constituyó como “Centro de Investigación Agronómica”, con el objetivo de que sirviese como punto de referencia para la difusión de nuevas técnicas de producción vegetal entre los agricultores de la zona regable del CAYC. De las parcelas de La Melusa se ocupa personal técnico como si de una explotación agraria más se tratase.

La Melusa cuenta con un total de 466,2064 hectáreas, en su práctica totalidad en regadío, tal como se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución por superficie según tipo de riego en La Melusa, Huesca (fuente: Servicios Técnicos del CAYC).

|                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| <b>Superficie total</b>         | <b>466,2064 ha</b> |
| <b>Superficie en seco</b>       | <b>0,7291 ha</b>   |
| <b>Superficie en regadío</b>    | <b>465,4773 ha</b> |
| Superficie regada por gravedad  | 310,1761 ha        |
| Superficie regada por pívot     | 78,1870 ha         |
| Superficie regada por cobertura | 77,1142 ha         |
| Superficie regada por goteo     | 0,0000 ha          |

De las superficies mostradas en la Tabla 1, destacar el predominio de la superficie regada mediante riego por gravedad (RGV).

Los cultivos predominantes en La Melusa en la actualidad son cultivos herbáceos extensivos, destacando en superficie el cereal de invierno (trigo y cebada especialmente), maíz, leguminosas grano (sobre todo guisante) y forrajes (alfalfa, principalmente, junto a festuca y ray-grass). En menor extensión se cultivan girasol, colza y sorgo. No obstante, hace aproximadamente 40 años, buena parte de la superficie estaba plantada de cultivos leñosos.

De acuerdo con el “Sistema de Información Urbanística de Aragón”, las parcelas pertenecientes al Centro Agronómico de La Melusa se ubican sobre terreno clasificado como Suelo No Urbanizable Genérico, de manera que el régimen de clasificación urbanística del suelo es “suelo rústico”, calificado como de uso terciario (ni residencial ni industrial).

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL ENSAYO**

Con fecha 2 de marzo de 2015, en Tamarite de Litera (Huesca), se firma el convenio de colaboración entre la CGRCAYC y la CHE.

El objetivo de dicho convenio es la creación de un ensayo para el estudio técnico de la implantación del sistema RGS en cultivos herbáceos extensivos; y comparación de los resultados obtenidos en el mismo respecto a fincas testigo con los mismos cultivos y regadas mediante sistema RGV. La duración teórica de este ensayo abarca un periodo de 10 años: 2015-2025.

Desde hace varios años, y especialmente desde la liberalización de los precios de las tarifas de riego en 2008, la CGRCAYC ha puesto en marcha numerosas iniciativas con el fin de reducir el coste energético del regadío en su zona regable.

Una de las soluciones propuestas desde la CGRCAYC para paliar el aumento en la factura eléctrica de los regantes ha sido la búsqueda de nuevos sistemas de riego más eficientes en términos de ahorro hídrico y energético. El sistema RGS se erige como una posible vía para solucionar los costes energéticos elevados que pesan sobre el regadío a nivel de la zona regable del CAYC.

En definitiva, tiene sentido ubicar un ensayo de esta tipología dentro de la zona regable del CAYC, y todavía más en un centro de experimentación agronómica como es el de La Melusa, el único de su tipo dentro de la zona regable del CAYC. Debe tenerse en cuenta la enorme importancia del sector agroalimentario dentro de la economía de los municipios regados por el CAYC. Destacar también que el 88 % del volumen de agua anualmente transportado por el CAYC es destinado a regadío (Servicios Técnicos del CAYC, comunicación personal).

### 3. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se ha dispuesto de tal manera que cada uno de los cultivos seleccionados sean regados con cada uno de los sistemas de riego que se desean comparar.

En el presente ensayo, los cultivos con los que se ha trabajado han sido los 3 cultivos herbáceos extensivos más importantes en la zona regable del CAYC, así como en otras zonas en regadío del valle del Ebro: trigo, maíz y alfalfa.

Dentro del ensayo, cabe distinguir entre las parcelas regadas mediante sistema RGS y las parcelas regadas mediante sistema RGV (parcelas testigo), que son los 2 métodos de riego que se desean comparar. A nivel de control de riego, cada parcela del ensayo se ha considerado un sector de riego.

Las parcelas regadas mediante sistema RGS son las mismas cada campaña prevista del ensayo, pero no las parcelas testigo, cuya ubicación varía cada campaña del ensayo.

Los terrenos regados mediante sistema RGS pertenecen al polígono 29, parcela 6, con aprovechamiento actual “labor o labradío regadío” y de clase “rústico”, según se detalla en la Dirección General del Catastro.

La superficie del ensayo regada mediante sistema RGS, como se ha comentado previamente, se mantiene constante cada campaña, y es de 2,1250 ha, repartida en 6 parcelas. A su vez, en una mitad de estas parcelas los ramales porta-goteros se han instalado a 25 cm de profundidad (parcelas 1, 2 y 3), y en la otra mitad los ramales porta-goteros se han instalado a 35 cm de profundidad (parcelas 4, 5 y 6).

En la Tabla 2 se clarifica la información que se acaba de explicar.

*Tabla 2. Información de las parcelas del ensayo regadas mediante sistema RGS (fuente: elaboración propia).*

| Parcela   | Cultivo | Sistema de riego | Profundidad instalación RGS (cm) | Superficie (ha) |
|---|---------|------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1   | Trigo   | RGS              | 25                               | 0,2750          |
| 2   | Alfalfa | RGS              | 25                               | 0,3000          |
| 3   | Maíz    | RGS              | 25                               | 0,2750          |
| 4   | Trigo   | RGS              | 35                               | 0,3750          |
| 5   | Alfalfa | RGS              | 35                               | 0,4250          |
| 6   | Maíz    | RGS              | 35                               | 0,4750          |
| <b>Superficie total regada mediante sistema RGS</b> |         |                  |                                  | <b>2,1250</b>   |

Las parcelas bajo sistema RGS cuentan con el siguiente equipamiento:

- Manguera *Dripnet* de Netafim® con diámetro 16 mm, espesor 1 mm, espaciado entre mangueras 1 m y 2 profundidades de instalación a estudiar (25 y 30 cm). En total, se han instalado 23 km de manguera.

