



MÓDULO 1

FUNDAMENTOS DEL RIEGO

UNIDAD DIDÁCTICA 1. EL AGUA Y EL RIEGO

1.1. Introducción

UD1-1

- Cantidad e importancia del agua en la Tierra.

- Historia de la Agricultura.

- Adaptación de las plantas al cultivo sedentario.
- Primeros asentamientos humanos. Inicio de la agricultura de regadío.
- Nuevas técnicas de riego: desarrollo tecnológico y científico.

UD1-2

- Características de las zonas de regadío.

- Superficie en España y Andalucía.

UD1-3

	Superficie Regada (has)
España	3.400.000
Andalucía	800.000

- Cultivos más usuales en regadío.

UD1-4

Cultivo	% de cultivo en regadío
Arroz, flores y cítricos	Aprox. 100
Hortalizas	95
Frutales	65
Cultivos industriales, algodón y remolacha	65
Forrajes	50
Cereales	30
Viñedo	22
Olivar	12

- Mal estado de conservación de las infraestructuras.

UD1-5

Años de antigüedad	% de la superficie total de regadío
Más de 200	30
90 – 200	7
20 – 90	36
Menos de 20	27

- Necesidad de un mantenimiento adecuado de las infraestructuras.

UD1-6

1.2. Ciclos y usos del agua

- Ciclo Hidrológico.

UD1-7

- Fases en las que se encuentra el agua (Sólida, Líquida y Gaseosa)
- Procesos que intervienen en el ciclo hidrológico.
Transpiración, Evaporación, Precipitación e Infiltración

- Distribución del agua en la Tierra. **UD1-8**

- Usos del agua y porcentajes de uso en España. **UD1-9**
 Uso doméstico, industrial y agua para regadío

1.3. El agua como recurso limitado

- Variación espacial y temporal del agua en España. **UD1-10**
 Espacial: 11% territorio: 49 % de los recursos hídricos
 Temporal: comentar gráfico de precipitación en Sevilla

- Incremento de la demanda de agua causado por el aumento de la superficie de regadío. **UD1-11**

- Uso “irracional” del agua:
- Sobreexplotación de los acuíferos.
 - Derroche del agua para uso doméstico.
 - Insuficiente cantidad de depuración de vertidos urbanos e industriales.
 - Baja eficiencia en las prácticas de riego.

- Disponibilidad de agua de la zona. Definición de cuenca hidrográfica. Cuenas hidrográficas andaluzas. **UD1-12**

- Recursos hídricos de una cuenca: **UD1-13**
 Datos para Andalucía

Origen del agua	has de riego	%
Superficial	547.000	70.1
Subterráneo	225.000	28.8
Trasvase	2.800	0.4
Retorno	85	0.01
Depurada	5.650	0.7

- Situación deficitaria en el conjunto de cuencas de Andalucía. **UD1-14**

NOTA: Comentar las causas de la situación deficitaria y sus posibles repercusiones sobre los acuíferos costeros. En épocas de sequía, en Andalucía se reduce la cantidad de agua superficial para riego, por lo que los agricultores usan excesiva cantidad de agua subterránea. Esto lleva consigo a una sobreexplotación de los acuíferos y problemas de intrusión marina en acuíferos costeros.

1.4. Aspectos sociales, económicos y medioambientales del riego

- La Agricultura de secano y la Agricultura de regadío como alternativa. **UD1-15**

- Características de los cultivos de regadío: **UD1-16**

- Más exigencia en mano de obra, generando más empleo. **UD1-17**
- Aumento de la población. Comentar el caso particular del poniente almeriense.
- Mejora de la economía de la zona.

- Producción final agraria muy elevada.
- Aumento de la actividad empresarial indirecta.

UD1-18

NOTA: Comentar como ejemplo las empresas de suministros de riego, de fertilizantes ó las empresas transformadoras de productos agrícolas.

- Valor paisajístico de los regadíos, principalmente de los regadíos tradicionales.
- Agresividad del regadío con el medio ambiente.

NOTA: Comentar nuevamente la sobreexplotación de los acuíferos costeros, uso masivo de productos químicos, generación de desechos y degradación de las zonas regables en caso de que la práctica de riego no sea la adecuada.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. MÉTODOS DE RIEGO

2.1. Introducción

UD2-1

- Necesidades hídricas de las plantas.
- Métodos de riego como formas de aplicar el agua.
- Factores que influyen en la elección de un método de riego.

UD2-2

NOTA: Los comentarios principales que pueden realizarse son:

- Características físicas del suelo, principalmente la capacidad de almacenamiento de agua.
- Tipo de cultivo, requerimientos de agua y comportamiento en situaciones de falta de agua.
- Coste de la instalación, tanto inversión inicial como mantenimiento.
- Efecto en el medio ambiente, principalmente en el uso eficiente del agua.

- Reparto de la superficie de regadío en España y Andalucía.

UD2-3

Has de regadío por métodos de riego				
	Superficie	Aspersión	Localizado	Total
España	2,000.000	815.000	585.000	3,400.000
Andalucía	330.000	175.000	295.000	800.000

- Métodos de riego.

UD2-4

2.2. Riego por superficie

- Historia y características del riego por superficie.

UD2-5 UD2-6

- El suelo actúa como sistema de distribución.
- Definición de cabecera y cola de la parcela.
- Ahorro de energía en la instalación y en la aplicación del agua.
- Disposición de surcos o caballones en función del cultivo a regar.
- En general baja eficiencia en el uso del agua.

- Sistema de distribución en riego por superficie:
Tuberías a baja presión, canales y acequias.

UD2-7

- Uso adecuado en terrenos llanos ó con pendientes muy suaves.
- Aplicable a la mayor parte de cultivos.

2.3. Riego por aspersión

- Características del riego por aspersión.

UD2-8 UD2-9

- Aplicación del agua de riego en forma de lluvia usando aspersores.
- El agua llega a parcela por una red de tuberías a presión.

- Necesidad de utilización de un sistema de bombeo.
 - Disposición de los aspersores en el campo.
- Tipos de sistemas de riego por aspersión. UD2-10
- Fijos. UD2-11
 - Móviles. UD2-12
 - Máquinas de riego. UD2-13 UD2-14
- Aplicabilidad de los sistemas de riego por aspersión:
- Topografías ligeramente accidentadas.
 - Consumo de agua moderado.
 - Eficiencia en el uso bastante aceptable.
- Influencia de las condiciones climáticas en la distribución de la lluvia.
- Uso del riego por aspersión en riegos ligeros, riegos de socorro, y para el lavado de sales.

2.4. Riego localizado

- Características del riego localizado. UD2-15 UD2-16
- Componentes del sistema. UD2-17
- Cabezal de riego localizado. UD2-18 UD2-19
 - Sistema de bombeo
 - Equipos de filtrado y tratamiento del agua
 - Sistema de tuberías a presión. UD2-20
 - Emisores. Obturación. UD2-21
- Aplicabilidad del riego por superficie.
- Gran tecnificación del sistema.
 - Aplicación del agua en una zona restringida del suelo ⇒ Reducción de la cantidad de agua aportada.
 - Posibilidad de realizar fertirrigación.
 - Posibilidad de automatización de operaciones (limpieza, apertura ó cierre de válvulas, etc.).
 - Alta inversión en equipos y mantenimiento ⇒ Alto coste.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LOS REGADÍOS

3.1. Introducción

UD3-1

- Relación Agricultura – Medio Ambiente.

NOTA: Comentar la práctica de la Agricultura como una alteración del medio natural

- Gran importancia de la agricultura de regadío en el sector agrícola. Influencia en la producción final, empleo e industria complementaria.
- Efectos de la transformación de un sistema de secano en sistema de regadío.
 - Implantación de regadíos supone alteración del medio.
 - Grado de alteración varía según el método de riego.

NOTA: Explicar las implicaciones medioambientales que lleva asociadas la transformación, como modificación de factores que afectan al entorno, o a los recursos como agua y suelo.

- Impactos positivos e impactos negativos.
- Impactos ocasionados por el cambio en el método de riego.

NOTA: Comentar el ejemplo de la transformación de un riego por superficie tradicional en riego localizado y sus impactos negativos sobre el funcionamiento de los acuíferos, clima de la zona (humedad y temperatura) y desaparición de hábitats propios del riego por superficie.

