

# Contenido



## Parte 1 - Generalidades sobre el riego

Antecedentes históricos de la irrigación en épocas primitivas	31
Problemática con los sistemas de riego	33
Concepto de riego	35
Relación suelo-agua planta	37
Capacidad de retención de humedad	40
Puntos característicos de la humedad del suelo	40
La humedad del suelo	42
Determinación de las características de retención de humedad	44
Medición de la humedad del suelo	44
El suelo	46
Clasificación del agua del suelo	47
Potenciales de agua en el suelo	48
Movimiento del agua en el suelo	48



La infiltración	49
Ecuaciones de infiltración	50
Uso de la información de infiltración en riego	51
Aplicación superficial	53
Aplicación aérea	53
Aplicación subterránea	53
Aplicación localizada	54
Uso de la información de infiltración en hidrología	55
Factores que influyen en la velocidad de infiltración	55
Escogencia del método de riego según la velocidad de infiltración	57
Medición de la velocidad de infiltración	58
Cilindros infiltrómetros	59
Surcos infiltrómetros	60
Conductividad hidráulica	60
Extracción de agua por las plantas	60
Niveles de extracción en el perfil del suelo	62
La transpiración en las plantas	63
Aspectos biológicos de la transpiración	64
Circulación del agua en la planta	64
Transpiración por las hojas	64
Movimiento a través del tallo	64
Captación de agua por las raíces	65
Estructuras foliares que intervienen en la transpiración	65
Estructuras foliares que facilitan la transpiración	65
Variables que influyen en la transpiración	66
Evapotranspiración del cultivo ETC	67
Unidades	70





Evapotranspiración potencial	70
Evapotranspiración potencial según Thornthwaite	72
Evapotranspiración real	73
El agua en el suelo	73
Zonas de humedad en un suelo	73
Humedad en el suelo	74
La lámina de agua y su uso	75
Evapotranspiración y agua de riego	76
Coeficiente de cultivo y necesidad de agua	76
Las precipitaciones	76
Clasificación de precipitaciones de agua	80
Medida. Unidades	80
Cómo medir la lluvia	81
Problemas que pueden surgir	82
Pluviómetros	82
Importancia del uso de pluviómetros	83
Cómo operar el pluviómetro	83
Pluviógrafos	84
Nivómetros	85
Redes pluviométricas	86
El agua de riego	86
Calidad del agua de riego	88
Problemas de la calidad del agua de riego	90
Infiltración del agua y contenido de sodio	93
Toxicidad	94
Otros problemas	97
Riesgo de obstrucciones	98



Clasificación de las aguas de riego	98
Agua con poca salinidad (de 0 a 250 microhos/cm)	99
Agua con salinidad moderada (de 250 a 750 micromhos/cm)	99
Agua con salinidad media a elevada (de 750 a 2250 micromhos/cm)	99
Agua con salinidad elevada (de 2250 a 4000 micromhos/cm)	100
Agua con salinidad moderada (de 250 a 750 micromhos/cm)	100
Según el contenido de sodio	100
Agua con poco sodio	100
Agua con cantidades medias de sodio	100
Agua con cantidades elevadas de sodio	100
Agua con cantidades muy elevadas de sodio	100
Soluciones a los problemas de salinidad	102
Cultivos	102
Suelos	104
Cambios en el suelo por efectos del agua de riego	105
Clima	106
Manejo del riego del drenaje	106
Clasificación de las plantas según resistencia al cloruro sódico en el agua de riego	108
Especies muy sensibles	108
Especies sensibles	108
Especies resistentes	108
Especies muy resistentes	108
Toma de muestras para análisis fisicoquímico de aguas	109
Origen de las aguas de riego	111
Aguas de corrientes superficiales	112

