

# INTRODUCCIÓN AL RIEGO



Fco. Javier Martínez Cortijo

EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

# **Introducción al Riego**

Francisco Javier Martínez Cortijo

EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Primera edición, 2001 ▪ Reimpresión, 2014 (versión impresa)  
Primera edición, 2014 (versión electrónica)

© Francisco Javier Martínez Cortijo

©de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València  
*distribución:* Telf. 963 877 012 / [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 6152\_01\_01\_01

ISBN: 978-84-9705-009-8 (versión impresa)  
ISBN: 978-84-9048-166-0 (versión electrónica)

Queda prohibida la reproducción, la distribución, la comercialización, la transformación y, en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de la totalidad o de cualquier parte de esta obra sin autorización expresa y por escrito de los autores.

*Este libro está dedicado a mis antiguos compañeros de la Conselleria de Agricultura en especial, al Servicio de Planificación y Supervisión de Proyectos, a Eduardo Quiñones, a Vicente Peris y a mi amigo Ángel Marhuenda, que tanto me han ayudado al principio de mi carrera profesional.*

*El agradecimiento a mi compañero en la Universidad Politécnica de Valencia Fernando Sendra Banyuls que amablemente ha revisado este libro.*



## ***PRÓLOGO***

Desde hace siglos se utiliza el riego para estimular la producción agrícola, compensando la falta de agua en las zonas donde las lluvias son escasas o se distribuyen en el tiempo de forma irregular. Hasta no hace mucho tiempo las únicas técnicas disponibles eran poco eficaces en cuanto al uso de agua. En las últimas décadas se han desarrollado nuevas tecnologías de regadío, a partir de la distribución del agua a presión. Si bien este libro desarrolla las distintas formas de regadío, es en estas técnicas más eficaces, en las que se centra fundamentalmente.

El libro se divide en dos partes claramente diferenciadas: la primera se ocupa de las necesidades de agua de los cultivos y en cómo hacer frente a estas, a efectos de cálculo. En ella se estudia el riego desde un punto de vista agronómico, con la determinación de la dosis de riego, durante cuanto tiempo y con qué frecuencia se debe aplicar, se calcula el número de emisores de un determinado tipo necesarios para cubrir las necesidades de agua, así como la distribución que tendrán en parcela.

La segunda parte trata del transporte del agua hasta la parcela, se plantea el riego desde el punto de vista hidráulico, donde lo que se pretende es el diseño adecuado de la red. En ella se hace un pequeño resumen de la hidráulica, a la vez que se aplica ésta al diseño y cálculo del riego. Asimismo, se estudian los componentes de la red de riego: tuberías, válvulas, etc.

Así, a la hora de completar la información contenida en algunos de los capítulos del libro es bueno remitirse a otros capítulos posteriores, sin seguir el orden establecido. Tal es el caso de los capítulos quinto y sexto, dedicados a la aspersión y al goteo respectivamente, para los que resulta útil consultar cuestiones desarrolladas en la segunda parte del libro. El capítulo duodécimo, en el que se examina el esquema general de una red de riego, podría situarse en cualquier otro lugar del libro. Se recomienda consultarlo antes y después de leer otros capítulos para no perder de vista, el sentido que tienen, determinados conceptos respecto al diseño de una instalación de riego.

*Valencia, otoño de 1999*



## ÍNDICE

<b>PRIMERA PARTE: <i>AGRONOMÍA DEL RIEGO</i>.....</b>	<b>7</b>
TEMA 1: EL RIEGO Y LAS NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS .....	9
TEMA 2: RELACIONES AGUA-SUELO / AGUA-PLANTA.....	23
TEMA 3: PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO. EFICIENCIA DE RIEGO.....	35
TEMA 4: RIEGO POR GRAVEDAD.....	45
TEMA 5: RIEGO POR ASPERSIÓN .....	55
TEMA 6: RIEGO POR GOTEO .....	73
APÉNDICE I: DISEÑO AGRONÓMICO DE UN RIEGO.....	95
<b>SEGUNDA PARTE: <i>HIDRÁULICA DEL RIEGO</i>.....</b>	<b>107</b>
TEMA 7: CONCEPTOS BÁSICOS DE LA HIDRÁULICA.....	109
TEMA 8: MATERIALES PARA TUBERÍAS.....	117
TEMA 9: PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS.....	129
TEMA 10: ELEMENTOS DE CONTROL, REGULACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA RED HIDRÁULICA .....	143
TEMA 11: BOMBAS.....	157
TEMA 12: ELEMENTOS DE LA RED DE RIEGO A PRESIÓN .....	167
APÉNDICE II: DISEÑO HIDRÁULICO DE UN RIEGO.....	177
<b>ANEJOS Y TABLAS.....</b>	<b>187</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>197</b>