3.2. Efectos ambientales positivos relacionados con los regadíos

UD3-2

- Aumento del valor paisajístico de la zona, especialmente en sistemas de riego por superficie tradicionales. UD3-3
- Incremento de la biodiversidad ó variedad de especies de animales y plantas.
 - Influencia de la infraestructura de almacenamiento de agua (presas, embalses, etc.).
 - Peligro de destrucción de flora y fauna autóctonos.
- Biodiversidad ⇒ desarrollo de las actividades cinegéticas y de carácter deportivo o turístico.

3.3. Efectos ambientales negativos relacionados con los regadíos

UD3-4

- Alteración del medio debido a la construcción de infraestructuras.

NOTA: Se puede especificar esta alteración del medio como posibles modificaciones en los cauces naturales, en las zonas húmedas y en los acuíferos.

- Ineficiencia en el uso del agua de riego, principalmente en sistemas tradicionales.
- Deterioro de la calidad del agua. Contaminación por filtración profunda y escorrentía. **UD3-5**
 - Filtración profunda: lavado de sales, herbicidas, fertilizantes, etc., que pueden llegar hasta los acuíferos.
 - Escorrentía: contaminación del agua con sedimentos, erosión del suelo y reducción en la vida útil de las estructuras.
- Riesgo de salinización del suelo.
- Solución con la práctica del riego: incrementar la uniformidad en la distribución del agua y la eficiencia en el uso del agua.
- Erosión del suelo. Riesgo según el método de riego. **UD3-6**

NOTA: Comentar que la erosión del suelo lleva asociado un arranque de partículas de la capa más superficial, que es la más fértil, lo que repercute en la productividad.

- Efectos producidos por la erosión. **UD3-7**
 - Arranque de partículas en la zona de cabecera. **UD3-8**
 - Sedimentación en cola, con posible sellado de poros. **UD3-9**
 - Deterioro de la red de desagüe. **UD3-10**
- Soluciones:
 - Manejo adecuado.
 - Protecciones en zonas puntuales.
- Contaminación por nitratos. Origen de los nitratos. **UD3-11**
- Problemas ocasionados por los nitratos:
 - Contaminación de las aguas para consumo humano. **UD3-12**

Límites en contenido de nitratos para agua de consumo público (OMS)	
Límite recomendado	Límite máximo
50 mg/L	100 mg/L
- Contaminación de las aguas subterráneas. **UD3-13**
 - Filtración profunda en el lavado de nitratos.
 - Dosis de abono. **UD3-14**

Nota: Hacer hincapié en el abuso de abono nitrogenado y sus repercusiones en la contaminación por nitratos.

Características del suelo (capacidad de infiltración).
Momento de riego y abonado.

- Contaminación de las aguas superficiales. **UD3-15**
 - Influencia de la escorrentía superficial. **UD3-16**
 - Eutrofización. Problemas relacionados.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. EL AGUA EN EL SUELO Y LA PLANTA. PÉRDIDAS DE AGUA

4.1. Introducción

UD4-1

- Importancia del agua en la vida de las plantas.

- El consumo de agua por el cultivo.

UD4-2

- Tipo de cultivo
- Climatología
- Tipo de suelo

- Relación agua-suelo-planta-atmósfera.

4.2. Características físicas del suelo

- Suelo como soporte físico para las plantas.

UD4-3

- Fracción sólida
- Fracción porosa

Fracción porosa según el tipo de suelo

Tipo de suelo	Fracción porosa	Fracción sólida
Arenoso	0.25-0.5	0.5-0.75
Franco	0.35-0.5	0.5-0.65
Arcilloso	0.4-0.7	0.3-0.6

UD4-4

- Textura del suelo.

UD4-5

- Arena, limo y arcilla

Textura del Suelo	% Arena	% Limo	% Arcilla
Arenoso	90	5	5
Limoso	5	90	5
Arcilloso	5	5	90
Franco	40	40	20
Franco arenoso	60	15	25
Franco limoso	20	65	15
Franco arcilloso	30	35	35
Franco arcillo-arenoso	55	15	30
Franco arcillo-limoso	10	60	30

- Capacidad de retención de agua de un suelo.

UD4-6

- Arenosos:
 - Poca capacidad de retención
 - Escasos problemas de encharcamiento
 - Filtración a capas profundas

NOTA: Incidir en que en este tipo de suelos la pérdida de agua suele ser mayor y ello puede influir en el lavado de sales.

- Arcillosos:
 - Elevada capacidad de retención
 - Problemas de encharcamiento

NOTA: Comentar el caso intermedio: suelos francos.

4.3. El agua en el suelo

- Niveles de humedad en el suelo

UD4-7

- Saturación
- Límite superior
- Límite inferior
- Suelo seco

NOTA: Comentar que es muy habitual utilizar los conceptos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para designar los límites superior e inferior respectivamente. Actualmente se utilizan éstos con mayor asiduidad.

- Intervalo de Humedad Disponible.
(Definición, explicación y ejemplo de cálculo)

UD4-8

- Medida de la humedad del suelo

UD4-9

- Medidas directas del contenido de agua

- Humedad gravimétrica
- Humedad volumétrica

UD4-10

UD4-11 UD4-12

Nota: En la diapositiva UD4-12, la altura de agua correspondiente a 1 litro sobre 1 metro cuadrado debe ser de 1 milímetro y no de 1 metro como se indica en el dibujo.

- Relación entre Hg y Hv. Densidad aparente

UD4-13

Textura del suelo	Densidad aparente (da) gr/cm ³
Arenoso	1.65
Franco-arenoso	1.50
Franco	1.40
Franco-arcilloso	1.35
Franco-limoso	1.30
Arcilloso	1.25

Nota: Se puede realizar un ejercicio simple partiendo de valores de Hg (en %) y densidad aparente del suelo, para calcular la humedad volumétrica en %, mm de altura y L/m².

- Medidas indirectas del contenido de agua en el suelo. Instrumentos

UD4-14

- Tensiómetros
- Sonda de neutrones
- TDR

NOTA: Comentar la precisión y fiabilidad de medida de este tipo de instrumentos, precios orientativos, facilidad de manejo, riesgos que pueden implicar su uso, etc.

4.4. El agua en la planta. Uso del agua en la planta

- El agua como elemento esencial para la realización de sus procesos vitales

UD4-15

- Crecimiento
- Fotosíntesis
- Transpiración

UD4-16

NOTA: Coeficiente de transpiración de algunos cultivos. Cantidad de agua que necesita transpirar para producir 1 kg de materia seca.

UD4-17

Cultivo	Coef. de transpiración
Alfalfa	800
Maíz	350
Patata	600
Remolacha	400
Trigo	500

- Transpiración:

UD4-16

- Factores de los que depende
- Estomas: ubicación, funcionamiento durante la transpiración. Apertura y cierre.

- Estado hídrico de la planta. Relación con la transpiración.

UD4-18

- Situación con un buen estado hídrico (ejemplo: tras un riego)
- Situación de estrés hídrico (ejemplo: justo antes de regar)

NOTA: explicar todo lo que implica una reducción en la transpiración:

- Menor fotosíntesis
 - Disminución de la producción
 - En caso extremo, muerte de la planta
-

4.5. Pérdidas de agua en el suelo

UD4-19

- Escorrentía. Relación de escorrentía.
- Filtración profunda. Relación de filtración.
- Evaporación.

4.6. Calidad del riego. Eficiencia, uniformidad y déficit

- Eficiencia de aplicación = $\frac{\text{Agua almacenada}}{\text{Agua aplicada}}$

UD4-20

NOTA: Eficiencias de aplicación en diferentes métodos de riego. Incidir siempre en que los valores variarán mucho dentro del rango que se indica en función de que el manejo del riego sea más o menos adecuado.

UD4-21

Método de riego	Eficiencia de aplicación
Superficie	55-85
Aspersión	65-90
Localizado	70-90

- Cociente de déficit = $\frac{\text{Agua no aportada}}{\text{Agua necesaria}}$

UD4-22

- Uniformidad del agua infiltrada. Coeficiente de uniformidad.

