



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
CNR - INIA KAMPENAIKE

BOLETÍN INIA Nº 26

ISSN 0717 - 4829

CÁLCULOS BÁSICOS PARA FERTIRRIGAR

MARCO ANTONIO BELLO U.
MARÍA TERESA PINO Q.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

BOLETÍN INIA N° 26

ISSN 0717 - 4829



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
CNR - INIA KAMPENAIKE

CÁLCULOS BÁSICOS PARA FERTIRRIGAR

Marco Antonio Bello U.

María Teresa Pino Q.

Centro Regional de Investigación Kampenaiké

Punta Arenas, Chile, 2000.

Autores:

Marco Antonio Bello U.
Ing. Agrónomo
Producción Vegetal
Centro Regional de Investigación Kampenaiké

Maria Teresa Pino Q.
Ing. Agrónomo
Producción Vegetal
Centro Regional de Investigación Kampenaiké

Director Responsable:

Raúl Lira F.
Ing. Agrónomo, M.sc.
Director Centro Regional de Investigación Kampenaiké

Comité Editor Regional:

Nilo Covacevich C., Ing. Agrónomo, (Ph.D)
Oscar Strauch B., Ing. Agrónomo

Asistentes de Investigación:

Jaime Pincheira, Técnico Agrícola

Boletín INIA N° 26

Este boletín fue editado por el Centro Regional de Investigación Kampenaiké, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.
Financiado por Proyecto PROVALTT

Diseño y diagramación: Lorena Mardones D.
Impresión: INIA – Kampenaiké
Cantidad de ejemplares: 50

Punta Arenas, 2000.

INTRODUCCIÓN

La fertirrigación, consiste en proporcionar a la planta el fertilizante disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente, para que, prácticamente, cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante.

Con la fertirrigación, se entrega el “alimento” a las plantas en forma óptima, de modo que éstas puedan aprovecharlo inmediatamente y no tenga que pasar un tiempo relativamente largo en que el fertilizante se disuelva en el suelo y alcance la profundidad de raíces.

La fertirrigación está tan asociada a un sistema de riego por goteo que el no instalar un equipo de fertirriego en ellos, es como comprar un televisor en colores y sólo usarlo en blanco y negro. Cuando se confecciona una fórmula de abonado, se pretende satisfacer las necesidades del cultivo a lo largo de todo su ciclo de desarrollo, con el fin de poder obtener de él la máxima producción, aportando usualmente los tres elementos principales: nitrógeno, fósforo y potasio, pero cada día se está tendiendo más a proporcionar, además y siempre que sea necesario, los llamados elementos secundarios: azufre, magnesio y calcio. La preparación de dicha mezcla fertilizante, aunque no es un asunto complejo, requiere de algunas consideraciones básicas y cálculos matemáticos mínimos, así como el conocer ciertas características de los equipos y fertilizantes a usar, razón por la cual, se hace necesario al menos ejemplificar dicho procedimiento, mostrando los cálculos básicos para fertirrigar.

Fertirrigación en Tomate

Como ya se ha descrito la metodología utilizada en fertirrigación (ver Cartilla Divulgativa N° 19), ahora se presenta un ejemplo concreto de los cálculos básicos a realizar para la obtención de un Programa de Fertirriego, abordado sobre la base del cultivo de tomate en la comuna de Puerto Natales.

Datos Preliminares

Como antecedentes preliminares, se presentan algunos datos reales y otros que se han establecido como supuestos para el caso puntual de este ejercicio práctico, dentro de los cuales se tiene:

1. Características de suelo

Obtenido en base a un análisis de suelo del sector de Huertos Familiares de Puerto Natales, con las siguientes características:

Textura	:	Arcilloso
Densidad Aparente	:	1.08 g/cc
pH	:	5,6
Cond. Eléctrica	:	1,16 mmhos/cm
Mat. Orgánica	:	12,9%
Nitrógeno	:	22 ppm (Medio)
Fósforo	:	12 ppm (Medio)
Potasio	:	116 ppm (Alto)

2. Demandas del cultivo

Estimadas en base al rendimiento esperado, para tomate protegido, con 70,0 ton/há de cosecha.