Aguas residuales	114
Aguas de montaña o del interior	118
Aguas de litoral o marinas	120
Aguas calcáreas o duras	120
Daños que ocasionan	120
Cómo ablandar el agua	121
Necesidad de agua en los cultivos	122
Puntos básicos de necesidad de agua de riego	123
Cantidad de agua absorbida por los cultivos (factor cultivo)	123
Disponibilidad de agua en el suelo (factor suelo)	126
Poder evaporante de la atmósfera (factor clima)	130
¿Cuándo se debe regar?	131
Técnica del balance de agua	133
Indicadores del suelo	134
Indicadores de la planta	135
Necesidad de riego	135
Eficiencia de riego ER	136
Eficiencia de conducción (EC)	137
Eficiencia agronómica o de utilización (EU)	137
Eficiencia de aplicación (Eap)	138
Eficiencia de almacenamiento (Eal)	139
Eficiencia de distribución (Ed)	140
Eficiencia de riego en un sistema de riego localizado	141
El agua en el suelo y su relación con la planta	144
Desplazamiento	144
Drenaje y sanidad	144
Turnos de riegos	146



Acción y efectos del agua dependiendo de la técnica de riego utilizada	147
Riego total	147
Riego localizado	148
Aspectos agronómicos	149
Principales factores para su diseño e instalación	150
Otros efectos	150
Estrés hídrico	152
¿Es un problema el estrés hídrico?	152
Momento del riego y estrés hídrico	154
Etapa 1. Estimación de la demanda de los cultivos	154
Etapa 2. La estimación de la humedad del suelo	155
Etapa 3. Estimación de tiempo antes del estrés hídrico	156
Estimación de la frecuencia de riego conforme a los niveles de humedad del suelo	156
Estimación de la frecuencia de riegos conforme a la relación: agua-suelo-planta-clima	157
Planificación predial con fines de riego	158
Mapas aerofotogramétricos y topográficos	158
Mapas de suelos	159
Necesidades de agua de los cultivos	160

## Parte 2 – Métodos de riego (pdf)

Selección de métodos de riego	162
Compatibilidad	162
Cultivos	163
Suelos	164



89	Topografía o pendiente del terreno	166
89	Recursos de agua	167
89	Calidad del agua	168
89	Velocidad del viento	168
90	Costos	168
90	Otros criterios	170
	Riego superficial o por gravedad	170
89	Riego por melgas, platabandas o bordos	170
193	Ventajas	173
193	Limitaciones	173
197	Diseño de riego por bordos	173
197	Caudal	175
198	Longitud de las melgas	175
198	Melgas en contorno	176
198	Tazas y palanganas	176
199	Control y regulación de los caudales entregados	177
199	Consideraciones	177
200	Riego por surcos	177
200	Desventajas	180
201	Ventajas	182
201	Limitaciones	183
202	Diseño	184
202	Caudal máximo no erosivo de surcos	184
202	Espaciamiento entre surcos	185
208	Forma de los surcos	186
209	Largo óptimo de los surcos	186
212	Pendiente de surcos	188



## Técnicas de riego

Tiempo de riego	189
Fases de riego por surcos	189
Fase de avance	189
Fase de almacenamiento	189
Fase de agotamiento superficial	190
Fase de receso	190
Riego por inundación	191
Riego por calles	193
Riegos a presión	193
Riego por aspersión o por gravedad	193
Componentes del sistema de riego por aspersión	197
Los aspersores	197
Carros de riego	198
Riego con carrete para la manguera	198
Sistema de riego con pivot	198
Sistemas de riego paralelos	199
Las boquillas	199
Los elevadores	200
Las tuberías	200
Partes de acople	201
Partes de control del sistema	201
Clasificación de los sistemas de riego por aspersión	202
Ventajas	205
Desventajas	206
Diseño en riego por aspersión	208
Reparto uniforme del agua de riego	209
Evaluación del sistema	210





Determinación de la lámina de riego (La)	210
Cálculo de la frecuencia de riego	211
Trazo o colocación del sistema en el campo	211
Espaciamiento entre laterales (El)	212
Espaciamiento entre aspersores (Ea)	212
Dosis total de riego	212
Intervalo crítico de riego (Irc)	213
Tiempo de riego (Tr)	213
Superficie de riego diaria (Srd)	213
Cálculo del número máximo de posiciones de laterales	214
Número de aspersores	214
Caudal requerido	215
Pérdida de carga (pérdidas por fricción)	215
Cálculo del coeficiente de salidas múltiples	215
Cálculos de carga efectiva (hfe)	216
Requerimientos de potencia en la bomba	216
Requerimientos de potencia en el motor	216
Para convertir de HP a Kwatt/hora	216
Uniformidad de funcionamiento de aspersores	216
Coefficiente de uniformidad	217
Coefficiente de Hart	217
Ejemplo de diseño por aspersión	217
Características generales	217
Características agronómicas	218
Características del cultivo	218
Disposición de laterales	219
Diseño hidráulico	220