- Goteros autocompensantes incorporados en manguera, con caudal unitario 1,6 l/h y separación entre los mismos de 50 cm. La pluviometría por gotero es de 3,2 l/h\*m<sup>2</sup> y la presión de trabajo de cada gotero oscila entre 0,5-1 bar.
- Válvula hidráulica y contador volumétrico totalizador de 2”.
- Colector final de limpieza con válvulas de desagüe con accionamiento manual para limpieza de las líneas de goteros.
- Filtro de malla de 3” de limpieza manual con cartucho inox de 125 µm.
- Sistema de fertirrigación compuesto por dosificador trifásico de membrana, depósito, guardamotor trifásico y conexiones.
- Programador de riego Agronic 2500®.

La información sobre las parcelas regadas mediante sistema RGV se detallan en cada informe correspondiente a cada campaña de riego, puesto que, como se ha comentado previamente, es posible que la disposición de estas parcelas varíe cada campaña del ensayo.

Toda la superficie del ensayo se encuentra notablemente nivelada y en óptimas condiciones para la producción vegetal. Para el registro de datos meteorológicos se dispone de la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa, propiedad de la Diputación General de Aragón (Oficina del Regante de Aragón) y ubicada en las inmediaciones del ensayo.

Los presupuestos de instalación y de explotación anual del sistema RGS aparecen en el **ANEXO II**.

#### **4. OBJETIVOS DEL ENSAYO**

Durante cada campaña del ensayo, se recoge la siguiente información de cada una de las parcelas:

- Rendimientos alcanzados en cada cultivo (kg/ha).
- Dotaciones de agua de riego aplicadas en cada cultivo (m<sup>3</sup>/ha).
- Incidencias técnicas más destacables relacionadas con el funcionamiento de cada sistema de riego, en especial el sistema RGS.

Se pretende dar la máxima difusión a los resultados obtenidos durante cada campaña del ensayo entre todos los usuarios potenciales de este nuevo sistema de riego, principalmente los técnicos y agricultores de la zona regable del CAYC, así como de otras zonas regables cercanas.

En el mantenimiento y seguimiento del ensayo, aparte de las entidades suscriptoras del convenio, CGRCAYC y CHE, han colaborado también las siguientes entidades:

- Riegos Iberia Regaber<sup>®</sup>, S.A.
- Hidromatic Ponent, S.L.
- AgroPixel, S.L.
- Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

## **5. ASPECTOS GEOGRÁFICOS**

La Melusa se ubica en la mitad meridional de la comarca de La Litera, en la llanura literana. Se trata ésta de una zona llana enclavada plenamente dentro de la Depresión del Ebro y en la cual se desarrolla casi la totalidad de la actividad agroalimentaria comarcal.

En La Melusa y alrededores, se desarrolla un potente sector agroindustrial que engloba las comarcas orientales de Huesca (La Litera, Cinca Medio y Bajo Cinca) y las comarcas occidentales de Lleida (La Noguera y El Segrià).

En esta zona se hallan explotaciones mixtas que combinan ganadería intensiva de vacuno de carne y porcino junto a la producción de cultivos extensivos en regadío. Ligadas a estas explotaciones se distribuyen industrias de fabricación de piensos, mataderos, deshidratadoras de forrajes, secaderos de cereales y demás industrias suministradoras de materias primas (agroquímicos, semillas, equipamientos para riego, etc.).

Todo este tejido empresarial agroindustrial se basa en la existencia de cursos de agua artificiales, como es el CAYC y todas sus derivaciones, que han jugado un papel determinante en el mantenimiento de la actividad agraria y de la población rural en esta comarca desde comienzos del siglo XX.

## 6. ASPECTOS CLIMÁTICOS

En el presente apartado se describen las principales características climatológicas que se dan en el núcleo de población de La Melusa, a partir del periodo de registro 1965-2003.

Los datos climáticos relativos a La Melusa han sido tomados de la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa, a partir de la base de datos SIGA (“Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios”), disponible en la página web del MAPAMA.

En la Tabla 3 se muestran las principales características de la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa.

**Tabla 3.** Características generales de la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa (fuente: SIGA).

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| <b>Tipo de estación</b> | Termopluviométrica |
| <b>Altitud</b>          | 218 msnm           |
| <b>Latitud</b>          | 41° 46’            |
| <b>Longitud</b>         | 00° 22’            |
| <b>Huso</b>             | 31                 |
| <b>Orientación</b>      | Este               |
| <b>Años de registro</b> | 39 (1965-2003)     |

En la Tabla 4 se muestra la caracterización agroclimática de La Melusa según diferentes sistemas de clasificación.

**Tabla 4.** Caracterización agroclimática de La Melusa, Huesca, según diferentes sistemas de clasificación (fuente: elaboración propia).

|  |  |
|--|--|
| <b>Índice de Lang</b>                            | Zona árida   |
| <b>Índice de De Martonne</b>                     | Zona semiárida de tipo mediterráneo  |
| <b>Índice de Dantin-Revenga</b>                  | Zona árida   |
| <b>Índice de aridez de la UNEP</b>               | Zona semiárida   |
| <b>Índice de potencialidad de Turc</b>           | La producción por hectárea de regadío quintuplica la producción por hectárea de secano   |
| <b>Clasificación climática de Thornthwaite</b>   | Clima árido, nulo exceso de humedad y concentración de la radiación estival moderada   |
| <b>Clasificación agroclimática de UNESCO-FAO</b> | Clima templado-medio<br>Invierno muy frío<br>Clima monoxérico mediterráneo   |
| <b>Clasificación agroclimática de Papadakis</b>  | Tipo de invierno: Avena fresco<br>Tipo de verano: Maíz<br>Régimen de humedad: Mediterráneo seco<br>Régimen térmico: templado cálido<br>Clima mediterráneo templado |

A partir de la información proporcionada por la Tabla 4, se concluye que el clima de La Melusa queda clasificado como el clima mediterráneo continental típico de la comarca de La Litera y, por ende, de la mayor parte del valle del Ebro.