Demanda de Nitrógeno	:	280,0 Kg (N)
Demanda de Fósforo	:	70,0 Kg (P ₂ O ₅)
Demanda de Potasio	:	350,0 kg (K ₂ O)

3. Eficiencia N - P - K en la solución del suelo

Elemento	Eficiencia (%)
Nitrógeno (N)	50%
Fósforo (P)	25 – 30%
Potasio (K)	65%

4. Fertilizantes a utilizar

No todos los fertilizantes comerciales son apropiados para ser usados en fertirrigación, por lo cual se deben elegir aquellos con mayor solubilidad en agua, ya que éste será el medio por el cual serán disueltos y aplicados. Para este caso puntual, se ejemplificará con el uso de los siguientes productos.

Como fuente de:

Nitrógeno : UREA, con un 46% de N, y una solubilidad de 1000 g/L (1).

Fósforo : SUPERFOSFATO TRIPLE, con 46% de P_2O_5 (para ser aplicado al suelo en fertilización de fondo).

ÁCIDO FOSFÓRICO (75% ácido), con un 54% de P_2O_5 .
Por ser un producto líquido, se disuelve totalmente en agua, y su densidad es de 1,574 g/cc.

Potasio : SULFATO DE POTASIO (cristalino), con un 52% de K_2O , y una solubilidad de 112 g/L.

5. Período de cultivo y tasa riego

Asumiendo que el cultivo se desarrollará en el Sector de Huertos Familiares de Puerto Natales, utilizando la red de riego PROMM, se tiene el siguiente período de cultivo y riego.

Período de cultivo : 151 días; desde el 01 de Octubre, hasta el 01 de Marzo.

Tasa de riego : 2525 M^3 /Há/año.

¹ Algunos autores señalan una solubilidad de 500 g/L para la Urea; mientras otros, indican que alcanzaría a los 1000 g/L.

CÁLCULOS DE FERTIRRIEGO

Utilizando los datos preliminares establecidos anteriormente, se procede al cálculo final de fertilizantes y agua a aplicar al cultivo.

1) Aportes de nutrientes del suelo

Para interpretar en la práctica los datos arrojados por el análisis de suelo, se debe conocer el peso del suelo (10.000 M^2) hasta una profundidad de 0,2 metros (capa arable y en la que se efectúe previamente el muestreo de suelo).

Entonces:

$$\text{Peso del Suelo (Kg)} = 10.000 (\text{m}^2) \times \text{Pr (m)} \times \text{Da (g/cc)} \times 1.000 = \text{Kg}$$

$$\text{Pr} = \text{Profundidad efectiva (m)} = 0,2$$

$$\text{Da} = \text{Densidad aparente (g/cc)} = 1,08$$

$$\text{Peso del Suelo} = 10.000 \times 0,2 \times 1,06 \times 1.000 = 2.120.000 \text{ Kg}$$

Los resultados del análisis vienen expresados en **ppm** (partes por millón), lo que indica que existen tantos gramos de un determinado elemento en 1.000.000 de gramos de suelo o en 1.000 Kg de suelo. Por lo tanto, para determinar la cantidad de elementos (NPK) que aporta el suelo, teniendo el peso del suelo y la proporción de nutrientes obtenida

de los resultados del análisis de suelo, sólo resta determinar la cantidad exacta por regla de tres simple.

- **Cantidad de Nitrógeno**

22 ppm (g)	-----	1.000 Kg de suelo
X (g)	-----	2.120.000 Kg de suelo

$$X = (22 \times 2.120.000)/1.000 = 46.640 \text{ g}$$

X = 46 Kg o Unidades de N por hectárea

- **Cantidad de Fósforo**

12 ppm (g)	-----	1.000 Kg de suelo
X (g)	-----	2.120.000 Kg de suelo

$$X = (12 \times 2.120.000)/1.000 = 25.440 \text{ g}$$

X = 25 Kg o Unidades de P₂O₅ por hectárea

- **Cantidad de Potasio**

116 ppm (g)	-----	1.000 Kg de suelo
X (g)	-----	2.120.000 Kg de suelo

$$X = (116 \times 2.120.000)/1.000 = 245.920 \text{ g}$$

X = 245 Kg o Unidades de K₂O por hectárea

2) Dosis de fertilización

La cantidad de fertilizantes a aplicar al cultivo, debe ser calculada teniendo en consideración el aporte que hace el suelo de cada nutriente (N, P y K).

