

Módulo: Abastecimiento y saneamiento
urbanos

**EL AGUA EN LA
AGRICULTURA**

AUTOR: FIDEL FERNÁNDEZ FÁBREGA

Sumario

1.	EL AGUA EN LA AGRICULTURA ASPECTOS GENERALES.....	3
2.	PANORÁMICA DEL REGADÍO ESPAÑOL.....	6
	<i>Factores que justifican nuevas transformaciones en regadio</i>	<i>7</i>
3.	DEMANDAS DE RIEGO.....	8
	<i>Conceptos generales</i>	<i>8</i>
	<i>Demanda de agua de las zonas regables</i>	<i>11</i>
4.	REGADÍOS.....	12
1.	<i>ESTUDIOS TÉCNICOS PREVIOS.....</i>	<i>12</i>
2.	<i>ESTUDIO AGRONÓMICO.....</i>	<i>12</i>
3.	<i>ESTUDIO DE LA RED DE RIEGO</i>	<i>13</i>
4.	<i>ESTUDIO de la RED de DRENAJE.....</i>	<i>13</i>
5.	<i>OBRAS CIVILES.....</i>	<i>13</i>
6.	<i>ESTUDIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES.....</i>	<i>13</i>
7.	<i>ESTUDIO del IMPACTO AMBIENTAL.....</i>	<i>13</i>
1.4	Estudio climático de la zona.....	13
1.5	Estudios edafológicos de clasificación y evaluación de suelos con fines de riego..	14
1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	15
2.	MÉTODOS UTILIZADOS EN LA CLASIFICACIÓN DE TIERRAS	15
3.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y DEL TERRENO QUE INFLUYEN EN LA CLASIFICACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LAS TIERRAS	15
4.	DATOS DE LABORATORIO.....	15
5.	CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE TERRENOS	15
6.	ACTITUD Y APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA	15
7.	PLANOS	15
	<i>Estudio de la calidad del agua de riego.....</i>	<i>16</i>

1. El agua en la agricultura aspectos generales

El agua ha sido y es uno de los grandes condicionantes para el éxito de la agricultura. El desarrollo de las diferentes especies de plantas cultivadas viene condicionado por tres factores fundamentales: el clima, el suelo y el agua.

Cuando el clima (temperaturas máximas, mínimas, medias; pluviometría, estado higrométrico; vientos; etc.) y el suelo (características físicas y químicas del perfil) permiten el desarrollo de un determinado cultivo suele ser el agua el efecto limitante sobre el que más fácilmente podemos actuar.

Nuestro país, con una distribución pluviométrica muy irregular, no permitiría el desarrollo de una agricultura variada si no se realizaran las obras precisas para la creación de regadíos tales como: presas, azudes de derivación, conducciones, etc. Imprescindibles para la utilización de las aguas superficiales o bien las obras de captación necesarias si se trata de riego con aguas subterráneas.

El agua es un recurso natural escaso y limitado y si bien se renueva a través del ciclo hidrológico no es ampliable y ha de ser considerada como un bien inestimable cuyo tratamiento y utilización debe ser optimizado y puesto al servicio de la comunidad. El agua es un bien de dominio público y como tal debe de considerarse cuando se dedica a la agricultura.

Esta naturaleza de bien público, dado su origen, características y función lo encuadran dentro de los bienes sociales y por su escasez se define como un bien económico.

Tanto las aguas superficiales como las subterráneas, al aplicarlas en la agricultura, crean riqueza. Pero este uso puede deteriorar su calidad en detrimento de potenciales usuarios posteriores, de ahí que su planificación, deba de hacerse a largo plazo y ser tenida en cuenta en los programas de ordenación del territorio y por tanto supeditado a la política económica del país.

A lo largo del siglo XX y a nivel mundial, las demandas de agua para la agricultura han crecido rápidamente debido a la necesidad de alimentar a una población en expansión. Aproximadamente el 70% de la demanda de agua corresponde a la agricultura, de ahí su importancia e interés en los estudios sobre GESTIÓN DEL AGUA.

La agricultura bajo riego ha producido un espectacular aumento de las producciones, como consecuencia del empleo del agua como factor de producción. En cierta medida ha valido para atenuar el anunciado problema, ya expuesto por MALTHUS en el siglo XVIII, cuando alertaba sobre el desequilibrio que podía producirse en la población de seguir creciendo ésta en términos geométricos, mientras que la producción alimentaria lo hacía sólo a ritmo aritmético.