Requerimientos de potencia	226
Utilizaciones especiales del riego por aspersión	226
Regando bajo los árboles	228
Regando sobre los árboles	228
Sistemas estacionarios de riego por aspersión	231
Sistemas semifijos con ramales móviles	231
Sistemas fijos	234
Riego por microaspersión	237
Ventajas	239
Desventajas	241
Requisitos básicos para la implementación del sistema de riego por microaspersión	241
Cultivo a irrigar	241
Suelo	242
Fuente de abastecimiento	242
Aspecto topográfico	242
Consideraciones climatológicas	242
Factores humanos	242
Limitaciones topográficas	242
Características del suelo	243
Suministro de agua	243
Factores que dependen del cultivo	244
Selección del microaspersor	244
Riego por goteo	244
Componentes del riego por goteo	246
Cabezal de control	247
Filtro de arena	248

Hidrociclón	249
Filtros de malla	250
Válvulas de aire	253
Fertilizadores diferenciales	253
Inyección en la red	254
Red de conducción y distribución	254
Emisores o goteros	255
Ventajas del riego por goteo	260
Uso eficiente del riego	260
Respuesta de las plantas	260
Beneficios agronómicos	260
Beneficios económicos	261
Desventajas	262
Obturación en los emisores	262
Obturación física	264
Obturación química	264
Obturación biológica	265
Diseño agronómico de un sistema de riego por goteo	265
Determinación de las demandas de agua del cultivo	266
Conversión por mm/día a litros/planta/día	267
Número de goteros por planta	267
Distanciamiento de goteros en la línea lateral	268
Tiempo de riego diario (TRD)	268
Caudal de diseño (Qd)	268
Diseño hidráulico del sistema	268
Pérdida de carga en una tubería	269
Diseño de tubería lateral	269





## Técnicas de riego

149	Diseño de la tubería principal	270
150	Presión del sistema	270
	Riego por goteo económico	270
153	Sobre el goteo solar	271
154	Cómo fabricar un Kondenskompressor	273
154	¿Cómo funciona el goteo solar?	273
155	Formas en que el agua de un riego convencional se desaprovecha en un cultivo	273
160	Funcionamiento del Kondenskompressor	274
160	Ventajas	274
	Riego subsuperficial	275
161	Ventajas	277
161	Uso eficiente del agua de riego	277
162	Humedecimiento óptimo del suelo	277
164	Fertirrigación	277
164	Economía	277
165	Rendimientos incrementados	278
165	Funcionamiento muy fácil	278
166	Desventajas	278
	Riego por goteo subsuperficial	279
167	Ventajas del riego por goteo subsuperficial o enterrado	279
168	Desventajas	280
	Mantenimiento a los sistemas de riego por goteo subsuperficiales	280
168	Mantenimiento de los filtros	281
168	Separadores centrífugos	282
169	Filtros de malla y disco	282
169	Filtros de arena	282



Lavado de las líneas laterales y los distribuidores	283
Inyectando cloro	283
Bacterias producidas por el fierro y el manganeso	283
Cantidad de inyección de cloro	284
Inyectando ácido	286
Otras medidas de mantenimiento necesario	287
Mantenga las raíces de las plantas fuera de los emisores	287
Prevenga el retrosifoneo	287
Estructura de un sistema de riego	288
Elementos básicos de un sistema de riego	288
Partes de la red	288
Elementos básicos de un sistema de riego	288
Los principales componentes	290
Conectores o acoplamientos	292
Riego automático	293
Ventajas del riego automático	296
Elementos del sistema de riego automático	297
Timer o programador	297
Válvulas	297
Tubería	297
Rociadores pop-up	298
Boquillas	298
Aspersores	298
Rotores	298
Manguera aspersora	298
Importancia de la presión del agua	298
Tipos de presión	299