UD4-23

UNIDAD DIDÁCTICA 5. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

5.1. Introducción

UD5-1

- Origen de las sales del suelo. **UD5-2 UD5-3**
- Relación salinidad del suelo \Leftrightarrow Crecimiento de la planta.
- Problemas del agua salina para el riego. **UD5-4 UD5-5**
- Influencia de la calidad del agua de riego en la implantación de una zona de regadío. **UD5-6**

5.2. El agua de riego y las sales

- Análisis del agua de riego.
 - Recogida de la muestra. **UD5-7**
 - Análisis en laboratorio especializado. **UD5-8**

	Valores normales		Valores normales
Ph	6-8.5	Potasio	0-2 mg/L
Conductividad eléctrica	0-3 dS/m	Sodio	0-920 mg/L
Carbonatos	0-3 mg/L	Boro	0-2 mg/L
Bicarbonatos	0-600 mg/L	Hierro	0-0.5 mg/L
Cloruros	0-1100 mg/L	RAS ⁽¹⁾	0-15
Sulfatos	0-960 mg/L	Dureza	0-40 °F ⁽²⁾
Calcio	0-400 mg/L	Sólidos en suspensión	0-100 mg/L
Magnesio	0-60 mg/L	Bacterias	0-25.000 por cm ³

- Salinidad del agua y del suelo. Sales más frecuentes. **UD5-9**
 - Diferencias entre salinidad del agua de riego y salinidad del agua que está en el suelo.
 - Relación salinidad del suelo \Leftrightarrow aporte de sal \Leftrightarrow extracción por parte del cultivo. Posibles daños.
 - Métodos de determinación de la salinidad del agua de riego. **UD5-10**
 - Medida del contenido de sales (CTS).
 - Medida de la conductividad eléctrica (CE).
 - Relación contenido total de sales y conductividad eléctrica.

NOTA: Se puede hacer un ejemplo que relacione estos dos conceptos: CTS y CE.

- Criterios FAO de utilización del agua para riego. **UD5-11**
 - Posibles soluciones a problemas de salinidad. **UD5-12**
- Tolerancia de los cultivos a la salinidad. Definición y valores. **UD5-13**

Tolerancia a la salinidad (dS/m)					
Cultivos extensivos		Cultivos hortícolas		Cultivos frutales	
Cebada	8.0	Pepino	2.5	Olivo	2.7
Algodón	7.7	Tomate	2.5	Vid	1.5
Remolacha	7.0	Melón	2.2	Manzano	1.7
Trigo	6.0	Espinaca	2.0	Naranja	1.7
Soja	5.0	Col	1.8	Limonero	1.7
Arroz	3.0	Patata	1.7	Melocotonero	1.7
Maíz	1.7	Pimiento	1.5	Ciruelo	1.5
		Cebolla	1.2	Fresa	1.0
		Judía	1.0		

- Salinidad del agua: elección del cultivo y del método de riego.

UD5-14

NOTA: Comentar ejemplos de la influencia de la salinidad en dicha elección:

1.- Si el agua de riego es salina es más seguro cultivar algodón que maíz.

2.- Si el agua de riego es salina no interesa utilizar riego por aspersión ya que el agua puede quedar en la superficie del cultivo, produciendo daños por quemaduras. Sin embargo, este agua posiblemente se podrá utilizar en riego localizado.

5.3. Toxicidad

- Toxicidad: Sodio, Boro y Cloruro. Sintomatología.

UD5-15

- Exceso de sodio: Sequedad ó quemaduras en los bordes exteriores de las hojas.
- Exceso de cloruro: Quemaduras en la punta de las hojas.
- Exceso de boro: Amarilleamiento de las hojas más antiguas y sequedad en algunas zonas de la planta.

5.4. Problemas de infiltración

- Relación entre el exceso de sodio y una infiltración deficiente.

UD5-16

- Relación de Adsorción de Sodio (RAS).

UD5-17

- Clasificación del agua de riego según la salinidad del agua y el RAS.

UD5-18

5.5. Otros criterios de calidad

- Otros factores a estudiar en los análisis de agua para riego.

UD5-19

- Sólidos en suspensión
- pH
- Dureza

UD5-20

Grados franceses	Tipo de agua
<7	Muy dulce
7-14	Dulce
14-22	Medianamente dulce

22-32	Medianamente dura
32-54	Dura
>54	Muy dura

- Hierro y carbonatos
- Bacterias

- Valores máximos recomendados de estos criterios de calidad **UD5-21**
- Influencia del agua de riego en la elección de los filtros, aplicación de ácido y emisores en riego localizado.

5.6. Lavado de sales

- Variación de la concentración de sales del suelo en función de su contenido de humedad. **UD5-22**
 - Relación entre la evaporación y la transpiración y la salinidad del suelo.
 - Relación entre el lavado de sales y la salinidad del suelo.
- Factores que influyen en las necesidades de lavado de sales. **UD5-23**
- Uso de los sistemas de drenaje para evacuar el agua de lavado.

5.7. Resumen

- Factores a los que afecta la calidad del agua de riego **UD5-24**

UNIDAD DIDÁCTICA 6. PROGRAMACIÓN DE RIEGOS

6.1. Introducción

UD6-1

- Objetivos de la programación de riegos.

UD6-2

- Estudios previos a la programación de riegos.

UD6-3

- Influencia del tipo de cultivo y su estado de desarrollo en el cálculo de las necesidades hídricas.

6.2. Necesidades de agua de los cultivos

- Transpiración y evaporación del agua. Factores que influyen en la evapotranspiración

UD6-4

- Cálculo de la evapotranspiración (ET).

UD6-5

- Evapotranspiración de referencia (ETr). Factores de los que depende. Curva típica de ETr.

UD6-6

NOTA: Explicar cómo se calcula la evapotranspiración de referencia y quién la suele medir. Dar valores de la evapotranspiración de referencia de distintas zonas andaluzas:

UD6-7

ETr diaria (mm/día) en el valle medio y bajo del Guadalquivir												
Etr	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mm/día	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2

UD6-8

ETr diaria (mm/día) en zonas representativas de las provincias andaluzas													
Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Almería (Dentro de invernadero) *	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5	4.0	4.0	3.5	2.5	2.0	1.0	1.0	
Cádiz (Z.R. Guadalcaén)	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	5.5	6.5	6.0	4.5	3.0	2.0	1.5	
Córdoba (Valle medio del Guadalquivir)	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	6.0	5.0	3.5	2.5	1.5	
Granada (Vega de Granada)	1.0	2.0	3.0	3.5	4.5	6.0	6.5	6.0	4.0	2.5	1.5	1.0	
Huelva (Riegos de Palos-Moguer)	1.5	2.0	3.0	4.0	4.5	5.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	
Jaén (Valle alto del Guadalquivir)	1.0	1.5	2.5	3.0	4.5	5.5	6.5	5.5	4.0	2.5	1.5	1.0	
Málaga (Z.R. Guadalorce)	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	5.5	5.5	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	
Sevilla (Valle bajo del Guadalquivir)	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	6.0	5.0	3.0	2.0	1.5	

* Los valores de ETr (invernaderos en Almería) son en general más reducidos que en el resto de las zonas de las demás provincias, al tratarse de datos medidos en invernadero. En este caso, dichos valores han sido tomados en un invernadero tipo parral de Almería con cubierta de plástico de dos campañas. No obstante es preciso tener precaución cuando hayan de utilizarse para calcular ET dentro de otro tipo de invernaderos.

- Coeficiente de cultivo (Kc). Definición e influencia de la fase de desarrollo. Curva típica de coeficiente de cultivo.

UD6-9

- Fases de desarrollo de los cultivos

Inicial, Desarrollo, Media y Maduración

- Valores de Kc para cultivos herbáceos y hortícolas.

UD6-10

Valores de Kc para cultivos herbáceos y hortícolas				
	Fase del cultivo			
	Inicial	Desarrollo	Media	Maduración
Algodón	0.45	0.75	1.15	0.75
Berenjena	0.45	0.75	1.15	0.80
Cebada	0.35	0.75	1.15	0.45
Girasol	0.35	0.75	1.15	0.55
Judía verde	0.35	0.70	1.10	0.30
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
Melón	0.45	0.75	1.00	0.75
Patata	0.45	0.75	1.15	0.85
Pimiento	0.35	0.70	1.05	0.90
Remolacha	0.45	0.80	1.15	0.80
Soja	0.35	0.75	1.10	0.60
Sorgo	0.35	0.75	1.10	0.65
Tabaco	0.35	0.75	1.10	0.90
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Trigo	0.35	0.75	1.15	0.45
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90

Nota: Es recomendable proporcionar valores de Kc de los cultivos representativos de la zona o aquellos que soliciten los alumnos/as.