La agricultura de regadío ha contribuido, de manera especial, a lograr el reto de alimentar a la creciente población mundial ya que aproximadamente la tercera parte de la producción agrícola mundial se consigue en el 17% de la superficie cultivada bajo riego. En general, algo menos de la mitad del agua derivada para riego retorna a los cauces o acuíferos próximos, donde puede volver a utilizarse. En Estados Unidos, por ejemplo, sólo el 55% del agua derivada es consumida, lo que representa el 81 % de toda el agua

consumida a nivel nacional. De aquí se desprende la importancia de la consideración de los consumos de riego y de las demandas cuando se comparan los usos agrícolas del agua con las disponibilidades.

La industria es el segundo usuario en importancia; al representar aproximadamente el 25% de la demanda mundial de agua. En los países del Tercer Mundo la demanda típicamente industrial supone menos del 10% de la total, mientras que las naciones más industrializadas llega hasta el 60-80%.

Los usos domésticos y municipales suponen en muchos países menos del 10% de las demandas y aproximadamente un 7% a nivel mundial.

De estos datos se deduce la importancia que tiene en la Ingeniería la Gestión del agua dedicada a la agricultura.

Los problemas principales que presenta el empleo del agua en la agricultura son:

- Contaminación de las aguas sobrantes
- Sobre explotación de acuíferos
- Salinización y encharcamiento

La agricultura de regadío, para ser rentable, necesita utilizar abundantes dosis de abonado y diversos compuestos químicos entre la que se encuentran: los herbicidas, pesticidas, plaguicidas etc... destinados a la destrucción de la cubierta vegetal no deseable, combate de insectos perjudiciales tanto aéreos como subterráneos, y de todo tipo de plagas y enfermedades de las plantas.

Estas sustancias, al incorporarse a través de la escorrentía a las masas y corrientes de agua, tanto superficiales como subterráneas, no se descomponen biológicamente y por tanto se conservan en los acuíferos durante muchos años, provocando una estable y progresiva contaminación de los recursos hidráulicos.

El desarrollo de la agricultura de regadío contribuye al empeoramiento de la calidad del agua por el aumento de su mineralización como consecuencia del drenaje de suelos cargados de sales, así como por la cantidad excesiva de abonos, herbicidas, pesticidas, etc.

En los sistemas de riego instalados en cuencas yesosas o evaporíticas, la mineralización que se produce en las aguas sobrante y de drenaje evacuadas, supone de ocho a diez veces la mineralización normal del agua empleada en el riego de zonas sin problemas edafológicos.

En las zonas con regadío intensivo, como puede ser toda la zona regable de la cuenca del Ebro, este aumento de la mineralización del agua de los ríos dificulta y encarece su posterior utilización aguas abajo.

Como para poder poner grandes superficies en riego es necesario la construcción de embalses, habría que tener en cuenta la contaminación especial que en ellos se produce debido al crecimiento de algas, en particular las cianofíceas, cuya putrefacción empeora considerablemente la calidad y reduce el contenido en oxígeno del agua, lo que es muy perjudicial para algunas especies piscícolas. Aunque se está en vías de solucionarlo, sin embargo se debe de decir que todavía no se han encontrado medidas definitivas en la lucha contra el incremento de materia orgánica en los embalses.

La protección de las aguas contra la contaminación agrícola es un problema muy importante en la economía hidráulica de los países industrializados.

Una forma de lucha contra esta contaminación estriba en la utilización racional del agua, usando métodos de riego más avanzados y abonos de liberación lenta a fin de no contaminar en exceso los acuíferos, como es el caso concreto de los abonos nitrogenados.

Otro de los problemas que se pueden achacar al empleo del agua en la agricultura, en algunas zonas, es la sobreexplotación de los recursos subterráneos. Gran cantidad de agua circula más o menos lentamente bajo la superficie a través de fracturas o poros, según la formación geológica del terreno, formando los denominados acuíferos. Algunos de los cuales contiene aguas fósiles de miles de años de edad y que prácticamente carecen de recarga; se trata de recursos no renovables y si se extraen, con el tiempo, acaban agotándose. Tales sobreexplotaciones producen empresas agrícolas con una prosperidad corta y frágil. Cuando estas circunstancias se dan en las proximidades del mar, si bien no hay descenso de la cantidad de agua a extraer, si hay deterioro de la calidad de la misma por el aumento del grado de salinidad hasta límites que la hacen desaconsejable para el riego.