El clima de La Melusa, y de la práctica totalidad de la comarca de La Litera, se caracteriza por su amplitud térmica anual, coexistiendo una fuerte concentración de la insolación y ausencia de brisa en verano, con fuertes heladas ligadas a la niebla en invierno.

Las temperaturas medias anuales se sitúan en torno a 14 °C, aunque se da una importante variación térmica intra-anual. Por ejemplo, la temperatura media de las máximas absolutas se da en julio (37,4 °C) y la temperatura media de las mínimas absolutas se da en diciembre (-6,1 °C).

La precipitación total anual es de 399,9 mm, siguiendo las precipitaciones un patrón de distribución anual muy irregular, típico de condiciones mediterráneas, con 2 picos anuales destacados en primavera y otoño y reducción acusada de las mismas en verano.

De acuerdo con el Atlas Climático de Aragón, la comarca de La Litera es una de las comarcas aragonesas en las que mayor variabilidad interanual en precipitaciones se da, alcanzándose valores de desviación estándar del 30 % respecto a la precipitación media anual en algunas series de años.

También debe señalarse que la concentración anual de precipitaciones es un rasgo típico más del clima mediterráneo que caracteriza a la comarca. Por ejemplo, en sólo 10 días se pueden registrar más de la mitad de todas las precipitaciones que se producen a lo largo de un año. El número total de días en los que se dan precipitaciones anualmente oscila entre 50 y 60.

La evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) total anual es de 1.066,17 mm, calculada a partir del método FAO Penman-Monteith para el periodo 2004-2014.

A nivel anual, se da un déficit hídrico aproximado de 732,49 mm. Durante los meses veraniegos, se da el periodo seco anual (clima monoxérico), por lo tanto durante dichos meses es conveniente el riego de los cultivos si se desean obtener rendimientos óptimos.

El periodo libre de heladas se da entre los meses de abril y octubre, variando el número de días disponibles sin heladas entre 157 y 183. No obstante, el periodo libre de heladas puede ver reducida su duración a 86 días (entre los meses de mayo y septiembre).

El promedio de días anuales de granizo es de 1,2, con un 44 % de posibilidades de que se produzca en época estival.

En cuanto al viento, el porcentaje de calmas es del 29,5 %, por lo que la incidencia del cierzo es inferior respecto a otras zonas de la Depresión del Ebro.

La radiación solar extraterrestre anual de  $10.122 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$  y radiación solar medida de  $5.772 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$  (57 % de la radiación solar extraterrestre anual). Los valores medios máximos de ambos tipos de radiación se registran durante el mes de junio, y los valores mínimos durante el mes de diciembre.

## 7. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el presente apartado se realiza una descripción de las características geológicas que se dan en La Melusa y en la zona circundante.

La Melusa está emplazada en la unidad geológica de la Cuenca del Ebro. Esta gran depresión está enclavada en la ladera del macizo pirenaico y fue originada en el Cuaternario.

En esta amplia zona regable se encuentran rocas como arcillas y areniscas de la edad miocena (periodo terciario), las cuales, al no haber sufrido ningún episodio de compresión tectónica, se disponen en estratos horizontales. No obstante, también es posible observar sedimentos más recientes, correspondientes al Cuaternario.

Estos sedimentos tienen su origen en los materiales aportados por los ríos Cinca y Noguera Ribagorzana (ambos afluentes del río Segre, los cuales han surcado en el pasado esta zona). En la actualidad, ambos ríos discurren a una distancia aproximada de 20 km desde el Centro Agronómico de La Melusa (el río Cinca en dirección Oeste y el río Noguera-Ribagorzana en dirección Noreste).

Todos los materiales transportados por ambos ríos en el pasado constituyen las terrazas de los mismos. Por ejemplo, en el techo de las planas del sur de la comarca existe una gruesa capa de gravas más o menos cementadas y de cantos rodados. Estas capas datan de la era pleistocena, y constituyen las terrazas superiores y por tanto más antiguas del río Cinca. A su vez, hacia el este, se detecta igualmente la existencia de varios niveles de terrazas de la misma edad geológica, pero éstas depositadas por el río Noguera Ribagorzana.

Actualmente, la red fluvial natural más cercana al Centro Agronómico de La Melusa se corresponde a la Clamor Amarga (también denominada “Clamor de Almacellas”), la cual ha ido depositando niveles de gravas y arenas desde periodos geológicos más recientes, pero a niveles inferiores en comparación con los citados ríos.

Si se consulta la Hoja 358 del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, se puede corroborar lo explicado hasta aquí, y se pueden visualizar los 2 tipos de materiales geológicos de base de las fincas que pertenecen al Centro Agronómico de La Melusa:

- En las parcelas limítrofes con otras fincas, más exteriores, abundan los materiales de edad oligocena y miocena, como arenas y areniscas, limos carbonatados y arcillas.
- La mayor parte de las parcelas (incluidas las que forman parte del ensayo) presentan materiales de origen aluvial-coluvial, como limos y arcillas (con y sin cantos), que datan del Holoceno (periodo Cuaternario).

La geomorfología de las fincas propiedad de La Melusa es la misma que el de la mayoría de las tierras regadas por el CAYC: cotas inferiores a 400 msnm y sucesión monótona de grandes parcelas cultivadas y artificialmente aterrazadas y/o niveladas según el sistema de riego.

## 8. ASPECTOS HIDROLÓGICOS

En el presente apartado se realiza una descripción de las características hidrológicas que se dan en La Melusa y en la zona circundante.

Desde el punto de vista hidrológico, cabe diferenciar entre las masas de agua superficiales y subterráneas.

Respecto a la hidrología superficial, La Melusa se halla enclavada en la Cuenca Hidrográfica del Ebro. La distancia de La Melusa a los cursos de agua superficiales cercanos más importantes es la siguiente:

- Hacia el norte, a una distancia aproximada de 10 km, discurre el CAYC.
- Hacia el este, a una distancia aproximada de 20 km, discurre el río Noguera-Ribagorzana.
- Hacia el oeste, a una distancia aproximada de 20 km, discurre el río Cinca.
- Hacia el sudeste, a una distancia aproximada de 30 km, discurre el río Segre.