- Grado de cobertura en cultivos leñosos. Definición.

UD6-11

- Valores de coeficiente de cultivo para cultivos leñosos.

UD6-12

Valores de Kc para cítricos sin cubierta vegetal												
Grado de cobertura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
> 70 %	0.5	0.5	0.55	0.55	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.55	0.55
50 % aprox.	0.45	0.45	0.5	0.5	0.5	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.5	0.5
< 20 %	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.4	0.4

Valores de Kc para frutales de hoja caduca sin cubierta vegetal												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Manzano, cerezo	-	-	-	0.4	0.6	0.85	1.0	1.0	0.95	0.7	-	-
Melocotonero, peral, ciruelo, y albaricque	-	-	-	0.4	0.55	0.75	0.9	0.9	0.7	0.65	-	-

Valores de Kc para otros cultivos leñosos												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Olivar	0.5	0.5	0.65	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.6	0.65	0.5
Vid	-	-	-	0.45	0.6	0.7	0.7	0.7	0.65	0.5	0.3	-

Nota: Es recomendable proporcionar valores de Kc de los cultivos representativos de la zona o aquellos que demanden los alumnos/as.

- Ejemplo de cálculo de la evapotranspiración diaria. Se proporcionan datos de ETr y Kc.

UD6-13

6.3. El agua del suelo en relación con el riego

- Intervalo de Humedad Disponible. Definición.

UD6-14

- Cantidad de agua en el suelo a disposición de las plantas.

■ Diferencia entre los límites superior e inferior de humedad.

- Intervalo de Humedad Disponible según la textura del suelo.

UD6-14

Textura	IHD (mm de agua/m de profundidad del suelo)
Arenoso	70-100
Franco-arenoso	90-150
Franco	140-190
Franco-arcilloso	170-220
Arcilloso	200-250

- Relación entre la profundidad de raíces y las necesidades de agua del cultivo.

- Valores de profundidad de raíces para diferentes cultivos.

UD6-15

Cultivo	Prof.	Cultivo	Prof.	Cultivo	Prof.	Cultivo	Prof.	Cultivo	Prof.
Aguacate	0.8-1.2	Cebada	0.9-1.1	Fresa	0.3-0.5	Melón	0.6-1.1	Sorgo	0.6-0.9
Albarico.	0.6-1.4	Cebolla	0.3-0.6	Girasol	1.5-2.5	Olivo	0.9-1.5	Tabaco	0.5-0.9
Alcachofa	0.6-0.9	Cerezo	0.8-1.2	Guisantes	0.4-0.8	Patata	0.6-0.9	Tomate	0.6-1.2
Alfalfa	1.2-1.8	Ciruelo	0.8-1.2	Lechuga	0.2-0.5	Pepino	0.4-0.6	Trigo	0.8-1.1
Algodón	0.6-1.8	Cítricos	0.9-1.5	Legum. grano	0.5-1.0	Peral	0.6-1.2	Vid	0.8-1.1
Almendro	0.6-1.2	Col y coliflor	0.6	Maíz grano	0.6-1.2	Pimiento	0.4-0.9	Zanahoria	0.4-0.6
Avena	0.6-1.1	Espárrago	1.2-1.8	Manzano	0.8-1.4	Remolacha	0.6-1.2		
Berenjena	0.5-0.6	Espinaca	0.4-0.6	Melocotón	0.6-1.2	Soja	0.6-1.0		

NOTA: Se pueden dar ejemplos de profundidad de raíces en función de los intereses de los agricultores/as.

- Ejemplo de cálculo de la cantidad de agua disponible.

UD6-16

- Nivel de Agotamiento Permisible. Definición y valores más usuales.

UD6-17

- Ejemplo de cálculo de la humedad del suelo para un NAP dado.

UD6-18

- Déficit de Agua en el Suelo. Definición. Representación esquemática.

UD6-19

6.4. Estimación de las necesidades de riego usando el método del balance de agua

- Variación de la humedad del suelo en función de los aportes y extracciones de agua del mismo.

UD6-20

- Balance de agua en el suelo. Componentes del balance de agua.

UD6-21

- Necesidades netas de riego.

UD6-22

- Definición y expresión para su cálculo.
- Lámina de agua requerida.

- Eficiencia de aplicación. Definición y valores aproximados para los distintos métodos de riego. **UD6-23**

Eficiencia de aplicación (Ea) esperada	
Método de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Riego por superficie	55-90
Riego por aspersion	65-90
Riego localizado	75-90

NOTA: Es preciso insistir que los valores de eficiencia son muy aproximados y dependerán en gran medida del manejo que se realice de los riegos. Los valores más elevados se consiguen con diseños y manejos adecuados.

- Necesidades brutas de riego. **UD6-24**
 - Definición y expresión para su cálculo.
 - Ejemplo de cálculo a partir de valores de necesidades netas y eficiencia de aplicación.
 - Lámina de agua aplicada.

- Cálculo de las necesidades brutas considerando las necesidades de lavado. **UD6-25**
 - Definición de necesidades de lavado y fracción de lavado.
 - Ejemplo de cálculo a partir de valores de necesidades netas, eficiencia de aplicación y fracción de lavado.

6.5. Estrategias de riego

- Definición de estrategia de riego. **UD6-26**
 - Momento de efectuar el riego.
 - Cantidad de agua a aplicar.

- Tipos de estrategias de riego:
 - 1. General: regar cuando $DAS=NAP$ **UD6-27**
 - 2. Cultivo de alto valor comercial: Se aplican las necesidades brutas de riego antes de que DAS alcance el NAP.
 - 3. Aplicación de una cantidad de agua fija: Se realiza cuando el DAS iguala a las necesidades netas. **UD6-28**
 - 4. Riego por turnos fijos: se recomienda regar antes de que DAS supere al NAP. **UD6-29**

NOTA: Aclarar que con cualquiera de estas estrategias de riego, lo habitual es aplicar una cantidad de agua correspondiente a las necesidades brutas. Aplicar mayor cantidad supone regar menos eficientemente (se incrementarían las pérdidas).

6.6. Calendarios medios de riego. Programación en tiempo real

- Calendario medio de riegos. Fundamento y utilidad.

UD6-30

- Datos necesarios
- Objetivo: calcular momento de riego y cantidad de agua a aplicar

- Fases a seguir para realizar un calendario de riego:

Estrategia de riego \Rightarrow Criterio de elección del momento de riego \Rightarrow Cálculo del DAS \Rightarrow Cálculo del NAP \Rightarrow Comparación DAS-NAP: Momento de riego \Rightarrow Cálculo de la cantidad de agua a aplicar.

- Ejemplo: realización de un calendario medio de riego.

- Datos del ejemplo UD6-31
- Cálculo de la ET diaria a partir de la ETr y Kc UD6-32
- Cálculo del déficit de agua del suelo. UD6-33
- Cálculo de la cantidad de agua en el suelo correspondiente al NAP para cada profundidad radicular. UD6-34
- Comparación del DAS con el NAP para establecer el momento de regar. Cálculo de las necesidades brutas. UD6-35
- Comenzar de nuevo el proceso, partiendo de DAS nulo. UD6-36
- Calendario resultante. UD6-37 UD6-38 UD6-39 UD6-40 UD6-41

- Calendario de riegos con datos obtenidos en tiempo real. Importancia de los Servicios de Asesoramiento al Regante.

- Calendario medio de riegos considerando la lluvia.



MÓDULO 2

RIEGO POR ASPERSIÓN

UNIDAD DIDÁCTICA 1. CONCEPTOS BÁSICOS DEL RIEGO A PRESIÓN (ASPERSIÓN Y LOCALIZADO)

1.1. Introducción

UD1-1

- Necesidad de suministrar energía al agua en riego localizado y riego por aspersión. **UD1-2**
 - Presión por diferencia de cota.
 - Presión suministrada por un equipo de bombeo.

1.2. Conceptos generales: caudal, presión y pérdidas de carga

- Caudal. Definición. **UD1-3**
 - Unidades más habituales.
L/s, L/h, m³/h.
 - Cambio de unidades.