$$Df = (Rc - As)/(Ef)$$

Df = Dosis de Fertilización
Rc = Requerimientos del Cultivo
As = Aportes del Suelo
Ef = Eficiencia del Fertilizante

Considerando los aportes de cada nutriente que hace cada uno de los fertilizantes a utilizar en el proceso productivo, se tiene que:

- **Para Nitrógeno**

$$Df (N) = (280,0 - 46,0)/(0,5)$$

$$Df (N) = 468 \text{ Kg o Unidades de N/Há}$$

Utilizando Úrea como fuente de nitrógeno:

100 Kg de Úrea -----	46 Kg de N
X Kg de Úrea -----	468 Kg de N

$$X = (468 \times 100)/46$$

$$X = 1017 \text{ Kg de Úrea/Há}$$

Distribución: Se aplicará un abonado de fondo equivalente al 60% de los aportes de nitrógeno al cultivo, es decir, 281 Unidades (610 Kg de urea). Los restantes 187 Unidades (407 Kg), se aplicarán como fertirrigación.

- **Para Fósforo**

$$Df (P_2O_5) = (70,0 - 25,0)/(0,25)$$

$$Df (P_2O_5) = 180 \text{ Kg o Unidades de } P_2O_5/\text{Há}$$

Utilizando Superfosfato Triple como fuente de fósforo:

$$100 \text{ Kg de SFT} \text{ ----- } 46 \text{ Kg de } P_2O_5$$

$$X \text{ Kg de SFT} \text{ ----- } 108 \text{ Kg de } P_2O_5$$

$$X = (108 \times 100)/46$$

$$X = 235 \text{ Kg de SFT/Há}$$

Utilizando Ácido Fosfórico como fuente de fósforo:

$$100 \text{ Kg de Ác. Fosfórico} \text{ ----- } 54 \text{ Kg de } P_2O_5$$

$$X \text{ Kg de Ác. Fosfórico} \text{ ----- } 72 \text{ Kg de } P_2O_5$$

$$X = (72 \times 100)/54$$

$$X = 133 \text{ Kg de Ác. Fosfórico/Há (equivalente a } 84,5 \text{ L/Há)}$$

Distribución: Se aplicará un abonado de fondo equivalente al 60% de los aportes de fósforo al cultivo, es decir, 108 Unidades en la forma de Superfosfato Triple (235 Kg). Las restantes 72 Unidades, se aplicarán como fertirrigación en la forma de Ácido Fosfórico (133 Kg).

- **Para Potasio**

$$Df (K_2O) = (350,0 - 245,0)/(0,65)$$

$$Df (K_2O) = 162 \text{ Kg o Unidades de } K_2O/Há$$

Utilizando Sulfato de Potasio (Cristalino) como fuente de Potasio:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ Kg de } K_2SO_4 \text{ ----- } 52 \text{ Kg de } K_2O \\ X \text{ Kg de } K_2SO_4 \text{ ----- } 162 \text{ Kg de } K_2O \end{array}$$

$$X = (162 \times 100)/52$$

$$X = 312 \text{ Kg de } K_2SO_4/Há$$

Distribución: Se aplicará un abonado de fondo equivalente al 60% de los aportes de potasio al cultivo, es decir, 97 Unidades (187 Kg de Sulfato de Potasio Cristalino). Las restantes 65 Unidades 125 Kg), se aplicarán como fertirrigación.