Ejemplos claros de esto los tenemos en nuestro país en zonas como la Mancha, Murcia, Almería etc... y en el resto del mundo como por ejemplo el acuífero Ogallala en Estados Unidos que alimenta una quinta parte de la superficie regada (Dakota del Sur hasta el norte de Texas). En la India, área de TadiNadu por ejemplo, los acuíferos descendieron 25 a 30 m. durante la década de los años 60 como consecuencia de bombeos incontrolados para el regadío.

La detración de demandas excesivas para la agricultura en algunos cursos fluviales ha alterado el equilibrio de los lagos, estuarios y mares interiores que dependían fundamentalmente de los caudales aportados por los ríos. Este es otro problema puesto de manifiesto a nivel mundial, ejemplo conocido es el del mar de Aral en Asia Central por sobre explotación del Amur Daria y el Syr Daria. El mar de Aral se mantuvo con un nivel bastante estable durante los primeros 60 años de este siglo pero ha descendido en los últimos treinta años más de nueve metros por lo que las factorías pesqueras que constituyeron antaño unas de las principales actividades económicas de la zona han desaparecido prácticamente y se piensa, que para los años que restan de siglo, el proceso puede seguir en aumento y el volumen de agua reducirse a la mitad. Perspectivas similares amenazan al mar Caspio debido a la intensiva utilización de las aguas del río Volga.

El tercer aspecto al que aludíamos es el problema que se presenta a nivel mundial por degradación de zonas regables como consecuencia de prácticas de riego defectuosas o inadecuadas. En algunos países ha sido práctica normal, al conducir las aguas de riego hasta los campos de cultivo, la construcción de canales de tierra sin revestir por lo que se han producido fuertes filtraciones que han elevado las capas freáticas. Análogamente, cuando al sistema de riego no se le acompaña de un adecuado sistema de drenaje, el nivel freático sube progresivamente y puede llegar a afectar a la zona radicular de los cultivos.

En climas secos, el anegamiento puede venir acompañado por la salinización al provocar el ascenso capilar de las sales al evaporarse el agua superficial. A nivel mundial se estima que por encharcamiento y salinización se produce una degradación de suelo entre 1 y 1,5 millones de hectáreas por año en las zonas regables. El problema es especialmente grave en la India y Pakistán donde se estima que se han degradado ya más de 12 millones de hectáreas.

Para elaborar los planes de riego es necesario conocer tanto la cantidad de agua que se va a suministrar a los cultivos como la calidad de la misma. La agricultura bajo riego depende, tanto de la cantidad de agua suministrada, como de la calidad. A nivel mundial el agotamiento de los recursos hídricos de buena calidad está obligando a tener que recurrir a aguas de inferior calidad con su consiguiente efecto, tanto sobre el suelo como en el rendimiento de los cultivos.

El concepto de calidad de agua para riego se refiere a las características del agua que puedan afectar tanto al suelo regado como a la cosecha que se pretende obtener del cultivo que se quiere regar.

La calidad del agua se define por una o más características físicas, químicas o biológicas. Preferencias personales, como el sabor, también puede constituir una simple evaluación de aceptabilidad, pero en la evaluación del agua para el riego, se tienen en cuenta las características físicas y químicas y rara vez se consideran otros factores como los biólogos.

La calidad del agua de riego varía significativamente según la cantidad y tipo de sales disueltas. El origen de estas sales es la disolución o meteorización de rocas y suelos como es el caso de la lenta disolución de las calizas, del yeso y de otros minerales. Las sales son transportadas y depositadas por el agua de riego en el perfil del suelo en donde se acumulan a medida que el agua se evapora o es consumida por los cultivos.

2. Panorámica del regadío español

Es conocida la frase que dice “En España, lo que no es huerta o vega, es roca o yermo.” La expresión, a pesar de ser extremadamente peyorativa, encierra una verdad profunda. Si observamos el mapa nacional veremos que más de las nueve décimas partes de nuestro suelo caen dentro del lado más negativo del dilema.

Son muchas en España las Has. Dominadas por la aridez y la salinidad, los paramos esteparios de escaso suelo, tierras en las que la roca se transparenta, donde no hay suelo y el poco que tiene va desapareciendo por la continua erosión coadyuvando activamente a la desertización del país, como prolongación del efecto desertización de África, al que la conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo del Medio Ambiente y el desarrollo de Río de Janeiro de Junio de 1.992 han dado tanta importancia.

No debemos ocultar que existen en España zonas con apreciable riqueza por su alto rendimiento en cereales, olivar y vid, pero casi nunca a niveles óptimos y competitivos con Europa ya que en la mayoría de las veces sus ritmos no son sostenidos, debidos a la aridez de gran parte de nuestro país. Esos ritmos de producción no sostenidos, no garantizan el equilibrio que toda economía agraria regular y firme necesita.