Al margen de estos cauces principales, en las inmediaciones de La Melusa discurren derivaciones primarias del CAYC, como las acequias de “La Mola”, “La Toradilla” y “Orriols”, además de derivaciones secundarias del CAYC, colectores, desagües, o el arroyo de “La Clamor Amarga”.

En cuanto a la hidrología subterránea, decir que La Melusa se incluye en el sistema acuífero central detrítico de la Cuenca del Ebro y sus afluentes, encontrándose en él 2 tipos de acuíferos: los superficiales (libres) y los profundos (confinados o semiconfinados). No obstante, en la zona no se da explotación de los acuíferos para aprovechamiento del recurso hídrico.

## 9. ASPECTOS EDAFOLÓGICOS

En el presente apartado se realiza una descripción de las características edafológicas que se dan en el núcleo de La Melusa, y más concretamente en las parcelas del ensayo. Para ello, se cuenta con 3 fuentes de información de partida:

- Análisis de suelos realizados durante los años 2000 y 2001 a partir de un muestreo general de los suelos de las fincas que rodean al núcleo de La Melusa.
- Análisis de suelo realizado en el año 2016 sobre los terrenos que ocupan el ensayo.
- Estudio de prospección del suelo del ensayo mediante calicata realizada a fecha 27/11/2017.

A partir de los 2 análisis de suelos realizados, a modo de resumen, se pueden extraer las siguientes características generales del suelo del ensayo:

- Textura franco-limosa (según triángulo textural del USDA).
- Conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada (25 °C) de 5,38 dS/m (ligera salinidad).
- Valor de reacción del suelo (pH, extracto en agua 1:2,5) en torno a 8,24 (suelo moderadamente básico).
- Porcentaje de materia orgánica de 1,59 % (contenido medio-bajo, obtenido según el método de oxidación de Walkley-Black).
- Suelo calcáreo (contenido de carbonato cálcico equivalente del 24,67 %).
- Niveles altos de nitratos (más de 25 ppm), calcio (más de 4.000 ppm) y magnesio (más de 250 ppm).
- Niveles bajos de fósforo (6-12 ppm, análisis mediante método Olsen) y potasio (menos de 80 ppm, análisis mediante extracción con acetato amónico).
- Valor de PSI por debajo de 15 (no hay peligro de degradación de la estructura del suelo).

La salinidad es un factor importante y que preocupa a los promotores del ensayo. De hecho, a través de la revisión de textos científico-técnicos, se conoce que una de las desventajas del sistema RGS es la acumulación de sales en el perfil del suelo sobre los ramales porta-goteros debido a la dificultad con la que el bulbo húmedo alcanza la superficie del suelo. Por lo tanto, en sistemas RGS resulta muy complicado que parte del agua de riego se pueda destinar como “fracción de lavado”.

Así pues, mencionar que, durante el transcurso del ensayo, se pretende acometer un seguimiento anual de los niveles de salinidad en el suelo de las parcelas regadas mediante sistema RGS. En el **ANEXO III** se detalla el esquema de toma de muestras del suelo con el fin de monitorizar la evolución de la salinidad cada campaña en las parcelas regadas mediante sistema RGS.

A continuación, se muestra la información referente a la calicata estudiada, excavada en la parcela testigo de maíz (parcela T2).

## **Pedión: MJS-17-1 (Perfil MELUSA)**

**Emplazamiento:** Centro Agronómico de La Melusa.

**Término municipal:** Tamarite de Litera (comarca de La Litera, Huesca).

**Fecha descripción:** 29/11/2017.

**Descrito por:** D. Jaume Boixadera Llobet (DARP Lleida), D. José Manuel Sanmartín Lario (CHE La Melusa), D. Carlos Pérez Ortiz (CHE La Melusa), D. Javier Salomó Alastuey.

**Centro:** ETSEA Lleida.

**Cartografía:** Mapa Geológico de España (IGME), Hoja 358 (Almacelles). Escala 1:50.000.

**Coordenadas UTM:** X:282120 Y:4629042

**Altitud:** 218 m.

### **Temperatura y agua del suelo:**

**Régimen de temperatura del suelo:** térmico.

**Régimen de humedad del suelo:** xérico.

**Nivel freático:** no apreciable.

**Drenaje:** bien drenado.

**Pedregosidad superficial:** no pedregoso.

**Afloramientos rocosos:** sin afloramientos.

**Material originario:** limos y arcillas con o sin cantos (aluvial-coluvial). Periodo Cuaternario (holoceno).

**Vegetación:** Cultivos herbáceos extensivos con presencia en los márgenes de las parcelas de especies vegetales indicadoras de salinidad en el suelo (*Atriplex halimus* L.).

**Tecnología:** cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

**Utilización:** Agrícola.

### **Geomorfología:**

**Escala de observación geomorfológica:** hectómetros.

**Tipo de superficie:** ladera.

**Modificaciones de la forma:** nivelaciones.

**Dinámica de la forma:** -.

**Intensidad de los procesos:**

**Tipo de pendiente:** simple

**Longitud de la pendiente:** 200 m.

**Morfología local:** -.

**Situación en la forma:** -.

**Pendiente general y orientación:** -.

**Descripción:** Nomenclatura SINEDARES.

(SSS 1999): Xerofluent típico.

#### **0-22 cm: A<sub>p</sub>**

**ESTADO HUMEDAD.** Ligeramente húmedo. **COLOR.** A la matriz, marrón (7,5YR 4/4) en húmedo. **ESTADO DE ÓXIDO-REDUCCIÓN.** En estado de oxidación. **MANCHAS.** No hay. **ELEMENTOS GRUESOS.** No hay. **TEXTURA.** Franco-limosa. **ESTRUCTURA.** Moderada, en bloques subangulares, gruesa. **MATERIA ORGÁNICA.** Poca (1-2 %). **ACTIVIDAD DE LA FAUNA.** No aparente. **ACTIVIDAD ANTRÓPICA.** No aparente. **SISTEMA RADICULAR.** Normal. **ENSAYOS DE CAMPO.** A la matriz, respuesta al HCl (11 %) muy alta. **ACUMULACIONES.** Inexistentes. **CEMENTACIONES.** No cementado. **GRIETAS.** No hay. **SUPERFICIES.** No hay. **LÍMITE INFERIOR.** Abrupto (0,5-2 cm) y plano.