# **PRIMERA PARTE**

## **AGRONOMÍA DEL RIEGO**

En la primera parte del libro se trata el riego desde el punto de vista más estrictamente agronómico. En un principio, se plantean las relaciones entre planta, agua, suelo y clima a partir de las necesidades de agua de los cultivos. Esto se hace para estimar cómo se han de afrontar las necesidades de agua mediante el riego. Más adelante se entra en el estudio de los principales sistemas de riego, analizando las características, tipos y elementos, a la vez que se comparan unos con otros. También se trata, en otro tema, la eficiencia de los distintos tipos de riego. Por último, se realiza un ejemplo de diseño agronómico de un riego.



# TEMA 1

## *EL RIEGO Y LAS NECESIDADES DE AGUA EN LAS PLANTAS*

---



## 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL REGADÍO

Ya en los albores de la historia se conocía el regadío. Éste fue un factor decisivo en el auge de las civilizaciones, pues el desarrollo de las mismas estuvo íntimamente ligado al de la agricultura. El regadío supuso una producción mayor y constante a lo largo de los años, lo que aseguraba el sustento de la población y facilitaba el crecimiento económico; como consecuencia de éste se produce el desarrollo cultural.

Esto sucedió en Mesopotamia, en la rica zona aluvial entre los ríos Tigris y Éufrates. Al igual que en Egipto donde se produjo un importante desarrollo técnico en el valle del Nilo, con la construcción de un complejo sistema de presas, dominando las violentas subidas del río, se obtuvo el mayor provecho del mismo. Pero en general, se dio en todo el Creciente Fértil, un adjetivo que deja bien claro la relación de la agricultura de regadío con el desarrollo de la civilización, y también en otras zonas diseminadas por toda la geografía del globo como la Antigua China de la dinastía Chin o la rica zona agrícola donde se desarrolló la que se convertiría en la ciudad más poblada de su época, la Tenochtitlán azteca.

## 1.2. EL REGADÍO EN EL MUNDO

Actualmente, aún se utilizan antiguos sistemas de riego, como los del cultivo del arroz en el Asia Monzónica, anteriores a la era cristiana. Pero, es a partir de la segunda mitad de este siglo, cuando las nuevas técnicas de riego, con un uso del agua mucho más eficaz, han contribuido a la gran expansión del regadío en el mundo. Lo que ha supuesto su implantación en zonas donde antes era impensable una agricultura próspera.

El continente con más superficie total de regadío es Asia. No obstante, es en la cuenca mediterránea donde se dan los porcentajes más altos de tierras irrigadas.

Israel es el país donde se ha implantado más intensamente el regadío y donde más tecnificado se encuentra. Otra zona puntera en estas técnicas es California. En Europa la mayor superficie de regadío la tiene España con 3.400.000 ha, lo que representa el 16,6% de la superficie cultivada.