Hace años, la superficie agrícola de España podía alcanzar los 40 o 45 millones de Has. Hoy esa superficie se ha reducido a menos de la mitad y la política de la Comunidad Económica Europea así lo promueve, pero el proceso erosivo continua cada vez en términos más inquietantes y favorecido por el incendio de grandes áreas con todo lo que esto conlleva de desertización.

España cuenta actualmente con una superficie puesta en riego del orden de 3 millones de Has. Lo que viene a representar el 15% de la superficie cultivada y el 6% de la

superficie agrícola del país, si bien con estos reducidos porcentajes se obtiene prácticamente la mitad de nuestra producción agrícola.

En 1.983 el cultivo de secano se reduce ya drásticamente alcanzando los 13.450.000 Has. (ANUARIO ESTADÍSTICO AGRARIO). En las últimas décadas se ha producido una notable disminución del cultivo de secano en especial en economías familiares y minifundistas produciendo grandes corrientes migratorias que han despoblado las áreas rurales en amplias zonas del país.

La meta de transformación de secano en regadío está en los 4 millones de Has. Caso de disponer de regulación hidráulica suficiente. En 1.960 el Dr. Ingeniero Agrónomo D. Leopoldo Ridruejo, en su estudio “Actualidad de los riesgos en España” (Revista de ESTUDIOS AGROSOCIALES N° 31) había ofrecido datos, que en conjunto, cifraban la misma meta de 4 millones de Has. Transformadas en regadío. En 1.957 existían en regadío 1.700.000 Has. Y 500.000 en ejecución.

Factores que justifican nuevas transformaciones en regadío

Incrementar la superficie de un cultivo en regadío representa, obviamente, un aumento considerable en sus rendimientos unitarios (ver cuadrado de RENDIMIENTO UNITARIOS de SECANO Y REGADÍO) y esta política debe de estar de acuerdo con la política de la Comunidad Europea.

La previsión de demanda de nuevos regadíos debe de tener en cuenta, entre otros factores, los siguientes:

- Que la superficie a transformar sea apta desde el punto de vista edafológico (Evaluación y Clasificación de Suelos con fines de riego).
- La ubicación de dichas superficies.
- Dedicación productiva. Selección de cultivos teniendo en cuenta:
 - Rentabilidad económica.
 - Rentabilidad social
 - Consumo de agua
 - Coste del agua
 - Oferta y demanda actual y futura tanto para una producción autárquica como con fines de exportación
- Perspectiva de superficies y producciones en el contexto de la PAC.
- Estadísticas de superficies y producciones de los cultivos de C.E.
- Necesidades de agua para cubrir la demanda de regadíos en función de las dotaciones netas y brutas necesarias para los cultivos.
- Estudios técnicos y socioeconómicos de los nuevos regadíos en comparación con los regadíos existentes.

Como se ve la decisión es compleja y difícil.

3. Demandas de riego

Podemos definir la “demanda” como la cantidad de agua necesaria para el riego, siendo sus parámetros esenciales tiempo y volumen referidos a un punto determinado a lo largo de la red de riego. Así podemos hablar de “demanda de la explotación agrícola” “demanda en la embocadura”, “demanda en la toma de distribución”, “demanda en la acequia madre” etc... En general, la DEMANDA DE AGUA (water demand; besoins en eau) se puede definir, según el glosario de Términos Hidroagrónómicos del Manual de Ingeniería de Regadíos, como “la cantidad real de agua necesaria durante cierto período, condicionada por factores técnicos, económicos, sociales y otros”.

En el caso que nos ocupa nos vamos a referir a la demanda de agua necesaria para la explotación de una zona regable. Para satisfacer esa demanda es preciso disponer de unos determinados recursos hidráulicos así como de un conjunto de obras que permitan, en el caso más general, la captación, el almacenamiento, transporte y distribución del agua para satisfacer la demanda de riego.

Los recursos que se utilizan pueden ser superficiales y/o subterráneos. Si se dan ambos tipos en un mismo sistema, pueden explotarse conjuntamente o por separado, o prescindir de uno de ellos y aprovechar únicamente el otro. En general podemos decir que por diversas razones, sobre todo económicas, los aprovechamientos superficiales disfrutaban de una tradición y experiencia mucho más amplia que la de los subterráneos.

Conceptos generales

El conjunto de factores que inciden en la planificación hidráulica es enormemente variado:

- Meteorológicos
- Hidrológicos
- Topográficos
- Geológicos
- Constructivos
- Industriales
- Agrológicos
- Económicos
- Sociológicos etc.