#### **22-59 cm: B<sub>w1</sub>**

**ESTADO HUMEDAD.** Húmedo. **COLOR.** A la matriz, pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo. **ESTADO DE ÓXIDO-REDUCCIÓN.** En estado de oxidación. **MANCHAS.** No hay. **ELEMENTOS GRUESOS.** No hay. **TEXTURA.** Franco-limosa. **ESTRUCTURA.** Moderada, granular compuesta, gruesa. **MATERIA ORGÁNICA.** Poca (1-2 %). **ACTIVIDAD DE LA FAUNA.** Galerías de lombrices vacías, muy abundantes. **ACTIVIDAD ANTRÓPICA.** No aparente. **SISTEMA RADICULAR.** Normal. **ENSAYOS DE CAMPO.** A la matriz, respuesta al HCl (11 %) muy alta. **ACUMULACIONES.** Inexistentes. **CEMENTACIONES.** No cementado. **GRIETAS.** No hay. **SUPERFICIES.** No hay. **LÍMITE INFERIOR.** Abrupto (0,5-2 cm) y plano.

### **59-94 cm: B<sub>w2</sub>**

**ESTADO HUMEDAD.** Húmedo. **COLOR.** A la matriz, amarillo parduzco (10YR 6/6) en húmedo. **ESTADO DE ÓXIDO-REDUCCIÓN.** En estado de oxidación. **MANCHAS.** No hay. **ELEMENTOS GRUESOS.** No hay. **TEXTURA.** Franco-arcillo-limosa. **ESTRUCTURA.** Débil, en bloques subangulares, gruesa. **MATERIA ORGÁNICA.** Inapreciable (<0,2 %). **ACTIVIDAD DE LA FAUNA.** Galerías de lombrices vacías, muy abundantes. **ACTIVIDAD ANTRÓPICA.** No aparente. **SISTEMA RADICULAR.** Normal. **ENSAYOS DE CAMPO.** A la matriz, respuesta al HCl (11 %) muy alta. **ACUMULACIONES.** Inexistentes. **CEMENTACIONES.** No cementado. **GRIETAS.** No hay. **SUPERFICIES.** No hay. **LÍMITE INFERIOR.** Abrupto (0,5-2 cm) y plano.

### **94-190 cm: 2C**

**ESTADO HUMEDAD.** Húmedo. **COLOR.** A la matriz, pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo. **ESTADO DE ÓXIDO-REDUCCIÓN.** En estado de oxidación. **MANCHAS.** No hay. **ELEMENTOS GRUESOS.** No hay. **TEXTURA.** Franco-arenosa. **ESTRUCTURA.** Sin estructura. **MATERIA ORGÁNICA.** Inapreciable (<0,2 %). **ACTIVIDAD DE LA FAUNA.** No aparente. **ACTIVIDAD ANTRÓPICA.** No aparente. **SISTEMA RADICULAR.** Normal. **ENSAYOS DE CAMPO.** A la matriz, respuesta al HCl (11 %) muy alta. **ACUMULACIONES.** Inexistentes. **CEMENTACIONES.** No cementado. **GRIETAS.** No hay. **SUPERFICIES.** No hay. **LÍMITE INFERIOR.** Abrupto (0,5-2 cm) y plano.

## 10. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

El Centro Agronómico de La Melusa consta como la Comunidad de Regantes de Base número 36 del CAYC, y cuenta con un derecho de riego autorizado por la CHE, de un caudal máximo de 0,6 l/s/ha para riego de 466 ha, lo que representa un caudal total de 279 l/s.

El agua de riego proviene de una acequia secundaria derivada de la acequia de “La Mola”, esta última derivación primaria del CAYC (toma MO-7,3). Esta acequia de riego es propiedad exclusiva de La Melusa, con capacidad de 90 l/s, y recorrido desde la toma en la acequia de “La Mola” hasta su desembocadura en el arroyo denominado “La Clamor Amarga”.

El agua de riego, previamente a su distribución por las parcelas regadas bajo sistema RGS, pasa por una estación de bombeo en la que se filtra, recibe cierta presión de bombeo y en la que se inyectan los fertilizantes si se requiere.

Para conocer la aptitud del agua para riego se han obtenido y analizado una serie de parámetros fisicoquímicos de la misma.

Las muestras de agua de riego analizadas han sido tomadas de la cabecera del CAYC, concretamente de la central hidroeléctrica de San José, ubicada a 2 km aguas abajo de la presa del embalse de Barasona, origen del CAYC.

Las analíticas han sido realizadas sobre parámetros fisicoquímicos del agua por un laboratorio especializado, y los resultados que a continuación se muestran se corresponden a muestras tomadas y analizadas durante el mes de junio de 2016.

Los parámetros fisicoquímicos analizados figuran a continuación:

- pH.
- Conductividad eléctrica a 20°C (CE).
- Cloruros.
- Sulfatos.
- Bicarbonatos.
- Carbonatos.
- Nitratos.
- Fosfatos.
- Potasio.
- Magnesio.
- Calcio.
- Sodio.
- Fósforo total.
- Boro.

Los resultados de las analíticas con los valores de estos parámetros han sido extraídos de la página web de consulta de datos de calidad de las aguas superficiales de la CHE, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Análisis fisicoquímico del agua del CAYC (fuente: <http://www.datossuperficiales.chebro.es>).

| Parámetro           | Valor | Unidades     |
|---------------------|-------|--------------|
| pH                  | 7,9   | Adimensional |
| CE (medida a 25 °C) | 240   | µS/cm        |
| Cloruros            | 0,33  | meq/l        |
| Sulfatos            | 0,40  | meq/l        |
| Bicarbonatos        | 1,41  | meq/l        |
| Carbonatos          | 0,33  | meq/l        |
| Nitratos            | 1,6   | mg/l         |
| Fosfatos            | 0,05  | mg/l         |
| Potasio             | 0,03  | meq/l        |
| Magnesio            | 0,30  | meq/l        |
| Calcio              | 1,76  | meq/l        |
| Sodio               | 0,37  | meq/l        |
| Fósforo total       | 0,05  | mg/l         |
| Boro                | 0,006 | mg/l         |