Para pasar de	a		
litros/segundo	litros/hora	multiplicar por	3.600
litros/segundo	metros ³ /hora	multiplicar por	3.6
litros/hora	litros/segundo	dividir por	3.600
litros/hora	metros ³ /hora	dividir por	1.000
metros ³ /hora	litros/segundo	multiplicar por y dividir por	1.000 3.600
metros ³ /hora	litros/hora	multiplicar por	1.000

- Ejemplo de cambio de unidades.

NOTA: En las zonas regables o en las comunidades de regantes el caudal suele expresarse m³/h debido a los grandes caudales que se manejan. A escala de regante, se suele expresar el caudal en L/s o L/h.

NOTA: Comentar que el caudal sólo se suele medir con caudalímetros electromagnéticos o de ultrasonidos en grandes instalaciones. El agricultor medirá volúmenes con contadores volumétricos situados en determinados puntos de la red.

- Presión. Definición. **UD1-4**
 - Sumandos de la presión del agua. **UD1-5**
 - Diferencia de altura.
 - Vencer el rozamiento.
 - Funcionamiento de emisores.
 - Unidades más habituales.
 - Cambio de unidades.
- 1 atm = 1 kg/cm² = 10 m.c.a. = 0.1 Mpa

NOTA: Debe quedar claro que la medida de presión conocida como “kilos”, son en realidad Kg/cm². Además se debe indicar que las casas comerciales cada vez utilizan más la unidad MPa, por tanto es importante que se conozca la relación entre Kg/cm² y MPa.

- Ejemplo de cambio de unidades.

NOTA: Hacer hincapié en el uso de manómetros para medir presiones, instalados permanentemente o colocándolos en las tomas manométricas. **UD1-6**

- Pérdidas de carga. Definición.
- Factores de los que dependen las pérdidas de carga. **UD1-7**
 - Caudal, diámetro, longitud y material de la tubería.
- Importancia de la valoración de todas las pérdidas de carga que puedan ocasionarse para realizar el diseño hidráulico de una instalación.

NOTA: La unidad más frecuente para medir pérdidas de carga son los m.c.a. Deberá quedar clara la relación 1 m.c.a. = 1m. de diferencia de altura entre dos puntos.

NOTA: Las pérdidas de carga serán mayores a medida que aumenta la rugosidad de las tuberías. Las tuberías menos rugosas son las de PVC y PE, seguidas de las de aluminio y acero galvanizado. Las más rugosas son las de fibrocemento.

1.3. Elevación del agua

- Formas de suministrar presión al agua de riego.
 - Elevándola hasta un depósito.
 - Bombearla directamente con la presión necesaria.
 - Bombas.
- Fases de actuación de las bombas hidráulicas: aspiración e impulsión. **UD1-8**
- Fase de aspiración. Altura geométrica de aspiración (H_a). **UD1-9**
- Fase de impulsión.
 - Altura geométrica de impulsión.
 - Altura manométrica de impulsión (H_i). **UD1-10**
- Ejemplo de cálculo de la altura manométrica de impulsión. **UD1-11**
- Altura por pérdidas de carga (H_p). Ejemplo de cálculo. **UD1-12**
- Altura manométrica total (H_t). **UD1-13**

1.4. Tipos de bombas

- Bombas más utilizadas en agricultura. **UD1-14**
 - Grupos motobomba.
 - Grupos electrobomba.
- Tipos de impulsión: centrífuga y axial. **UD1-15**
- Bombas de eje horizontal. **UD1-16**

- Uso: elevar aguas superficiales o de pozos poco profundos.
- Funcionamiento más habitual: impulsión centrífuga.
- Elementos que deben disponerse junto a las bombas.
Ventosa, válvula de control de flujo, válvula de retención. **UD1-17**

- Bombas de eje vertical. **UD1-18**
 - Uso: bombear agua desde pozos estrechos y profundos
 - Funcionamiento más habitual: impulsión axial.

- Motobombas sumergibles o grupos buzo. **UD1-19**
 - Uso para pozos profundos, incluso más de 200 m.

1.5. Prestaciones de las bombas

- Prestaciones de las bombas: caudal y presión.
- Funcionamiento en solitario o en agrupación.
- Tipos de agrupaciones.
 - Bombas en paralelo. **UD1-20-V**
 - Suma de los caudales.
 - Altura manométrica de cualquiera de las bombas.
 - Situaciones para recomendar agrupamiento en paralelo.
 - Caudal variable a lo largo de la campaña de riegos.

 - Bombas en serie. **UD1-21-V**
 - Caudal de una de las bombas.
 - Suma de las alturas manométricas.
 - Situaciones para recomendar agrupamiento en serie.
 - Altura manométrica total variable.

1.6. Potencia del motor que acciona una bomba

- Función del motor en los grupos de bombeo.
- Potencia de un motor en caballos de vapor (CV) y en Kilovatios (kW).
 - Expresiones para su cálculo. **UD1-22**
 - Ejemplo de cálculo. **UD1-23**

NOTA: Los datos de rendimientos de la bomba y del motor son suministrados por el fabricante. Cuanto mayor sea el rendimiento, mejor será el aprovechamiento de la energía suministrada al motor.

1.7. Criterios básicos de selección de un grupo de bombeo

- Según el origen del agua de riego. **UD1-24**
- Disponibilidad o no de energía eléctrica en la finca

- Elección de un grupo motobomba o electrobomba.
- Cálculo de la altura manométrica total (incrementada en un 20%) para elegir correctamente la bomba, una vez decidido el tipo de bomba a instalar.
- Elección de la potencia del motor en función de la potencia requerida por la bomba para elevar el agua.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN. TIPOS DE SISTEMAS Y COMPONENTES.

2.1. Introducción. Descripción del método

UD2-1

- Riego por aspersión. Definición.
- Breve descripción de los fundamentos del método.
 - Agua en forma de lluvia.
 - Aspersores.
 - Red de distribución a presión.
 - Tamaño de gota y riesgo de erosión.
- Breve reseña a la influencia de las condiciones climáticas.
 - Viento y evaporación.

2.2. Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión

UD2-2 UD2-3 UD2-4 UD2-5 UD2-6

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Permite regar terrenos poco ondulados y uniformes	Gran inversión inicial y/o de mantenimiento dependiendo del sistema implantado
Permite mayor mecanización de los cultivos	Las condiciones climáticas, especialmente el viento, dificultan el reparto uniforme del agua
Se adapta a las primeras fases de los cultivos	Alto coste energético por la necesidad de sistemas de bombeo
Es eficaz en la lucha contra heladas	Mayor riesgo de enfermedades en los cultivos al permanecer la parte aérea mojada
Ideal para realizar lavado de sales	Aumenta el riesgo de quemaduras en las hojas debido a un posible exceso de sales en las hojas por la evaporación del agua de riego
Muy útil para dar riegos de socorro	
Posibilita la aplicación de fertilizantes	
Se adapta muy bien a la rotación de cultivos	
Posibilidad de ser utilizado en gran variedad de suelos	
Gran aprovechamiento de la superficie de cultivo	

NOTA: Se deberá insistir en los dos aspectos en los que se fundamentan las ventajas del riego por aspersión: el control del riego sólo está limitado por las condiciones climáticas, y la uniformidad de aplicación del agua es independiente de las características del suelo.

2.3. Red de distribución. Piezas especiales

- División de parcelas en unidades y subunidades de riego.
- Red de distribución. Componentes.
 - Red principal o de alimentación.
 - Ramales de aspersión.
- Riego por posturas. Cambio de posturas. **UD2-7**
- Clasificación de la red de distribución: fija, móvil y mixta. **UD2-8**

NOTA: Indicar que las redes de distribución fijas son más adecuadas cuando los riegos deben ser frecuentes, y las móviles cuando el suministro de agua es por medio de canales o acequias.

NOTA: Deberá quedar claro que cuanto más fija es la red de distribución más cara será la inversión inicial, aunque menores los costes de explotación.

- Características de las tuberías. **UD2-9**
 - Tuberías para sistemas móviles.

NOTA: Los materiales más utilizados son el aluminio y el acero galvanizado, aunque también se utilizan en algunas ocasiones PVC y polietileno.

- Tuberías metálicas: **UD2-10 UD2-11**
- Longitudes más frecuentes: 3, 6, 9 ó 12 m.
 - Diámetros más frecuentes y presiones en los ramales: 50-150 mm; aprox. 10 Kg/cm².
 - Uniones: Condiciones que deben cumplir. **UD2-12**
Tipos: mecánicas e hidráulicas.