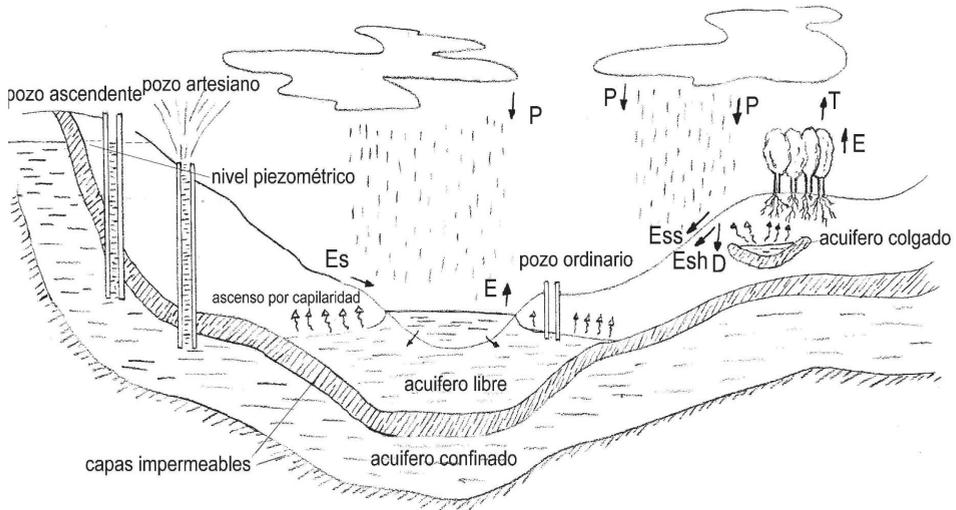
En España, el regadío supone el 80 % del consumo total de agua, y representa el 5 % del PIB. El valor de la producción agraria de regadío es más del 50 % de la producción agraria total. Estos datos constatan la importancia que tiene el regadío en el país.

La objetivo actual en España es, sobre todo, gestionar más eficazmente el agua para riego, al ser un bien escaso. En segundo plano queda la ampliación de nuevas tierras de regadío. Cada vez se transforman más parcelas con riego tradicional, en los que se producen grandes pérdidas de agua, en superficies altamente tecnificadas con riegos localizados, que economizan agua.

### 1.3. EL CICLO HIDROLÓGICO

Para entender la necesidad del riego hay que conocer primero como actúa la naturaleza, en concreto el clima, en el entorno de la planta. Las características climáticas que afectan a la vida de las plantas son: la temperatura, las precipitaciones y la humedad atmosférica; condicionadas todas ellas por la insolación y, en segundo término, la acción del viento.

Todos estos factores interaccionan produciendo el CICLO HIDROLÓGICO. El ciclo del agua tiene dos partes fundamentales. La parte terrestre del ciclo que tiene que ver con el transporte y el almacenamiento de las aguas en la tierra y en el mar. La parte atmosférica que consiste en el transporte de agua en la atmósfera, principalmente en forma de vapor.



**Figura 1.1.** El ciclo del agua.

Este ciclo comienza con la evaporación (E) del agua que se encuentra en la superficie terrestre, debida a la acción solar. El agua pasa en estado gaseoso a la atmósfera formando las nubes. Estas nubes distribuyen el agua en la corteza terrestre en forma de lluvia, pero, se debe tener en cuenta que una parte de la misma se evapora sin llegar a ser aprovechada por las plantas, es la evaporación inicial (Ev). Así mismo, la **precipitación** (P) al llegar a la superficie del suelo en parte infiltra, lo que se conoce como **precipitación infiltrada** (Pi), y en parte circula paralela a la superficie, es la **escorrentía** (Es). De esta manera se cumple que:

$$P = P_i + E_s + E_v$$

La escorrentía se produce de dos formas: sobre la superficie como **escorrentía superficial** (Es<sub>s</sub>) o por debajo de la superficie como **escorrentía hipodérmica** (Es<sub>h</sub>). Por tanto:

$$E_s = E_{s_s} + E_{s_h}$$

La precipitación infiltrada en parte desciende en profundidad, es la **percolación profunda** o **drenaje** profundo (D), y en parte queda retenida por capilaridad en la zona donde es aprovechable por las raíces de las plantas lo que constituye la **precipitación efectiva o útil** (Pe). Es decir:

$$P_e = P_i - D = P - E_v - E_s - D$$

Las aguas infiltradas en profundidad se recogen en un acuífero profundo donde, normalmente tarde o temprano, afloran de nuevo a la superficie. De esta manera se completa el ciclo cuando las aguas superficiales, estancas o corrientes, pasan de nuevo a la atmósfera, mediante la **evaporación** (E) de las mismas; una fracción menor de agua llega a la atmósfera a partir de las hojas de las plantas, mediante **transpiración** (T), de ahí el término conjunto de **Evapotranspiración**.