En base al cálculo de una serie de índices de evaluación, se obtiene una serie de resultados que se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Resultados de los índices de evaluación de la aptitud del agua del CAYC con destino para riego (fuente: elaboración propia).

| Índice                          | Resultado                         |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>SAR ajustada</b>             | Agua no alcalinizante             |
| <b>Índice de Langelier</b>      | Sin riesgo de obstrucción         |
| <b>Dureza del agua</b>          | Agua dulce                        |
| <b>Coficiente alcalimétrico</b> | Buena calidad del agua para riego |
| <b>Índice de Kelly</b>          | Agua de óptima calidad para riego |
| <b>Norma de H. Greene</b>       | Agua de buena calidad para riego  |
| <b>Normas Wilcox</b>            | Agua de calidad excelente-buena   |

Como conclusión se puede afirmar que la calidad del agua transportada por el CAYC es óptima para el riego, y no son de esperar efectos perjudiciales provocados por la misma ni en la instalación de riego ni sobre la productividad de los cultivos.



## **ANEXO I. LOCALIZACIÓN DEL CENTRO AGRONÓMICO DE LA MELUSA**

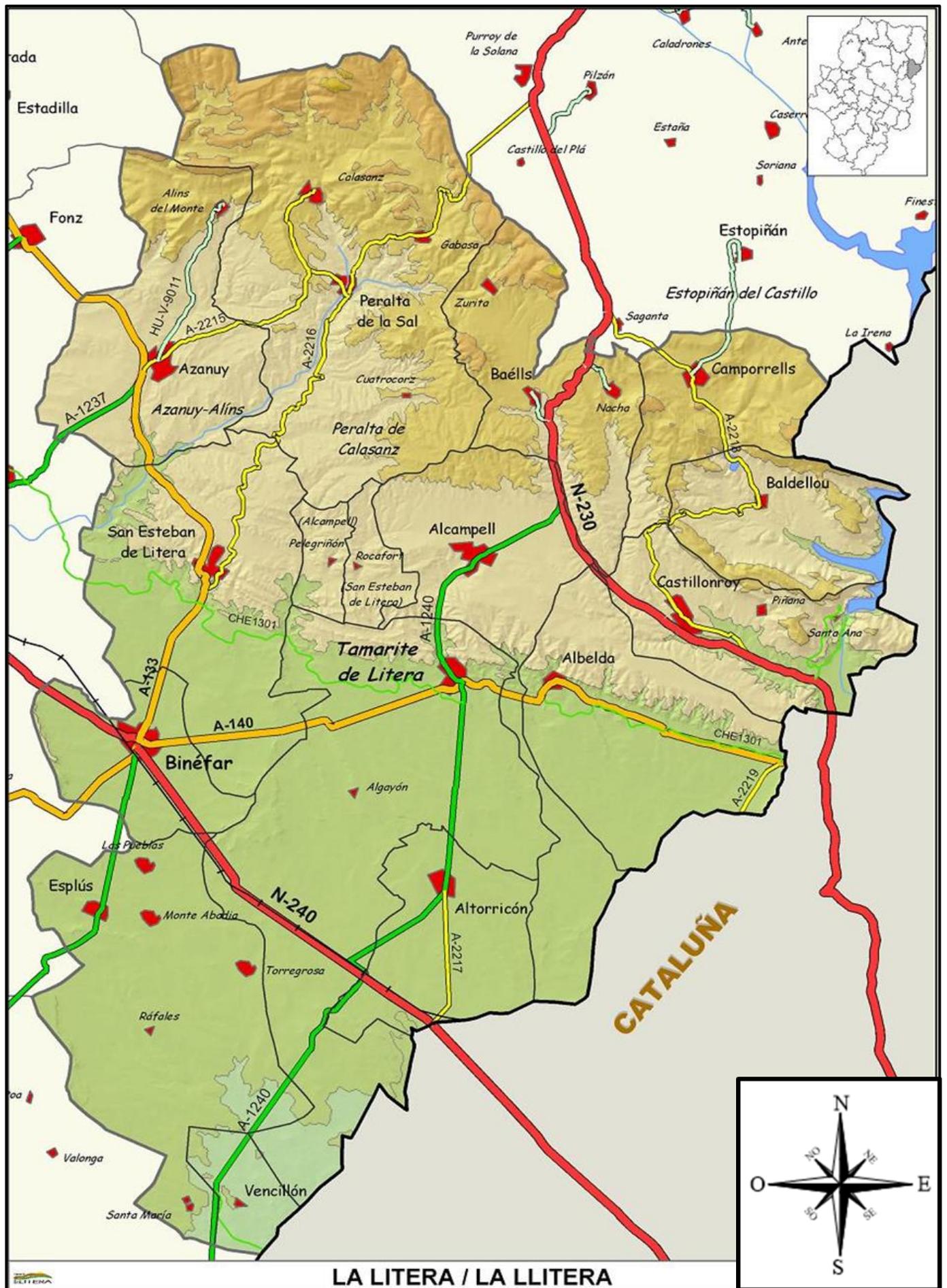
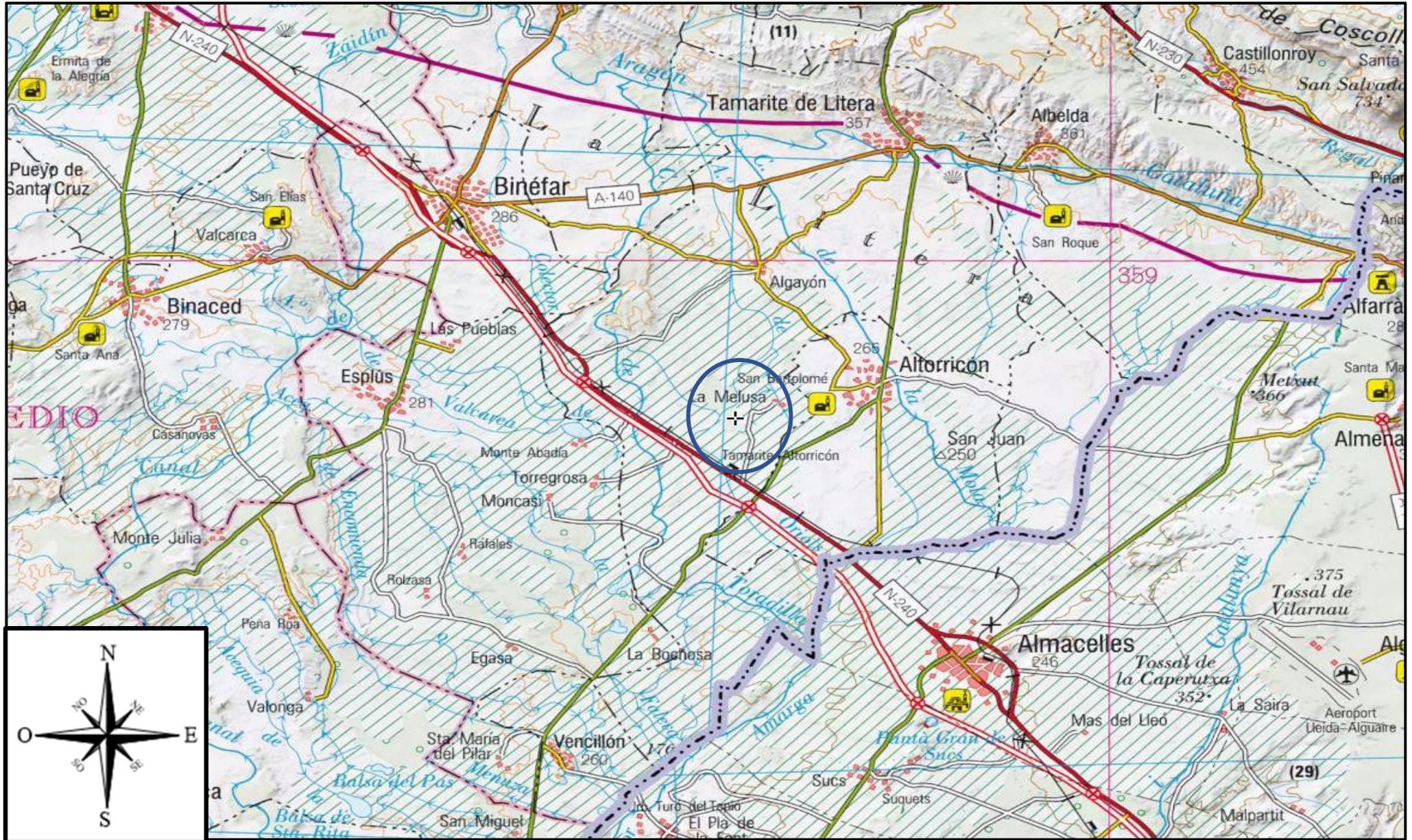