3) Período de Riego

Ya se ha establecido un período de riego de 151 días, que involucra los meses de octubre a febrero, así como la tasa de riego del cultivo, por lo cual se pueden establecer los principales parámetros de riego a utilizar. De esta forma, existen dos posibilidades de determinar las dosis de agua a aplicar: una, basada en la evaporación mensual y promedio diario para los meses de riego; la otra, basada en la tasa de riego mensual y total del período. Estas dos posibilidades se presentan en los cuadros siguientes (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Determinación de dosis de agua basada en la evaporación del período de riego.

Mes	ETp (mm/mes)	ETp (mm/día)
Octubre	61,5	1,98
Noviembre	91,8	3,06
Diciembre	113,9	3,67
Enero	122,0	3,93
Febrero	113,9	4,06

ETp: Evapotranspiración Potencial.

Como se puede apreciar, utilizando la tasa de riego predeterminada para el cultivo, se puede calcular directamente las dosis de agua a aplicar, pero dicho procedimiento no considera correcciones de volúmenes de agua para lavado de sales, por lo que al fertirrigar, las dosis de agua deberán ser corregidas incrementándose genéricamente

en un 10% (por lavado de sales) en aquellos riegos en los que se incluya la aplicación de fertilizantes.

Cuadro 2. Determinación de dosis de agua basada en la tasa de riego del cultivo.

Mes	Tasa de Riego (M ³ /Há/mes)	Tasa de Riego (L/Há/día)	Densidad (plts/Há)	Tasa de Riego (L/planta/día)
Octubre	25,25	814,5	23600	0,035
Noviembre	151,52	4887,7	23600	0,210
Diciembre	631,35	20366,1	23600	0,863
Enero	934,40	30141,9	23600	1,277
Febrero	782,88	27960,0	23600	1,185
Total	2525,4			

Utilizando los datos señalados en el cuadro 1, más otros incluidos en los anexos de esta cartilla, se aplica una fórmula básica para determinar las necesidades brutas de riego para cada período y, por ende, para cada día de riego, incorporando en ello las correcciones por salinidad producto del fertirriego.

$$NBR = \frac{NNR \times PC \times AU}{Ea \times (1 - LR)}$$

Donde:

- NBR : Necesidades Brutas de Riego (L/planta/día).
- NNR : Necesidades Netas de Riego (L/planta/día). Donde $NNR = ET_c - (P_e + AC)$. Con P_e = Precipitación Efectiva (superior a 5 mm/día promedio semanal); y, AC = Ascenso Capilar, que para suelos arcillosos estratificados pero con zanjas de drenaje, se asume un valor igual a "0" (cero).
- PC : Porcentaje de Cobertura (escala de 0,1 a 1,0).

- AU : Área Unitaria por Planta (M^2). Corresponde a distancia entre hilera por distancia sobre hilera (debe ponerse atención en el caso de mesas de plantación).
- Ea : Eficiencia de Aplicación del Riego. $Ea = Ks \times Eu$; donde, Ks = Coeficiente de Eficiencia de Almacenamiento en la Zona de Raíces (dado por tabla en anexos), y Eu = Coeficiente de Uniformidad del Riego (para goteo, varía entre 0,85 y 0,95).
- LR : Fracción de Lavado o Lixiviación de Sales; dado por la fórmula: $LR = CE/2(\text{Máx.CEa})$; donde CE = Conductividad Eléctrica del Agua de Riego (mmhos/cm), y Máx.CEa = Conductividad Eléctrica del Extracto de Saturación del Suelo o conductividad eléctrica máxima que soporta el cultivo (valor dado por tabla en anexos).

Ahora bien, con los datos aportados para el cálculo de las dosis de agua basadas en la Evapotranspiración del cultivo, y aplicando la fórmula ya señalada, se logra una determinación más exacta, procediéndose al cálculo de las necesidades de riego y fertirriego para todo el período, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cálculo de Dosis de Riego para cultivo de tomate, utilizando datos de evapotranspiración (tanto para Riegos, como para Fertirriegos).