De acuerdo con ellos de lo que se trata es de optimizar el funcionamiento del sistema y de cada uno de los componentes. Sin la gran capacidad de análisis que permiten los programas electrónicos de simulación y gestión ello resultaría imposible. A pesar de todo, no es menos necesario el sentido común para enfocar los problemas.

Disponemos como componentes físicos de un sistema hidráulico las partes que lo integran:

- Embalse

- Presa
- Azud de derivación
- Acuífero
- Pozos de captación
- Galerías de extracción
- Trasvase entre cuencas
- Recarga de acuíferos
- Conducciones a cielo abierto
- Conducciones forzadas
- Red de acequias de distribución etc.

Cada uno de estos componentes se define por una serie de características propias:

- Altura de presa
- Curvas características del embalse
- Capacidad del acuífero
- Capacidad de las conducciones etc.

Las operaciones de manejo de un sistema hidráulico son las necesarias para:

- Desembalse, bien por las conducciones construidas o por el cauce natural
- Derivación de caudales por azudes
- Bombeo de acuíferos
- Recarga de acuíferos, etc.

Se definen los recursos hidráulicos como el conjunto de aportaciones en el espacio y en el tiempo, los cuales pueden proceder de aguas superficiales o de aguas subterráneas.

Paralelamente las salidas son los caudales evacuados del sistema por cualquiera de sus componentes con destino a la propia cuenca o a otra cuenca. Las salidas están en función de la “DEMANDA” o se distribuyen a través de la red hidrográfica superficial.

La situación o estado de un sistema hidráulico se define mediante una serie de variables que lo determinan en cada momento, tales como:

- Niveles o volúmenes de agua embalsada
- Nivel piezométrico de un acuífero
- Caudales que circulan por las conducciones
- Cuantía de entradas y salidas al sistema

La evolución del sistema de un estado a otro se produce como consecuencia de las entradas y salidas de agua controlables o incontrolables.

Acciones controlables son las que dependen de la voluntad del administrador del sistema tales como:

- Maniobra de las compuertas del embalse o canal
- Bombeo
- Recarga artificial del acuífero etc.

Acciones incontrolables son los que no están bajo control y se pueden clasificar en:

Estocásticas, las que no dependen de la gestión si no de factores meteorológicos o hidrológicos tales como:

- Aportaciones naturales a un embalse
- Infiltración de aguas de lluvia en un acuífero
- Evaporación del embalse etc.

Deterministas, las que dependen de otras variables del sistema que a su vez pueden depender de acciones controlables o no, tales como:

- Nivel de agua de un embalse que a su vez dependen de: la evaporación y las filtraciones.

El objetivo de un sistema hidráulico es atender una determinada demanda y en el caso que nos ocupa atender la demanda agrícola. El objetivo debe cumplirse dentro de unos criterios y condiciones tales como:

- Que el coste del agua sea el menor posible
- Que cubra la máxima demanda
- Si se trata de acuíferos subterráneos, que la altura de bombeo no sea excesiva
- Que el agua cumpla con las condiciones de calidad exigida para la agricultura
- Que el volumen de agua a utilizar no supere el volumen de concesión etc.

La planificación del sistema presenta dos vertientes:

- Proyecto
- Explotación

El proyecto implica seleccionar los componentes del sistema y dimensionarlos.

La explotación obliga a adoptar una política de estrategia es decir: el conjunto de decisiones para actuar sobre las acciones controlables. Proyecto y explotación deben de ir ligados.

Para su estudio hay que partir de los siguientes datos:

- Estimación de los recursos hidráulicos
- Estimación de la demanda y de su evolución en el tiempo
- Criterios y condiciones para la atención de la demanda.

Las fases de la planificación son:

- Planteamiento de las alternativas posibles de dimensionamiento y explotación.

- Simulación de la explotación del sistema en cada alternativa durante un período de tiempo dado.
- Análisis de los resultados.
- Elección de la alternativa óptima con arreglo a los criterios o condiciones impuestas previamente.

Como ya se ha dicho el conjunto de factores que inciden en la planificación es enormemente variado:

- Meteorológicos
- Hidrológicos
- Geológicos
- Topográficos
- Constructivos
- Agrológicos
- Económicos
- Sociales

De acuerdo con ellos debe de optimizarse el funcionamiento del sistema y de cada uno de sus componentes.

A pesar de todo no se debe de perder nunca el sentido físico y real de los problemas aplicando siempre una gran dosis de sentido común.