Figura 1. Mapa de la comarca de La Litera a escala 1:160.000 (fuente: Gobierno de Aragón, 2003).



*Figura 2. Emplazamiento del Centro Agronómico de La Melusa, señalado mediante círculo azul (fuente: visor SIGPAC).*



*Figura 3. Emplazamientos del Centro Agronómico de La Melusa, señalado mediante círculo azul, y del ensayo (detrás de la cruz) (fuente: visor SIGPAC).*

**ANEXO II. PRESUPUESTO INSTALACIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE  
RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO**

En el presente anexo se exponen resumidamente 2 presupuestos:

- Presupuesto de instalación del sistema RGS, proporcionado por la empresa instaladora de riego (Tabla 9).
- Presupuesto anual estimado de manera orientativa a año 0 de los costes anuales de explotación del sistema RGS (Tabla 10).

### Presupuesto de instalación

*Tabla 7. Presupuesto de instalación del sistema RGS en “La Melusa” (fuente: Servicios técnicos del CAYC).*

| Nombre de las partidas                     | Presupuesto (€)  |
|--|------------------|
| Tuberías PVC y microtubos de PE            | 1.870,05         |
| Accesorios                                 | 813,21           |
| Valvulería                                 | 1.240,87         |
| Filtraje y bombeo                          | 1.572,51         |
| Goteros                                    | 5.625,27         |
| Automatismos                               | 1.079,37         |
| Equipo de fertirrigación                   | 1.078,30         |
| Mano de obra montaje                       | 2.610,00         |
| Movimiento de tierras                      | 940,00           |
| Inyección de la tubería                    | 1.040,00         |
| <b>Total presupuesto (IVA no incluido)</b> | <b>17.869,58</b> |
| IVA (21 %)                                 | 3.752,62         |
| <b>Total presupuesto (IVA incluido)</b>    | <b>21.622,20</b> |

### Presupuesto ordinario de explotación

*Tabla 8. Presupuesto de explotación anual del sistema RGS en “La Melusa” (fuente: Servicios técnicos del CAYC).*

| Nombre de las partidas   | Presupuesto anual (€/año) |
|--|---------------------------|
| Exceso de inputs en medios de producción, gastos de personal y variación en la renta | 900,00                    |
| Mantenimiento y revisión anual de la instalación                                     | 300,00                    |
| Obtención de resultados y elaboración de informes                                    | 500,00                    |
| Divulgación de la instalación RGS y los resultados                                   | 500,00                    |
| <b>Total presupuesto de explotación anual</b>  | <b>2.200,00</b>           |
| Vida útil del ensayo   | 10 años                   |
| <b>Total presupuesto de explotación</b>  | <b>22.000,00</b>          |

## **ANEXO III. MONITORIZACIÓN DE LA SALINIDAD EN EL ENSAYO**

**Tabla 9.** Protocolo de toma de muestras para el seguimiento de la salinidad del suelo en el ensayo (fuente: personal técnico de La Melusa)

|  |   |
|--|---|
| <b>Número de muestreos anuales</b>                 | 2 (en julio y octubre)  |
| <b>Número de muestras a tomar en cada muestreo</b> | 4 (MEL-1, MEL-2, MEL-3, MEL-4)  |
| <b>Peso aproximado de cada muestra</b>             | 3-4 kg  |
| <b>Profundidad de muestreo</b>                     | 0-15 cm   |
| <b>Indicación</b>                                  | Recoger muestras entre hileras del maíz, y dejar un jalón para identificación del punto de muestreo |
| <b>Condicionante</b>                               | Deben haber pasado 24 h desde el último riego   |