- Tuberías de PVC: **UD2-13**
- Principales características.
 - Diámetros más usuales: entre 25 y 300 mm.
 - Longitudes más frecuentes: entre 5 y 9 m (unidos con pegamento especial).

- Tuberías de polietileno (PE): **UD2-14**
- Principales características.
 - Diámetros más usuales: entre 16 y 200 mm.
 - Longitudes más frecuentes: entre 50 y 200 m (uniones de tipo manguito).

- Tuberías para sistemas fijos.
Materiales más utilizados: PVC y fibrocemento.
Ventajas e inconvenientes de las tuberías de fibrocemento. **UD2-15**

- Piezas especiales. Uso: montaje de la red de distribución y el adecuado funcionamiento de los ramales.

- Portaaspersores. **UD2-16**
Uso y materiales de fabricación (acero galvanizado, aluminio y plástico).
Longitudes y diámetros más frecuentes: 0.25-0.5-1.1.5 y 2 m; entre 19 y 25 mm.

NOTA: En terrenos muy ondulados es conveniente utilizar reguladores de presión en el interior de los tubos portaaspersores para garantizar presiones uniformes.

Acoplamientos o enlaces rápidos. Estabilizadores.

- Tes, codos, cruces, reducciones y tapones finales de tuberías. **UD2-17**
Principales usos. Materiales y diámetros de fabricación (los mismos que los tubos portaaspersores).
- Tomas o bocas de riego. **UD2-18**
También conocidos como hidrantes.
Función: conexión entre el ramal y la tubería que lo abastece.
- Elementos de medida y control.
Necesidad y función en las instalaciones de riego por aspersión.
Elementos más usados: manómetros, contadores volumétricos, caudalímetros (sólo en grandes instalaciones).

NOTA: Cuando la topografía lo requiera, es recomendable instalar reguladores de presión a la entrada de las unidades o subunidades de riego, para conseguir presiones homogéneas.

1.4. Aspersores y distribución del agua

- Aspersor. Definición y uso.
- Breve descripción del movimiento giratorio del aspersor y de la superficie que moja (alcance y solape).
- Tipos de aspersores. **UD2-19**
 - Según el mecanismo de giro:
Aspersores de impacto: características, funcionamiento y uso más frecuente (los más utilizados en agricultura). **UD2-20**
Aspersores de turbina o engranaje: características, funcionamiento y uso más frecuente (jardinería, poco frecuentes en agricultura). **UD2-21**
Aspersores rotativos o de reacción: características, funcionamiento y uso más frecuente (jardinería, horticultura, viveros). **UD2-22**
 - Según el área mojada:
Aspersores circulares: características (se sitúan principalmente en el interior de la parcela). **UD2-23**
Aspersores sectoriales: características (se sitúan principalmente en las esquinas de la parcela). **UD2-24**
 - Según la presión de trabajo:

Aspersores de baja presión. **UD2-25**

- Presión de trabajo: menor de 2.5 Kg/cm².
- Caudal suministrado inferior a 1.000 L/h.
- Uso: para marcos de riego rectangulares, cuadrados de 12 × 12 m o triangulares con separación de 15 m.

Aspersores de media presión. **UD2-26**

- Presión de trabajo: entre 2.5 y 4 Kg/cm².
- Caudal suministrado: entre 1.000 y 6.000 L/h.
- Uso: marcos de riego cuadrados de 12 × 12 o de 24 × 24 m.

Aspersores de alta presión. **UD2-27**

- Presión de trabajo: superior a 4 Kg/cm²
- Caudal suministrado: entre 6.000 y 40.000 L/h, pudiendo llegar hasta 200.000 L/h.

- Distribución del agua sobre el suelo. **UD2-28**

- Factores que afectan a la distribución uniforme del agua.

- Presión de trabajo del aspersor. **UD2-29**
- Viento. **UD2-30 UD2-31**
- Marco de riego.

Marcos más habituales: cuadrado o real, rectangular y triangular o tresbolillo. **UD2-32**

- Valores de separación entre aspersores y ramales recomendados según el marco de riego. **UD2-33**

1.5. Clasificación de los sistemas de aspersión. Criterios para su elección

- Tipos de sistemas de riego por aspersión. **UD2-34**

- Sistemas estacionarios. Definición y clasificación: móviles, semifijos y fijos.

Sistemas estacionarios móviles:

- Descripción. **UD2-35**
- Ventajas e inconvenientes. **UD2-36**

Sistemas estacionarios semifijos. Descripción y clasificación: de tubería móvil y de tubería fija. **UD2-37-V1-V2**

Sistemas estacionarios fijos. Descripción y clasificación: permanentes y temporales. **UD2-38**

- Sistemas de desplazamiento continuo. Definición y clasificación: pivotes o pivots, laterales de avance frontal o rangers y cañones de riego.

Pívots: Descripción, funcionamiento y características. **UD2-39 UD2-40**

Rangers: Descripción, funcionamiento y características. **UD2-41**

Cañones: Descripción, funcionamiento y características.

UD2-42

- Criterios para la elección de un sistema de riego.

UD2-43

UNIDAD DIDÁCTICA 3. CRITERIOS DE DISEÑO DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

3.1. Introducción

UD3-1

- Breve descripción del proceso de diseño de una instalación.
 - Diseño agronómico.
 - Diseño hidráulico.

UD3-2

NOTA: Comentar que el proceso de diseño debe ser realizado por un técnico cualificado, pero es importante que el agricultor tenga una idea general del proceso y participe facilitando información al proyectista.

3.2. Diseño Agronómico

- Necesidades de riego.

NOTA: En la Unidad Didáctica 6 del Módulo 1 “Fundamentos del Riego” se describe el proceso para la estimación de las necesidades de riego. A continuación sólo se tratarán ciertas consideraciones a tener en cuenta cuando se estima la cantidad de agua que requieren los cultivos con fines de diseño.

- Evapotranspiración. Definición.
- Cálculo de la ET.

UD3-3
UD3-4

- Procedencia de los valores de ETr y unidades que la definen (mm/día).
- ETd como la evapotranspiración de diseño.

NOTA: Para el proceso de diseño se deberá considerar la ETr en cada mes, multiplicada por 1.15, y los coeficientes de cultivo (Kc) para cada cultivo y fase de desarrollo.

- ETr de medias mensuales multiplicada por 1.15. Ejemplo.

UD3-5

NOTA: En instalaciones de riego por aspersión los valores de ETr se multiplican por 1.15 para quedar del lado de la seguridad, puesto que los valores de ETr son datos medios y podría haber días en los que el valor de ETr sea superior a la media mensual. En otros métodos de riego este coeficiente es diferente.

- Ejemplo de calculo de la ETd cuando existe más de un cultivo.
 - Utilizar el mayor valor de ETr calculado en todos los cultivos.

UD3-6

Maíz

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ETr	1.2	2.3	3.5	4.6	5.8	6.9	8.1	6.9	5.8	4.6	3.5	2.3
Kc	-	-	0.25	0.5	0.75	1.0	1.2	1.2	0.6	-	-	-
ET	0	0	1.0	2.3	4.4	6.9	9.7	8.3	3.5	0	0	0

Zanahoria

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ETr	1.2	2.3	3.5	4.6	5.8	6.9	8.1	6.9	5.8	4.6	3.5	2.3
Kc	0.5	0.75	1.0	1.1	1.2	0	-	-	-	0.25	0.35	0.45
ET	0.6	1.7	3.5	5.1	7.0	0	0	0	0	1.15	1.2	1.0

- Necesidades brutas de riego:
 - Definición y expresión para su cálculo.
 - Ejemplo de cálculo.

UD3-7

$$\text{Necesidades brutas de riego} = \frac{\text{Necesidades netas de riego}}{\text{Eficiencia de aplicación}} \times 100$$

- Marco de los aspersores
 - Definición y tipos. Solape.
 - Marcos más frecuentes
 - Superficie regada por cada aspersor según tipo de marco. Ejemplo.

UD3-8
UD3-9

NOTA: Comentar que con cualquier tipo de marco, distancias mayores pueden presentar mayores problemas de aplicación del agua cuando hay viento.