## Técnicas de riego

Alimentación de agua para el sistema de riego	299
Instalaciones de sistemas de riego	301
Sistema de riego con aspersores	301
Datos básicos	301
El caudal de agua que llega hasta su casa	301
Diámetros de la cañería principal y del medidor	302
Preparación del plano del jardín	303
Cómo dibujar el plano	303
Tenga conocimiento de los diferentes tipos de aspersores	304
Seleccione el flujo de los aspersores en GPM (galones por minuto)	305
Cómo elegir los dispositivos	305
Elementos a escoger según uso y gasto	306
Válvulas solenoides	307
Válvulas antisifón	307
Válvulas en línea	308
Aspersores	308
Clases de aspersores	308
Distancia a la cual se deben instalar los aspersores	310
¿Plástico o latón?	310
Instalación sencilla con aspersores y difusores	311
Delimitación del sistema	312
Colocación de las válvulas	312
Determinación de la conexión del sistema a la red de agua	312
Especificación del flujo total de los aspersores	313
División del área que se va a regar	314
Defina las distancias entre aspersores	315





Los traslapes	316
Asigne los circuitos	317
Defina el diámetro de cañerías y válvulas	318
Cañería correctora	318
Cañería de los circuitos	319
Instalaciones para un regadío	319
Esquema de una red de riego	319
Captación de aguas superficiales	320
Captación de aguas subterráneas	322
Captación de aguas de escorrentía	323
Cómo se instala el sistema de riego	324
Herramientas	324
Materiales	324
Señale la posición de aspersores y tuberías	324
Excave las zanjas	325
Realice la conexión al suministro de agua	325
Instale la caja de protección de las válvulas	325
Instale las válvulas	326
Conecte las válvulas a la red de agua	326
Extienda la red hacia los aspersores	327
Instale los aspersores	327
Ajuste las aberturas de los aspersores	327
Conecte el programador y pruebe el sistema	327
Recomendaciones	328
Tape las zanjas	328
Riego automático por goteo sin instalación eléctrica	329
Examine los componentes	329



Herramientas	329
Materiales	329
Instalación de este sistema	331
Otros sistemas de riego	335
Elección del sistema de riego	335
La técnica del drenaje	335
Sistemas de drenaje	337
Factores que influyen en el drenaje	338
El suelo	338
El agua	339
El clima	339
Los cultivos	339
La estructura de la propiedad	339
Cómo elegir un sistema de drenaje	339
Organización de un regadío	340
Sistemas de explotación	340
Conducción del agua hasta la zona regable	342
Redes de distribución	343
La red de drenaje	344
La red de caminos	344
Bibliografía	345

## Temas en CD

### Parte 3 – Fertilización - Anexos

Nociones elementales de fisiología vegetal	11
Leyes físicas	12



El agua y las células vegetales	14
Fisiología vegetal y agricultura	15
El agrosistema	16
Fisiología de las plantas	18
La absorción	18
Circulación de la savia	20
La transpiración y la respiración	21
La fotosíntesis	22
Fase primaria o lumínica	22
Fase secundaria u oscura	23
Importancia biológica de la fotosíntesis	24
Importancia de las hojas	24
Equilibrio vegetativo	25
Transporte de minerales	28
Necesidad de intercambio de energía a través de la transpiración	30
Hipótesis de la cohesión-adhesión para el ascenso del agua	35
¿Qué se necesita para generar una tensión de $-0,3$ MPa y que el agua se eleve?	36
El movimiento del aire desde el suelo al aire	39
¿Existe cavitación en el agua bajo tensión?	40
Nutrición mineral	43
Absorción de sales minerales	43
Micorrizas	45
El suelo y sus elementos minerales	47
El camino de los iones dentro de la raíz	49
Características de la absorción iónica	52
Absorción iónica a diferentes concentraciones iónicas	52