## 1.4. EL RIEGO

Dado que las plantas necesitan agua de forma constante y las precipitaciones se producen de manera irregular, en algunos casos es necesario suministrar a las plantas agua artificialmente para su buen desarrollo o para aumentar su producción. Por tanto, se puede definir el riego como el aporte artificial de agua a las plantas con el fin de *suministrar la humedad necesaria* para su desarrollo o de aumentar su producción, de forma complementaria al aporte de las precipitaciones.



**Figura 1.2.** Replantación de naranjos jóvenes donde se ha sustituido el riego tradicional por el riego localizado.

El objetivo principal del riego es, por tanto, suministrar el agua necesaria a las plantas; pero también tiene otros objetivos no menos relevantes:

- El **transporte** de nutrientes desde el suelo a las diversas partes de la planta.
- La **lixiviación** del exceso de sales del suelo que a determinadas concentraciones puede ser perjudicial para las plantas. El riego hace que las sales se disuelvan en el agua y difundan a través del suelo, llegando a profundidades donde no las absorben las raíces y, por tanto, no perjudican a la planta.
- Un **efecto térmico** microclimático favorable. La humedad en la zona próxima a la planta actúa como termostato: reduce el riesgo de heladas en épocas frías y suaviza el calor en verano. Esto ocurre en el cultivo del arroz. O por ejemplo también, en el caso de producirse riesgo de heladas nocturnas y se dispone de aspersores, si se ponen a funcionar estos, se evita el efecto de la helada pues se suaviza la temperatura en la zona próxima a la planta.

## 1.5. DATOS A TENER EN CUENTA A LA HORA DE PROYECTAR UN RIEGO

A la hora de proyectar una instalación de riego se precisa conocer previamente una serie de datos de campo que permitirán diseñar la instalación. Algunos de estos datos suministrarán la información necesaria para el dimensionado de la instalación de la manera más eficaz, pero otros indicarán las limitaciones que se han de tener en cuenta al realizar el proyecto.

Los datos más importantes son:

- \* *Necesidades de agua de los cultivos* de la explotación. Habrá que ver el tipo de cultivo de que se trata, en que condiciones está y la fase del ciclo vegetativo en que se encuentra. Es el dato fundamental del que se ha de partir, pues la finalidad del proyecto es suministrar a la planta el agua que necesita, teniendo en cuenta que una cosa es el agua que se suministra y otra es el agua que realmente aprovecha la planta.
- \* Precipitación y evapotranspiración que constituyen, entre otros, *los factores climáticos*, ya que ésta última se obtiene también a partir de datos relativos al clima. Se ha de recoger la mayor cantidad de datos climáticos, pero principalmente se necesitan datos de temperaturas, insolación y precipitaciones. En algunos casos, en especial en zonas áridas, los datos de precipitaciones no son tan necesarios pues se dimensiona para las condiciones más desfavorables, es decir, para cubrir las necesidades en las condiciones más extremas, lo que supone que en el mes más cálido hay sequía, y por tanto la precipitación es nula.
- \* Características del *suelo*, en concreto *las características que influyen en la capacidad de retención de agua por parte del suelo*: como la textura (dada por el tamaño de las partículas del suelo), la estructura (como se agregan las partículas en el suelo) y el contenido en materia orgánica.
- \* Características físicas y *topográficas* de la explotación. Además de la superficie de la parcela, hay que tener en cuenta los desniveles y pendientes de la misma que van a condicionar el tipo de sistema de riego a instalar, el diseño de éste, los trabajos previos que habrá que realizar (movimientos de tierras). En los riegos a presión la topografía va a condicionar de manera determinante el valor de las presiones que se van a tener.
- \* *Recursos de agua* de la explotación. El que se disponga de más o menos recursos hídricos en la explotación no sólo va a determinar las infraestructuras a realizar: depósitos, pozos, etc., sino que además puede supo-

ner la sectorización de la explotación, la introducción de turnos de riego, la utilización de un determinado sistema de riego o de otro. En riegos a presión es necesario conocer el caudal de agua disponible y los valores de las presiones que se van a tener.