←LA MELUSA CAMINO FLANQUEADO POR PINOS ALGAYÓN→

|                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>PARCELA 1</b> | <b>PARCELA 2</b> | <b>PARCELA 3</b> | <b>PARCELA 4</b> | <b>PARCELA 5</b> | <b>PARCELA 6</b> |
| RGS 25 cm        | RGS 25 cm        | RGS 25 cm        | RGS 35 cm        | RGS 35 cm        | RGS 35 cm        |
| TRIGO            | ALFALFA          | MAÍZ             | TRIGO            | ALFALFA          | MAÍZ             |
|                  |                  | MEL-2            |                  |                  | MEL-4            |
|                  |                  | MEL-1            |                  |                  | MEL-3            |

←LA MELUSA CAMINO CON LOS CONTADORES DE RIEGO ALTORRICÓN→

**Figura 4.** Croquis de recogida de muestras de suelo para determinación de la salinidad del suelo en el ensayo (fuente: elaboración propia).

## REFERENCIAS

### Documentos escritos

Almorox Alonso, J. 2003. *Climatología aplicada a la Ingeniería y Medioambiente*. Departamento de Edafología, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 201 p. ISBN 978-84-7401-179-1. Disponible en:

<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente>

*Atlas Climático de Aragón*. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, Gobierno de Aragón. Disponible en:

[http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/MA\\_CambioClimatico/EACCEL/EducacionComunicacionCambioClimaticoAragon/ci.09\\_Atlas\\_climatico\\_Aragon.detalleDepartamento?channelSelected=0](http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/MA_CambioClimatico/EACCEL/EducacionComunicacionCambioClimaticoAragon/ci.09_Atlas_climatico_Aragon.detalleDepartamento?channelSelected=0)

Ayers, R.S.; Westcot, D.W. 1987. *La calidad del agua en la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 175 p. ISBN 92-5-30-2263-9

Blasco, F; De la Rubia, J. 1973. *Guía para la clasificar las aguas en relación con su calidad para el riego*. Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA). Madrid, España.

Buil Trigo, M. 2008. “A caballo de dos grandes unidades geológicas”. En: Palomares Puertas, A., Rovira Marsal, J. (coord.). *Comarca de La Litera*. Colección Territorio, 29, Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior, Gobierno de Aragón. Zaragoza, España. 365 p. ISBN 978-84-8380-142-0. p. 17-24.

Cánovas Cuenca, J. 1990. *Calidad agronómica de las aguas de riego*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 55 p. ISBN 978-84-7114-309-9

De León Llamazares, A., Arriba Balenciaga, A., De la Plaza, M.C. 1991. *Caracterización agroclimática de la provincia de Huesca*. Dirección General de la Producción Agraria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 184 p. ISBN 978-84-7479-844-2

Ferguson, R.B.; Hergert, G.W. 2009. *Soil Sampling for Precision Agriculture*. EC 154. Cooperative Extension Service, University of Nebraska. Lincoln, Nebraska, EE.UU. 4 p.

Fuentes Yagüe, J., Cruz Roche, J. 1990. *Curso elemental de riego*. Serie “Manuales de Capacitación”, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 240 p. ISBN 978-84-341-0680-9

González Moreno, J.M.; Campos León, M.B. 2012. *Inyección de ácido para la prevención de obstrucciones químicas por precipitados de carbonatos y bicarbonatos*. Boletín Trimestral

de Información al Regante, 21. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. p. 1-4.

Ibarra Benlloch, P. 2004. “La diversidad edáfica del territorio aragonés”. En: Peña, J.L., Longares, L.A., Sánchez, M. (eds.). *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Universidad de Zaragoza e Institución “Fernando el Católico”. Zaragoza, España. 343 p. ISBN 978-84-96214-29-X. p. 41-53.

Israelsen, O.W.; Hansen, V.E. 1985. *Principios y aplicaciones del riego*. 3ª edición. Editorial Reverté. Barcelona, España. 354 p. ISBN: 978-84-2911-030-2

Jiménez Hajar, M.E. 2014. *Proyecto de modernización y mejora del regadío, en Tamarite de Litera (Huesca)*. Juan José Mazón (tut.). Trabajo Fin del Grado en Ingeniería Agrícola y Medio Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Campus de Valladolid. Valladolid, España. 354 p.

Maresma Galindo, A. 2013. *Evaluación del acorte del riego en la última etapa de desarrollo en el maíz para consumo humano: productividad, rentabilidad y uso del agua*. J. Lloveras Vilamanyà (tut.). Trabajo Final de Máster en Ingeniería Agronómica. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida. Lleida, España. 171 p.

Mateu, J.J., García, F. 2006. *Conmemoración del Centenario del Canal de Aragón y Cataluña, 1906-2006*. Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña. Binéfar, Huesca, España. 60 p. ISBN 978-84-88921-31-4

Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerín, M. 2005. *Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 541 p. ISBN 978-84-8476-231-9

Villar Mir, J.M. 2005. “La gestión del agua de riego”. *Dossier Tècnic: Gestión eficiente del agua de riego (I)*, 4: 9-12.

Villar Mir, P.; Arán Mayoral, M. (2008). *Guia d'interpretació d'anàlisis de sòls i plantes*. Departament d'Agricultura i Acció Rural, Generalitat de Catalunya; Consell Català de la Producció Integrada. Barcelona, España. 78 p.

VVAA. 2010. *Memoria resumen y análisis preliminar de incidencia ambiental del plan de zona de desarrollo rural de la comarca de La Litera/La Llitera*. Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. Zaragoza, España. 32 p.

Wilcox, L.V. 1948. *The quality of water for agricultural use*. Technical Bulletin, 962, United States Department of Agriculture. Washington, EE.UU. 40 p.

#### Páginas web

<http://aplicaciones.aragon.es/oresa/> (Página web de la Oficina del Regante de Aragón).

<http://www.cayc.es> (Página web de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña).

<http://www.chebro.es> (Página web de la Confederación Hidrográfica del Ebro).

*<http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-datos-agrarios/> (Página web del SIGA)*

*<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/> (Página web del visor SIGPAC)*