Parámetro	Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero	
	Riego	Fertirr.	Riego	Fertirr.	Riego	Fertirr.	Riego	Fertirr.	Riego	Fertirr.
ETp (mm/día)	1,98	1,98	3,06	3,06	3,67	3,67	3,93	3,93	4,06	4,06
Kc (*)	0,4	0,4	0,7	0,7	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
Pe (mm/día)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC (mm/día)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC (0,1 – 1,0)	0,1	0,1	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	1,0	1,0
AU (M^2)	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Ks	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Eu	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
CE (mmhos/cm)	0,2	4,0	0,2	4,0	0,2	4,0	0,2	4,0	0,2	4,0
Máx.CEa (**)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
NBR (L/planta/día)	0,04	0,04	0,30	0,36	1,14	1,35	1,66	1,97	1,72	2,03
NBR ($M^3/Há/día$)(***)	0,94	0,94	7,08	8,50	26,90	31,86	39,18	46,49	40,59	47,91

(*) Kc, Coeficiente de Cultivo (dado por tabla en anexos).

(**) Máx.CEa (mmhos/cm), según tabla en anexos.

(***) NBR (M³/Há/día), considerando una densidad de plantación de 23600 plantas/Há.

NOTA: Se ha definido un valor de conductividad eléctrica del agua de riego equivalente a 0,2 mmhos/cm.

4) Distribución de los Fertilizantes en el Fertirriego

a) Curvas de absorción de nutrientes

Ya se ha definido un abonado de fondo equivalente al 60% de los requerimientos de fertilización (N – P – K) del cultivo, el cual permitirá palear posibles deficiencias en el fertirriego o cubrir aquellos períodos en que no sea factible regar para aplicar los fertilizantes correspondientes. El 40% restante de la fertilización, debe ser aplicada según los requerimientos del cultivo; es decir, debe aplicarse mayores dosis en aquellos momentos en los cuales el vegetal tiene mayores demandas y viceversa. Esto último se consigue trabajando en base a las curvas de absorción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del cultivo; valores para tomate se presentan en el cuadro 4 (ver anexos).

Cuadro 4. Absorción relativa y acumulada de N, P y K en tomate, a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo.

DDT (*)	Nitrógeno (%)		Fósforo (%)		Potasio (%)	
	Relativo	Acumulado	Relativo	Acumulado	Relativo	Acumulado
0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
41	7	7	6	6	5	5
61	11	18	10	16	7	12
82	7	25	8	24	7	19
102	22	47	24	48	22	41
123	53	100	52	100	59	100

DDT: Días Después del Transplante.

b) Distribución de los fertilizantes: *Iniciando la confección del PROGRAMA*

Los datos recabados hasta el momento, permitirán, a partir de este instante, iniciar la conformación final del PROGRAMA o Planning de Fertirriego para el cultivo de tomate.

Cuadro 5. Resumen de aportes nutricionales del suelo; fertilizantes, dosis a utilizar y momentos de aplicación, para cultivo de tomate.

Nutriente	Aporte del Suelo (Unidades/Há)	Fertilización			
		Abonado de Fondo		Fertirriego	
		Un/Há	Fertilizante (Kg/Há)	Un/Há	Fertilizante (Kg o L/Há)
N	46	241	610 (Kg Urea/Há)	187	407 (Kg Úrea/Há)
P	25	108	235 (Kg SFT/Há)	72	133 Kg ó 85 L Ác. Fosfórico/Há
K	245	97	194 Kg K ₂ SO ₄ /Há (*)	65	125 Kg K ₂ SO ₄ /Há (**)

(*) Aplicación de K₂SO₄ corriente (50% de K₂O).

(**) Aplicación de K₂SO₄ cristalino (52% de K₂O).