Demanda de agua de las zonas regables

La determinación de la demanda de agua en una zona regable es función de:

- Superficie regable
- Clase de suelo
- Tipo de cultivo

La superficie regable resulta de los estudios edafológicos imprescindibles de **EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE RIEGO** a fin de determinar los suelos regables de los no regables (U.S. BUREAU OF RECLAMATION). A su vez la superficie regable es función del volumen de agua disponible estimado mediante los estudios hidrológicos correspondientes y los cultivos a recomendar en función del clima, tipo del suelo y de la calidad del agua a emplear.

Finalmente, las necesidades de agua de cada cultivo deben de obtenerse mediante los métodos de cálculo de la evapotranspiración de los mismos.

La demanda de agua de cada cultivo por la superficie ocupada por el mismo y la eficiencia de aplicación del agua nos darán la demanda total de agua en la salida del embalse.

Es decir la demanda de embalse debe de calcularse partiendo de la parcela tipo y del cultivo.

La demanda agrícola tiene carácter estacional siendo función del clima y del tipo de cultivo lo que es desfavorable desde el punto de vista de regulación del recurso ya que normalmente la máxima demanda (verano) no coincide con la máxima aportación (otoño-invierno).

Para conocer la demanda agrícola es necesario conocer su distribución mensual función de la evapotranspiración del cultivo.

4. REGADÍOS

El estudio de una zona regable exige el conocimiento por parte del proyectista de información suficientemente detallada, tanto del medio natural, como son: el clima, el suelo y el agua, como del medio socio-económico en el que va a tener lugar dicha transformación.

Cada uno de estos aspectos:

- Medio natural
- Medio socio-económico

Deben de ser estudiados por técnicos especialistas pero la interpretación final de estos estudios, la inter-relación entre ellos y las conclusiones que definan la solución técnica deben de ser asumidas por el proyectista.

Es por tanto necesario, antes de acometer una transformación en regadío de una futura zona regable, el estudio exhaustivo tanto de ese medio natural como del aspecto socio-económico el cual debe quedar reflejado en un PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN EN RIEGO.

1. ESTUDIOS TÉCNICOS PREVIOS

A grandes rasgos los estudios técnicos previos que en toda transformación en regadío se deben de tener en cuenta son:

- 1.1 Estudio hidrológico de la zona con objeto de definir el volumen de agua disponible.
- 1.2 Estudio geológico; análisis de posibles cerradas de presa.
- 1.3 Estudio hidrogeológico; análisis de posibles perforaciones del subsuelo.
- 1.4 Estudio climático de la zona; análisis de las limitaciones para el cultivo y consumo de agua de las plantas.
- 1.5 Estudio edafológico de clasificación y evaluación de suelos con fines de riego.
- 1.6 Estudio de calidad del agua de riego.

2. ESTUDIO AGRONÓMICO

- 2.1 Elección de las alternativas de cultivo
- 2.2 Cálculo de la demanda de agua

3. ESTUDIO DE LA RED DE RIEGO

- 3.1 Red de canales
- 3.2 Sistemas de riego
- 3.3 Impulsiones

4. ESTUDIO de la RED de DRENAJE

5. OBRAS CIVILES

- 5.1 Nivelación de terrenos
- 5.2 Red de caminos agrícolas

6. ESTUDIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

- 6.1 Análisis económicos de rentabilidad del proyecto
- 6.2 Análisis sociológico de mejora de la calidad de vida

7. ESTUDIO del IMPACTO AMBIENTAL

- 7.1 Análisis de impacto ambiental que toda transformación conlleva.

1.4 Estudio climático de la zona

El estudio climático de la futura zona regable es muy importante ya que condiciona la gama de posibles cultivos y las necesidades de agua de los mismos.

Tienen fundamentalmente importancia en el saneamiento y drenaje de la propia zona regable, afectando a la hidrología de la cuenca.

Es fundamental disponer de una amplia información estadística que abarque, al menos, un período consecutivo de diez años.

El estudio climático debe analizar los siguientes parámetros:

- Temperatura: máxima, mínima, media; régimen de heladas número de horas de frío.
- Pluviometría: lluvia máxima, mínima y media; lluvia máxima en 24 horas.
- Horas de sol:
 - reales

– Máximas

- Humedad relativa
- Velocidad del viento

Para la realización del proyecto interesa determinar la evapotranspiración habiéndose empleado diversos métodos.

- THORNTHWAITE
- BLANEY-CRIDDLE. BLANEY-CRIDDLE MODIFICADO
- TURC
- TANQUE DE EVAPORACIÓN
- PENMAN, PENMAN-MODIFICADO (FAO 24)
- PENMAN-MONTEITH etc.