- Lluvia media del sistema. Definición.
 - Expresión para su cálculo. Ejemplo.

UD3-10

$$\text{Lluvia media (mm/h)} = \frac{\text{Caudal (litros/hora)}}{\text{Superficie (metros cuadrados)}}$$

NOTA: La lluvia media del sistema debe ser menor que la velocidad de infiltración del suelo, de lo contrario éste no podrá infiltrar el agua que aplican los aspersores y se producirán pérdidas por escorrentía. A su vez, si el terreno tiene pendiente, el agua de escorrentía puede provocar la erosión y pérdida tanto de suelo como de los nutrientes que se encuentran en las capas más superficiales.

UD3-11

- Frecuencia de riego.
 - Frecuencia de riego: definición.
 - Efectos de la alta y la baja frecuencia de los riegos.
 - Casos en que la frecuencia de riego debe incrementarse.
- Tiempo de riego: Definición.
 - Expresión para su cálculo.
 - Ejemplo de cálculo del tiempo de riego.

UD3-12
UD3-13

UD3-14

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Necesidades brutas de riego (milímetro s)}}{\text{Lluvia media (milímetro s/hora)}}$$

NOTA: Recordar que el tiempo de riego utilizado en diseño será el necesario para el periodo en que las necesidades de agua son máximas, por lo que el tiempo de riego real habitualmente será menor.

3.3. Diseño Hidráulico

- Objetivos. **UD3-15**

- Uniformidad de aplicación en un riego por aspersión.
 - Ejemplos de distribución poco uniforme y uniforme. **UD3-16**
 - Efecto de una distribución uniforme y poco uniforme en el desarrollo del cultivo. **UD3-17**

- Presión a lo largo del ramal de aspersión. **UD3-18**
 - Distribución de presiones y caudales.

- Caudal a lo largo del ramal. **UD3-19** **UD3-20**
 - Máxima diferencia de caudal admitida a lo largo de un ramal.
 - Expresión de la máxima diferencia admitida.
 - Ejemplo de cálculo.
Datos: caudal máximo, mínimo y medio en el ramal.

NOTA: Para que el caudal que suministran los aspersores sea suficientemente homogéneo las diferencias de presión a lo largo de un ramal no deben ser mayores del 20 %. Para mantener las presiones y teniendo también en cuenta criterios económicos, en sistemas móviles se aconseja limitar la longitud de los ramales de aspersión a 200 metros. En sistemas de cobertura total la longitud recomendable de los ramales es entre 120 y 150 metros.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. EVALUACIÓN DE INSTALACIONES DE RIEGO POR ASPERSIÓN

4.1. Introducción

UD4-1

- Objetivos de una evaluación.
 - Comprobar que se cubren las necesidades de agua de los cultivos.
 - Determinar la eficiencia de aplicación y la uniformidad del agua aplicada.

- Principales aspectos a considerar al realizar una evaluación.

UD4-2

NOTA: Se debe resaltar la importancia de realizar una evaluación recién finalizada la instalación, al principio de cada campaña de riego, así como cuando existan motivos para sospechar cambios en la uniformidad o en la lámina de agua aplicada.

4.2. Evaluación de los componentes de la instalación

UD4-3

- Inspección visual de los componentes.

- Detección de fugas.

- Componentes de la instalación, ubicación, estado general y funcionamiento.

4.3. Evaluación de la uniformidad del riego

- Problemas derivados de una baja uniformidad en riego por aspersión.

- Elección de la zona a evaluar: representativa del sistema de riego.
 - Se considera que CU de la unidad de riego = CU zona elegida

- Procedimiento para recogida del agua suministrada por los aspersores.
 - Colocación los vasos pluviométricos. Malla de 3×3 metros.
 - Disposición cuando se evalúan dos ramales.
 - Disposición cuando se evalúa un solo ramal.

UD4-4

UD4-5

UD4-6 UD4-7

UD4-8

NOTA: La Figura 6 de la Unidad Didáctica 3 y el pie de Figura correspondiente son incorrectos. La ilustración correcta es la que se muestra en la diapositiva **UD4-8** (notar el cambio de ubicación de la letra “A” de un vaso a otro). El pie de Figura correcto es: “Cuando se riega con un solo ramal de aspersión, se sumarán los volúmenes de agua recogidos en los vasos colocados en la misma ubicación en ambas mallas, como los señalados con A”.

- Medida del volumen recogido en cada vaso usando una probeta.
 - La recogida de agua durará como mínimo 90 minutos.

- Procedimiento para el cálculo del CU zona.
 - Datos necesarios.
 - Volumen medio de la cuarta parte con menos agua.
 - Volumen medio de todos los vasos.

UD4-9

UD4-10

- Expresión para el cálculo de CU zona.

$$CU_{zona} = 100 \times \frac{\text{volumen medio de la cuarta parte de los vasos con menos agua}}{\text{volumen medio de todos los vasos}} = 100 \times \frac{V_{25\%}}{V_m}$$

- Ejemplo de cálculo.

UD4-11

Volúmenes recogidos en los vasos (centímetros cúbicos, cm ³)							
198	175	145	186	185	158	165	210
150	156	127	178	176	156	154	182
146	138	121	135	161	162	143	189
154	148	210	195	166	131	132	185

- Influencia de la variación de presiones en el cálculo de CU de la unidad de riego y de la instalación.

UD4-12

NOTA: Para calcular el coeficiente de uniformidad de la instalación hay que tener en cuenta el cambio de presiones. Si el agricultor/a no se ve capacitado para evaluar presiones, puede obtener el CU en un par de zonas diferentes. Según los resultados deberá o no consultar con personal técnico cualificado.

NOTA: Si el nivel de los alumnos es lo suficientemente elevado como para realizar las operaciones que aparecen en el siguiente punto, se explicará. De lo contrario se pasará al apartado 4.4.

- Cálculo del coeficiente de uniformidad de una unidad de riego teniendo en cuenta la diferencia de presiones.

UD4-13

- Aspersores en los que medir la presión.
- Expresión para calcular CU a partir de CU zona.

$$CU = CU_{zona} \times \frac{1 + 3 \times \sqrt{\frac{\text{Presión mínima}}{\text{Presión media}}}}{4} = CU_{zona} \times \frac{1 + 3 \times \sqrt{\frac{P_{\min}}{P_m}}}{4}$$

- Ejemplo de cálculo. Datos conocidos: CU zona y presiones en diversos aspersores.

UD4-14

Presiones medidas en los aspersores (Kg/cm ²)	
2.5	2.5
2.6	2.8
3.0	2.7
2.4	3.1
2.8	2.6

NOTA: Si se mide la presión en un número suficiente de aspersores, por ejemplo en 10, la presión media será la media de las presiones que se han medido. Sin embargo, midiendo tan sólo la presión en el primer y último aspersor de un ramal, presión máxima y mínima respectivamente, la presión media se puede estimar como:

$$P_{media} = \frac{2 \times P_{mínima} + P_{máxima}}{3}$$

NOTA: Si se miden presiones en diferentes unidades de riego y con ellas se sigue el mismo procedimiento descrito para una unidad de riego, se tendrá una buena estimación del coeficiente de uniformidad del conjunto de la instalación.

- Estimación del CU de la instalación midiendo en algunos aspersores de cada unidad de riego. **UD4-15**
- Bondad o calidad del sistema según el CU estimado. **UD4-16**

Bondad o calidad del sistema	CU		
	Sistema semifijo	Sistema fijo	Sistemas de desplazamiento continuo
Mínima exigible	70 %	75 %	80 %
Calidad media	80 %	85 %	85 %
Alta calidad	Más de 85 %	Más de 90 %	Más de 90 %

4.4. Evaluación de las pérdidas por evaporación y arrastre del viento

- Pérdidas por evaporación y arrastre. Definición.
 - Mayores cuanto mayor sea la velocidad del viento y la temperatura y menor sea el tamaño de gota.
 - Valores aproximados de pérdidas para situaciones de poco viento y viento moderado a fuerte. **UD4-17**
- Situaciones en las que se deberá consultar a personal técnico cualificado.
 - CU instalación < 75 %.
 - Tamaño de gota excesivamente fino, chorro muy pulverizado.

NOTA: Si el nivel de los alumnos es suficientemente elevado para comprender los cálculos necesarios y realizar una evaluación de pérdidas por evaporación y arrastre del viento, se explicará el contenido que se desarrolla a continuación. De lo contrario, se pasará al apartado 4.5.