Cuadro 6. Distribución porcentual de la fertilización en el riego, según estructura y dinámica de absorción de N, P y K durante el ciclo de desarrollo del cultivo de tomate.

a) Para Nitrógeno: 407 Kg de Úrea/Há

DDT	Tramo Tiempo (días)	Tiempo (días)	Absorción (%)	Distribución Fertilizante	
				Global (Kg/Há)	Diaria (g/Há/día)
21	0 a 21	21	0	0	0
41	22 a 41	20	7	28,5	1425
61	42 a 61	20	11	44,8	2240
82	62 a 82	21	7	28,5	1357
102	83 a 102	20	22	89,5	4475
123	103 a 123	21	53	215,7	10271

b) Para Fósforo: 85 L de Ácido Fosfórico/Há

DDT	Tramo Tiempo (días)	Tiempo (días)	Absorción (%)	Distribución Fertilizante	
				Global (L/Há)	Diaria (cc/Há/día)
21	0 a 21	21	0	0	0
41	22 a 41	20	6	5,1	255
61	42 a 61	20	10	8,5	425
82	62 a 82	21	8	6,8	323
102	83 a 102	20	24	20,4	1020
123	103 a 123	21	52	44,2	2104

c) Para Potasio: 125 Kg de K_2SO_4 (cristalino)/Há

DDT	Tramo Tiempo (días)	Tiempo (días)	Absorción (%)	Distribución Fertilizante	
				Global (Kg/Há)	Diaria (g/Há/día)
21	0 a 21	21	0	0	0
41	22 a 41	20	5	6,3	315
61	42 a 61	20	7	8,8	440
82	62 a 82	21	7	8,8	419
102	83 a 102	20	22	27,5	1375
123	103 a 123	21	59	73,8	3514

Para el caso práctico que se ha planteado, se asumirá una superficie de cultivo de tomate (bajo plástico) de 1.000 M², por lo que los cálculos realizados previamente deberán ser llevados a dicha superficie. Por otra parte, se asumirá que la fertilización a través del riego se realizará hasta el día 123 (como se indica en el cuadro 6: a, b y c). De este modo, ya se está en condiciones de determinar definitivamente el Programa de Fertirriego para el cultivo, tal como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. PROGRAMA de FERTIRRIEGO definido para Tomate bajo plástico en Puerto Natales (1000 M²).

DDT	Fecha	Dosis Bruta de Riego (M ³ /1000M ² /día)	Dosis de Fertilizante (g o cc/riego)		
			Urea	Ác. Fosfórico	K ₂ SO ₄
1	01/10	0,094	0	0	0
2	02/10	0,094	0	0	0
3	03/10	0,094	0	0	0
4	04/10	0,094	0	0	0
5	05/10	0,094	0	0	0
6	06/10	0,094	0	0	0
7	07/10	0,094	0	0	0
8	08/10	0,094	0	0	0
9	09/10	0,094	0	0	0
10	10/10	0,094	0	0	0
11	11/10	0,094	0	0	0
12	12/10	0,094	0	0	0
13	13/10	0,094	0	0	0
14	14/10	0,094	0	0	0
15	15/10	0,094	0	0	0
16	16/10	0,094	0	0	0
17	17/10	0,094	0	0	0
18	18/10	0,094	0	0	0
19	19/10	0,094	0	0	0
20	20/10	0,094	0	0	0
21	21/10	0,094	0	0	0
22	22/10	0,094	142,5	25,5	31,5
23	23/10	0,094	142,5	25,5	31,5
24	24/10	0,094	142,5	25,5	31,5
25	25/10	0,094	142,5	25,5	31,5
26	26/10	0,094	142,5	25,5	31,5
27	27/10	0,094	142,5	25,5	31,5

Continuación Cuadro 7.