La elección de uno u otro método dependerá de las características climáticas de la zona y de la disponibilidad de datos.

El método de Penman tiene en cuenta una serie de condicionantes como son: viento, humedad e insolación y determina en primer lugar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO) y el coeficiente de cultivo (Kc) con lo que se calcula la evapotranspiración del cultivo (Etc).

Para conocer las necesidades de cada cultivo se deduce de la Etc la precipitación efectiva (Pe). Con ello se determinan las necesidades del mes punta y dentro de él el período punta ya que la distribución no es uniforme a lo largo del mes.

El valor diario punta (Nap) se define en función de las necesidades mensuales punta (Nmp) y de la dosis de riesgo (Dn).

Las necesidades del proyecto se fijarán de modo que cubran al menos el 75% de los años.

1.5 Estudios edafológicos de clasificación y evaluación de suelos con fines de riego

Es el segundo factor en importancia para definir si una zona es regable o no es regable.

El estudio edafológico debe incluir los siguientes aspectos:

- Reconocimiento previo de la zona
- Estudio previo de fotointerpretación
- Trabajos de campo:
 - Nivel de reconocimiento
 - Nivel semidetallado
 - Nivel detallado
- Estudio definitivo de fotointerpretación
- Cartografiado y redacción del informe.

En los estudios de evaluación y clasificación de suelos se deben de analizar los siguientes parámetros:

1. *DESCRIPCIÓN DE LA ZONA*
 - 1.1 Situación y antecedentes
 - 1.2 Identificación cartográfica de las unidades fisiográficas
 - 1.3 Material madre de los suelos, Geología
 - 1.4 Clima (como factor formador del suelo)
 - 1.5 Vegetación natural

2. *MÉTODOS UTILIZADOS EN LA CLASIFICACIÓN DE TIERRAS*

3. *CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y DEL TERRENO QUE INFLUYEN EN LA CLASIFICACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LAS TIERRAS*
 - 3.1 Profundidad del suelo
 - 3.2 Permeabilidad
 - 3.3 Textura
 - 3.4 Pendiente-Topografía
 - 3.5 Drenaje
 - 3.6 Presencia de sales
 - 3.7 Acidez o basicidad
 - 3.8 Erosión
 - 3.9 Nivel de fertilidad
 - 3.10 Microrelieve

4. *DATOS DE LABORATORIO*
 - 4.1 Análisis físicos
 - 4.2 Análisis químicos

5. *CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE TERRENOS*

6. *ACTITUD Y APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA*

7. *PLANOS*
 - 7.1 Plano de tipo de terreno natural
 - 7.2 Plano de clases para riego U.S BUREAU OF RECLAMATION
 - 7.3 Plano de clasificación edafológica (7ª aproximación)

Estudio de la calidad del agua de riego

La agricultura de regadío depende tanto de la calidad como de la cantidad de agua. El aspecto de la calidad en general ha sido descuidado dado que en el pasado las fuentes de agua eran de buena calidad. El uso intensivo de los recursos hace que cada día se empleen aguas de peor calidad. Para evitar los problemas que se derivan de uso de agua de mala calidad para la agricultura es por lo que se requiere un estudio detallado de las mismas. No se debe de olvidar que el uso de agua de mala calidad incide en el rendimiento de los cultivos.

En la evaluación de las aguas para riego se tienen en cuenta sobre todo las características físicas y químicas y son pocas las veces en las que se tienen en cuenta otros factores como los biológicos o los de sabor etc...

Los problemas de calidad del agua de riego son función del tipo y cantidad de sales que lleve disueltas.

Las sales tienen su origen en la disolución y meteorización de las rocas y suelos, además de la disolución lenta de la caliza, del yeso y de otros materiales. Las sales son transportadas por las aguas de riego y depositadas en el suelo o es consumida por los cultivos.

El estudio de la calidad del agua de riego debe comprender los siguientes apartados.

1. Toma de muestras
2. Datos de análisis de laboratorio
3. Comprobación del análisis
4. Interpretación de los problemas potenciales de:

- 4.1 Salinidad.

Las sales del suelo y del agua reducen la disponibilidad de agua de las plantas a tal punto que afecta a los rendimientos de los cultivos (C.E)

- 4.2 Infiltración.

Contenidos relativamente altos de sodio o bajos de calcio en el suelo y agua reducen la velocidad con la que el agua de riego atraviesa la superficie del suelo. Esta reducción puede alcanzar tal magnitud, que las raíces de los cultivos no reciben suficiente agua entre los riegos (C.E. Y SAR).