- \* Inversión inicial y coste de mantenimiento de la instalación proyectada.
- \* También habrá que considerar otros factores como el marco de plantación (en caso de cultivos leñosos), la calidad del agua de riego (lo que implicará que se aporte una cantidad de agua suplementaria en concepto de fracción de lavado), disponibilidad de energía, disponibilidad de mano de obra, flexibilidad del horario de riego, etc.

## 1.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se decía, al principio del tema, que el agua llegaba a la atmósfera por dos vías: a través de la evaporación de las aguas superficiales de la corteza terrestre y mediante la transpiración de las plantas. Por tanto, la Evapotranspiración, que es una pérdida de agua a la atmósfera, tiene dos componentes:

- La **evaporación** directa desde el **suelo**.
- La **transpiración** a través de la **planta**.

La Evaporación depende fundamentalmente de la superficie mojada, lo cual supone que en los sistemas de riego tradicional esta componente es mucho más importante que en los sistemas de riego localizado, ya que en estos últimos sólo se moja una fracción del suelo de la zona a regar.

Del agua absorbida por las raíces sólo una pequeña porción pasa a formar parte de los tejidos de la planta, mientras que el resto tiene como única misión el transporte de nutrientes. Este agua se elimina en la superficie de la planta, en especial en las hojas, mediante la transpiración.

La transpiración es fundamental para la planta pues se produce como consecuencia de la necesidad de las plantas de realizar la fotosíntesis: a partir de la energía luminosa transforman el dióxido de carbono del aire junto con el agua en los azúcares necesarios para formar la materia vegetal. Asimismo, gracias a la transpiración, se produce una depresión y con ella la succión que aspira el agua y las sales minerales desde las raíces hasta las hojas, a través de los tejidos conductores del xilema, abasteciendo todas las partes de la planta.

La mayor o menor transpiración depende de las características propias de la planta, como el volumen de hojas o la morfología de éstas, y de factores ambientales que influyen de una manera más o menos importante sobre la apertura o cierre de estomas, a saber: la insolación, la temperatura, la humedad relativa de la atmósfera, el viento y la cantidad de agua absorbida por la planta.

La evapotranspiración, en términos agronómicos, se refiere *al agua útil* almacenada en la *zona radicular*. Para homogeneizar criterios se utiliza la **Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>)**, que es “la tasa de evapotranspiración de una superficie de gramíneas verdes de 8 a 15 centímetros de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y que no escasean de agua” (FAO, 1977). Es decir, que se parte del cálculo de la evapotranspiración para un cultivo de referencia en unas condiciones dadas; a partir de éste mediante unos coeficientes correctores se llega a obtener la evapotranspiración para el cultivo de la parcela en la que se va a introducir el riego, es la **Evapotranspiración del cultivo (ET o ET<sub>c</sub>)**.

Para el cálculo de la evapotranspiración<sup>1</sup> se pueden usar métodos experimentales sobre el terreno, o bien, distintos métodos basados en tablas a partir de datos meteorológicos. Entre estos últimos destacan los métodos de:

- Blaney-Criddle
- Radiación
- Penman
- Thornthwaite

La aplicación de estos métodos se encuentra claramente descrita en los cuadernos de la FAO correspondientes, no obstante en el apéndice nº1 de este libro, se explica a modo de ejemplo, el método de Blaney-Criddle, que es uno de los métodos más ampliamente utilizados para calcular la evapotranspiración potencial del cultivo de referencia.

Entre los métodos experimentales se encuentra el método del **evaporímetro de cubeta**, que consiste en calcular la evaporación de agua en una cubeta de características y dimensiones dadas expuesta a la intemperie, para posteriormente relacionar dicha evaporación con la evapotranspiración potencial.

---

<sup>1</sup> Consultar DOORENBOS, J. y PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje nº 24*. Roma: FAO, 1977.

**Para seguir leyendo haga click aquí**