DDT	Fecha	Dosis Bruta de Riego (M ³ /1000M ² /día)	Dosis de Fertilizante (g o cc/riego)		
			Urea	Ác. Fosfórico	K ₂ SO ₄
28	28/10	0,094	142,5	25,5	31,5
29	29/10	0,094	142,5	25,5	31,5
30	30/10	0,094	142,5	25,5	31,5
31	31/10	0,094	142,5	25,5	31,5
32	01/11	0,850	142,5	25,5	31,5
33	02/11	0,850	142,5	25,5	31,5
34	03/11	0,850	142,5	25,5	31,5
35	04/11	0,850	142,5	25,5	31,5
36	05/11	0,850	142,5	25,5	31,5
37	06/11	0,850	142,5	25,5	31,5
38	07/11	0,850	142,5	25,5	31,5
39	08/11	0,850	142,5	25,5	31,5
40	09/11	0,850	142,5	25,5	31,5
41	10/11	0,850	142,5	25,5	31,5
42	11/11	0,850	224,0	42,5	44,0
43	12/11	0,850	224,0	42,5	44,0
44	13/11	0,850	224,0	42,5	44,0
45	14/11	0,850	224,0	42,5	44,0
46	15/11	0,850	224,0	42,5	44,0
47	16/11	0,850	224,0	42,5	44,0
48	17/11	0,850	224,0	42,5	44,0
49	18/11	0,850	224,0	42,5	44,0
50	19/11	0,850	224,0	42,5	44,0
51	20/11	0,850	224,0	42,5	44,0
52	21/11	0,850	224,0	42,5	44,0
53	22/11	0,850	224,0	42,5	44,0
54	23/11	0,850	224,0	42,5	44,0
55	24/11	0,850	224,0	42,5	44,0
56	25/11	0,850	224,0	42,5	44,0
57	26/11	0,850	224,0	42,5	44,0
58	27/11	0,850	224,0	42,5	44,0
59	28/11	0,850	224,0	42,5	44,0
60	29/11	0,850	224,0	42,5	44,0
61	30/11	0,850	224,0	42,5	44,0
62	01/12	3,186	135,7	32,3	41,9
63	02/12	3,186	135,7	32,3	41,9
64	03/12	3,186	135,7	32,3	41,9
65	04/12	3,186	135,7	32,3	41,9
66	05/12	3,186	135,7	32,3	41,9
67	06/12	3,186	135,7	32,3	41,9
68	07/12	3,186	135,7	32,3	41,9
69	08/12	3,186	135,7	32,3	41,9
70	09/12	3,186	135,7	32,3	41,9

Continuación Cuadro 7.

DDT	Fecha	Dosis Bruta de Riego (M ³ /1000M ² /día)	Dosis de Fertilizante (g o cc/riego)		
			Urea	Ác. Fosfórico	K ₂ SO ₄
71	10/12	3,186	135,7	32,3	41,9
72	11/12	3,186	135,7	32,3	41,9
73	12/12	3,186	135,7	32,3	41,9
74	13/12	3,186	135,7	32,3	41,9
75	14/12	3,186	135,7	32,3	41,9
76	15/12	3,186	135,7	32,3	41,9
77	16/12	3,186	135,7	32,3	41,9
78	17/12	3,186	135,7	32,3	41,9
79	18/12	3,186	135,7	32,3	41,9
80	19/12	3,186	135,7	32,3	41,9
81	20/12	3,186	135,7	32,3	41,9
82	21/12	3,186	135,7	32,3	41,9
83	22/12	3,186	447,5	102,0	137,5
84	23/12	3,186	447,5	102,0	137,5
85	24/12	3,186	447,5	102,0	137,5
86	25/12	3,186	447,5	102,0	137,5
87	26/12	3,186	447,5	102,0	137,5
88	27/12	3,186	447,5	102,0	137,5
89	28/12	3,186	447,5	102,0	137,5
90	29/12	3,186	447,5	102,0	137,5
91	30/12	3,186	447,5	102,0	137,5
92	31/12	3,186	447,5	102,0	137,5
93	01/01	4,649	447,5	102,0	137,5
94	02/01	4,649	447,5	102,0	137,5
95	03/01	4,649	447,5	102,0	137,5
96	04/01	4,649	447,5	102,0	137,5
97	05/01	4,649	447,5	102,0	137,5
98	06/01	4,649	447,5	102,0	137,5
99	07/01	4,649	447,5	102,0	137,5
100	08/01	4,649	447,5	102,0	137,5
101	09/01	4,649	447,5	102,0	137,5
102	10/01	4,649	447,5	102,0	137,5
103	11/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
104	12/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
105	13/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
106	14/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
107	15/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
108	16/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
109	17/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
110	18/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
111	19/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
112	20/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
113	21/01	4,649	1027,1	210,4	351,4

Continuación Cuadro 7.