- 4.3 Toxicidad de iones específicos.

- 4.3.1. Sodio (Na)

- 4.3.2. Cloro (Cl)

- 4.3.3. Boro (B)

- 4.3.4. Oligoelementos

Si estos iones contenidos en el suelo o en el agua, se acumulan en los cultivos en concentraciones suficientemente altas pueden producir daños y reducir los rendimientos de los cultivos sensibles.

- 4.4 Varios (afecta a cultivos sensibles)
 - 4.4.1. Nitrógeno
 - 4.4.2. Bicarbonato
 - 4.4.3. pH
- 5. Diagramas auxiliares
 - 5.1 Diagrama de clasificación según U.S. SALINITY LABORATORY STAFF
 - 5.2 Diagrama de WILCOX
 - 5.3 Diagrama de GREENE
 - 5.4 Normas STBLER. INDICE DE SCOTT

Análisis de la demanda de nuevos regadíos en España horizonte año 2.012 por Herminio Castillo Hernando, Dr. Ingeniero Agrónomo y Economista. Centro Estudio Hidráulicos CEDEX

APROVECHAMIENTO	SUPERFICIE EN MILES DE HAS		
	SECANO	REGADÍO	TOTAL
Tierras de cultivo			
-C. Herbáceos	8898.7	2274.4	11173.1
-Barbechos y tierras no ocupadas	3979.1	183.2	4162.3
-C. Leñosas	4095.6	741.4	4837.0
SUBTOTAL	<u>16973.4</u>	<u>3199.0</u>	<u>20172.4</u>
Prados y pastos			
-Prados naturales	1185.5	204.2	1389.7
-Pastizales	5368.3	-	5368.3
SUBTOTAL	<u>6553.8</u>	<u>204.2</u>	<u>6758.0</u>
Forestal			
-Monte maderable	7188.7	-	7188.7
-Monte abierto	3636.4	-	3636.4
Monte leñoso	4981.4	-	4981.4
SUBTOTAL	<u>15806.5</u>	-	<u>15806.5</u>

Otras superficies			
-Erial a pastos	3541.7	-	3541.7
-Espartizal	446.3	-	446.3
-Terrenos improductivos	1255.3	-	1255.3
-Superficie no agrícola	1941.4	-	1941.4
Rios y lagos	549.6		549.6
SUBTOTAL	<u>7734.3</u>		<u>7734.3</u>
TOTALES	47068.0	3403.2	50471.2

Fuente : Anuario de Estadística Agraria 1990 y elaboración propia

CUADRO 1 : DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE ESPAÑA SEGÚN TIPO DE APROVECHAMIENTO.

CULTIVO	RENDIMIENTO (KG/HA)			
	SECANO	REGADÍO	TOTAL	
Maíz	2517	7732	6425	
Cebada	2036	3752	2153	
Alfalfa	21597	58240	49091	
Trigo	2230	3779	2379	
Patata	14992	24478	19650	
Remolacha Azúcar.	30948	47087	43651	
Cítricos	0	18179	18179	
Girasol	867	2471	1093	
Olivo	1553	2836	1627	
Algodón	868	2845	2803	
Arroz	0	6203	6203	
Vid	4437	8929	4638	
Hort. Fr.	Tomate	11700	41954	76407*
	Melón	6336	18791	24549*

Hort. R.B.	Ajo	3561	8288	
	Cebolla	12337	40420	19000*
Hort. Fl.	Alcachofa	8338	13830	
	Coliflor	13671	19955	24972*
Hort. H.T.	Col	19841	28934	
	Espárrago	2454	4170	4897*
Frutal H.	Melocotón	3912	9395	
	Cerezo	1818	2890	
Frutal P.	Manzano	1929	14258	
	Peral	4241	12950	
Fr. Carnoso	Plátano	-	44825	
	Aguacate	2588	6892	
Prad. Pf.		28701	39021	30754
Legum. V.	Judía v.	7503	9174	12471*
	Haba v.	2786	9494	
Legum. G.	Judía s.	302	1303	
	Haba s.	1029	2091	
Frut. Seco	Almendro	329	1368	
	Avellano	481	853	
Maíz Fje.		35322	53346	40768
Cereal F.		12722	21424	13416
Tabaco		1331	2048	2047
Sorgo		3263	6319	5309

(*) Cultivo protegido

Fuente: Anuario de Estadística Agraria y elaboración propia

CUADRO 9: RENDIMIENTO UNITARIOS EN SECANO Y REGADÍO.