- Expresión para el cálculo de las pérdidas por evaporación y viento. **UD4-18**
 - Datos necesarios:
Lámina de agua aplicada por los aspersores.
Lámina de agua recogida en los vasos.
- Cálculo de la lámina de agua aplicada por los aspersores. **UD4-19 UD4-20**
 - Primero: Cálculo del caudal del aspersor.
Elementos necesarios: bidón (10-15 L), tubo de goma y cronómetro.

$$\text{Caudal del aspersor (litros/mi nuto)} = \frac{\text{Volumen de llenado del bidón (litros)} \times 60}{\text{Tiempo en llenar el bidón (segundos)}}$$

- Segundo: Cálculo del caudal aplicado en la zona evaluada.
- Tercero: Cálculo de lámina de agua aplicada por los aspersores en la zona evaluada (La).
Datos necesarios: Caudal aplicado, superficie de la zona evaluada y tiempo de evaluación.
- Expresión para el cálculo de La.

$$\text{Lámina de agua aplicada (La)} = \frac{\text{Caudal aplicado}}{\text{Superficie de la zona evaluada}} \times \text{Tiempo de evaluación}$$

- Ejemplo de cálculo. **UD4-21**

- Cálculo de la lámina recogida en los vasos. **UD4-22**

- Primero: Cálculo del área de embocadura de los vasos (cm²).
Expresión para el cálculo en función del diámetro.
- Segundo: Cálculo de la lámina de agua recogida en los vasos.
Expresión para su cálculo.
Datos necesarios: volumen medio recogido y área de los vasos.

$$\text{Lámina de agua recogida en los vasos(milímetros)} = \frac{\text{Volumen medio recogido (cm}^3\text{)}}{\text{Área de la embocadura de los vasos(cm}^2\text{)}} \times 10$$

- Ejemplo de cálculo de la lámina recogida. **UD4-23**

- Cálculo de las pérdidas por evaporación y arrastre
 - Datos conocidos:
Lámina de agua aplicada.
Lámina de agua recogida.
 - Ejemplo de cálculo. **UD4-24**

4.5. Eficiencia de Aplicación Óptima del sistema de riego

- Eficiencia de Aplicación Óptima del sistema.
 - Definición.
 - Uso para el cálculo de las necesidades de riego brutas.
Expresión de cálculo de la eficiencia de aplicación. **UD4-25**
Ejemplo de cálculo de necesidades brutas.
Necesidad de conocer filtración profunda.
- Estimación de la filtración profunda conociendo CU (evaluación) y estimando el déficit.
 - Relación coeficiente de uniformidad/filtración profunda/déficit.

Filtración profunda (%)					
Déficit (%)	CU (%)				
	75	80	85	90	95
0	32	25	19	13	6
5	13	9	5	2	-
10	6	2	1	-	-
15	3	1	-	-	-
20	1	-	-	-	-

NOTA: La evaluación de una instalación permite calcular la eficiencia de aplicación a partir del coeficiente de uniformidad y las pérdidas por evaporación y arrastre. El valor de la eficiencia de aplicación permitirá a su vez calcular las necesidades brutas de riego. Es importante que el alumno sepa valorar la utilidad de la información obtenida en la evaluación para programar sus riegos.

- Ejemplo de cálculo de la eficiencia de aplicación. UD4-26
 - Datos: CU, pérdidas por evaporación y arrastre, déficit de agua.

4.6. Evaluación del manejo del riego

- Comprobación del correcto manejo del riego.
 - Frecuencia y duración de los riegos.
 - Necesidades brutas y agua aplicada.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. MEJORA DEL MANEJO DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

5.1. Introducción

UD5-1

- El agua como recurso escaso.
- Ahorro y uso racional del agua.

- Utilización adecuada del riego.

UD5-2

- Ahorro de agua.
- Aumentan los beneficios del agricultor.
- Disminuye el impacto ambiental negativo.

NOTA: En la Unidad Didáctica 6 del Módulo 1 “Fundamentos del Riego” se ha desarrollado la programación de riegos. Es importante transmitir a los alumnos/as que en esta Unidad Didáctica se reflejan unas normas sencillas y casi siempre poco costosas para regar bien con un sistema de riego por aspersión.

- Sencillas recomendaciones para regar adecuadamente.

UD5-3

5.2. Mantenimiento y reposición de componentes del sistema

- Normas de mantenimiento antes de la campaña de riego.

UD5-4 UD5-5

- Normas de mantenimiento durante la campaña de riego.

UD5-6

- Practica de mejora para aumentar la uniformidad.

- Apta para sistemas móviles y semifijos.
- Alternar posiciones de los ramales cada dos riegos.

UD5-7

Mejora de la uniformidad que puede esperarse, si se consideran dos riegos consecutivos, alternando las posiciones de los ramales de aspersión en cada riego

CU sin alternar posiciones de los ramales	60	65	70	75	80	85
CU alternando posiciones de los ramales	77	81	84	87	89	92

5.3. Manejo durante el riego

UD5-8

- Presión de trabajo. Definición.
 - Importancia de conocer la presión de trabajo de los aspersores.
 - Caudal aplicado.
 - Pulverización del chorro.
 - Alcance.
 - Consecuencias de una alta/baja presión de trabajo.

UD5-9

- Medida de la presión de trabajo. **UD5-10** **UD5-11**
 - Aspersor de la mitad del ramal: presión de trabajo.
 - Cerca de la toma: 15 % mayor que la de trabajo.
 - Ejemplo de determinación de la presión necesaria en la toma. **UD5-12**

NOTA: Cuando rieguen varias subunidades de riego a la vez, cada una con varios ramales de aspersión, será conveniente comprobar al menos durante el primer riego que en el inicio de cada subunidad las presiones son similares, admitiendo diferencias máximas entre ellas del 20%.

- Viento.
 - Efecto del viento en la distribución del agua.
 - Disminución de la uniformidad de aplicación.
 - Desarrollo del cultivo poco homogéneo.
 - Medidas para disminuir la acción del viento. **UD5-13**
- Tiempo de riego. Definición. **UD5-14**
 - Relación tiempo de riego/uniformidad de aplicación.
 - Esencial que todas las unidades rieguen el mismo tiempo para no disminuir la uniformidad.
 - Uso de automatismos para controlar el tiempo de riego. **UD5-15**

UNIDAD DIDÁCTICA 6. REDES COLECTIVAS DE RIEGO A PRESIÓN (ASPERSIÓN Y LOCALIZADO)

6.1. Introducción

UD6-1

- Zona regable. Definición. Forma de agrupación de parcelas de riego.

- Implantación de una zona regable como tarea multidisciplinar.

UD6-2

- Personas, entidades y organismos que intervienen.
- Repercusiones.

- Red colectiva de riego a presión.

- Caso particular de red colectiva de riego a la demanda.
- Gestión de las zonas de riego a la demanda.

UD6-3

6.2. Descripción de las redes colectivas

- Redes colectivas a presión. Definición.

- Alimentación de redes colectivas.

- Impulsión
 - Caudal demandado variable con el tiempo.
 - Uso habitual de bombas dispuestas en paralelo.

UD6-4

- Regulación desde un depósito.

UD6-5

- Información necesaria para el diseño de una red colectiva.

UD6-6

- Esquema de una zona regable.

- Estación de bombeo.
- Agrupación. Definición y uso.
- Acometida. Definición y uso.
- Puesto de control de agrupación.

UD6-7

UD6-8

UD6-9

UD6-10

- Tipología de las zonas regables según la complejidad de la red de distribución.

- Parcelas con forma regular y superficie media a grande.
- Gran número de parcelas y de pequeño tamaño.
- Variedad de formas, tamaños y distribución de las parcelas.
 Comentar caso particular mostrado en la ilustración.

UD6-11

UD6-12

UD6-13

6.3. Elementos de medida y control en las redes colectivas a presión

- Elementos para controlar el agua en los puestos de control de agrupación.

UD6-14

- Válvula de apertura y cierre. Aislamiento.
- Contador.
- Regulador de presión y de caudal. Función.
- Controladores o programadores del riego.

UD6-15

- Elementos para controlar el agua en las acometidas.
 - Contador.
 - Es necesario llevar un control del agua consumida por cada regante.