Acumulación	53
Selectividad de la absorción iónica	54
Contenido de minerales en la planta	55
Elementos esenciales	57
Agentes quelantes	59
Funciones de los elementos esenciales	61
Mejorantes o enmiendas del suelo	61
¿Qué son las enmiendas?	61
Origen de los suelos ácidos	62
Componentes básicos de un suelo con vocación agropecuaria	63
La materia orgánica del suelo (M.O.S.)	64
Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo	64
Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades químicas del suelo	65
Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades biológicas del suelo	65
Descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo	65
Enmiendas o abonos orgánicos	67
Importancia del humus	68
Importancia de los abonos orgánicos	68
Transformación de la materia orgánica	68
Fases de la materia orgánica	69
Enmiendas calizas	72
Pérdidas de cal en las tierras	74
Ventajas de las enmiendas de cal	74



Productos que se utilizan para encalar	75
Encalado directo	76
Tiempo de aplicación y dosis	78
Enmiendas orgánicas	78
Enmiendas calizas	78
Tipos de cal que se encuentran en el mercado	79
Fertilizantes	80
Fertilización foliar	81
Papel de algunos fertilizantes minerales	82
El nitrógeno	82
Ventajas del nitrógeno	83
Desventajas del nitrógeno	83
Tiempo de aplicación	84
El fósforo	84
Ventajas del fósforo	85
Desventajas del fósforo	86
Tiempo de aplicación	86
El potasio	86
Ventajas del potasio	88
Desventajas del potasio	89
Tiempo de aplicación	89
El azufre	89
Ventajas del azufre	91
Desventajas del azufre	91
El magnesio	91
Ventajas del magnesio	93
Desventajas del magnesio	93



Conclusiones de los fertilizantes minerales	93
Abonos complejos	94
Liberación controlada	95
Fertirrigación	96
Ventajas	97
Inconvenientes	98
Sistemas de inyección	99
Venturi	99
Bombas inyectoras auxiliares	100
Inyector por succión positiva	100
Salinidad	101
Fertilizantes utilizados en fertirrigación	104
Compatibilidad de productos	108
Calibración de la tasa de inyección de los fertilizantes	109
Dosificación de los fertilizantes	110
Cálculo de los fertilizantes de la solución madre	110
Preparación y aplicación de la solución madre	110
Consideraciones básicas	114
Aplicación de los productos	114
Sulfato de magnesio	114
Nitrato de potasio y ácido fosfórico	114
Urea	114
Planning o programación de abonado	116
Fertilizantes líquidos	117
Solución N-32 (32% N)	118
Principales características	119
Solución N-20	119



Principales características	120
Nitrato magnésico (6,6% N + 9,5% MgO)	120
Principales características	121
Nitrato de cal (7% N + 14% CaO)	121
Características principales	122
Ácido nítrico (12% N)	122
Ácido fosfórico	122
Principales características	123
Solución ácida de potasio (10% K <sub>2</sub> O)	123
Abonos complejos	124
Características principales	124
Particularidades de otros fertilizantes	124
Nitrato amónico 33.5% N	124
Urea 46% N	125
Nitrato potásico 13-46-0	125
Sulfato amónico 21% N y 58% SO <sub>3</sub>	125
Sulfato potásico 50-52% K <sub>2</sub> O y 46.5-47.5% SO <sub>3</sub>	126
Sulfato de magnesio 16% MgO y 31.7% SO <sub>3</sub>	126
Fosfato monoamónico 12% N y 60% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	126
Fosfato monopotásico 51% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y 34% K <sub>2</sub> O	126
Cloruro potásico 60% K <sub>2</sub> O	126
Cloruro sódico	126
Medidas que se utilizan	128
Unidades físicas que se utilizan con mayor frecuencia	128
Diferentes conceptos	130
Longitud	130
Superficie	131



Volumen	132
Tiempo	132
Caudal	134
Masa	135
Fuerza o peso	136
Carga eléctrica	136
Intensidad de la corriente	137
Diferencial de potencial eléctrico	138
Resistencia eléctrica	138
Conductividad	139
Trabajo	140
Potencia	140
Presión	141
Anexo 1 – Ecuación de Green Ampt	143
Anexo 2 – Ecuación de Horton	147
Anexo 3 – Ecuación de Philip	149
Anexo 4 – Difusión y ósmosis. Ley de Fick	151
Anexo 5 – Ley de Poiseuille	157
Anexo 6 – Método del SCS	160
Anexo 7 – Solución modificada de Hoagland	162
Anexo 8 - Los embalses	164
Bibliografía	193