DDT	Fecha	Dosis Bruta de Riego (M ³ /1000M ² /día)	Dosis de Fertilizante (g o cc/riego)		
			Urea	Ác. Fosfórico	K ₂ SO ₄
114	22/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
115	23/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
116	24/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
117	25/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
118	26/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
119	27/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
120	28/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
121	29/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
122	30/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
123	31/01	4,649	1027,1	210,4	351,4
124	01/02	4,059	0	0	0
125	02/02	4,059	0	0	0
126	03/02	4,059	0	0	0
127	04/02	4,059	0	0	0
128	05/02	4,059	0	0	0
129	06/02	4,059	0	0	0
130	07/02	4,059	0	0	0
131	08/02	4,059	0	0	0
132	09/02	4,059	0	0	0
133	10/02	4,059	0	0	0
134	11/02	4,059	0	0	0
135	12/02	4,059	0	0	0
136	13/02	4,059	0	0	0
137	14/02	4,059	0	0	0
138	15/02	4,059	0	0	0
139	16/02	4,059	0	0	0
140	17/02	4,059	0	0	0
141	18/02	4,059	0	0	0
142	19/02	4,059	0	0	0
143	20/02	4,059	0	0	0
144	21/02	4,059	0	0	0
145	22/02	4,059	0	0	0
146	23/02	4,059	0	0	0
147	24/02	4,059	0	0	0
148	25/02	4,059	0	0	0
149	26/02	4,059	0	0	0
150	27/02	4,059	0	0	0
151	28/02	4,059	0	0	0

No obstante el **PROGRAMA DE FERTIRRIEGO** generado y presentado en el Cuadro 7 es real y aplicable, pues ha sido elaborado con datos reales y supuestos aceptables; éste no deja de ser sólo un ejemplo y, como tal, sólo una buena aproximación de la realidad, ya que algunos parámetros indicados pueden ser calculados más detalladamente y acorde a la realidad concreta de un agricultor. Por ejemplo, el cálculo de las dosis brutas de riego puede ser hecho sobre la base de la evaporación de bandeja efectiva (y corregida por tratarse de un invernadero); la distribución de las dosis de fertilizantes a lo largo de cada tramo de las curvas de absorción de nutrientes, no tiene por qué ser igual, puede jugarse con ellas, haciendo una distribución más acotada a la realidad presente del cultivo; el abonado de fondo, puede variarse entre un 40% a un 80% si se estima conveniente; etc. En todo caso, la metodología y cálculos presentados en esta cartilla son correctos, por lo que al familiarizarse más con la fertirrigación, el agricultor podrá llegar a ser capaz de realizar sus propios ajustes.

LITERATURA CONSULTADA

ARQUEROS W., MARCELA. 1996. Ritmo de crecimiento y absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en melón, sandía, pimentón y tomate y efectos de la fertilización en la producción y calidad de semilla. Tesis de Grado par optar al título de Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 175p.

AVILA, R., CABELLO, A., LIROLA, J., MARTÍN, A., Y ORTIZ, F. 1996. Agua, riego y fertirrigación. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Depósito legal SE-2244-96. ISBN 84-802-009. Sevilla, España. 155p.

BELLO U., MARCO, Y PINO Q., M. TERESA. 2000. Metodologías de fertirrigación. Proyecto PROVALTT Huertos Familiares. Convenio INIA/CNR. Boletín INIA N° 19. ISSN 0717-4829. Puerto Natales, Chile. 21p.

CADAHIA L., CARLOS. 1998. Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mindi-Prensa. Depósito legal M.39.582-1997. ISBN 84-7114-686-X. Madrid, España. 475p.

DOMINGUEZ V., ALONSO. 1992. Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Depósito legal M-40.312-1992. ISBN 84-7114-422-0. Madrid, España. 217p.

INIA. 1999. Fertirrigación y riego (no publicado). Curso dictado por INIA PROVALTT Sistema Paloma el 29 de julio. Hurtado, Chile.

MOYA T., JESUS. 1994. Riego localizado y fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Depósito legal M.28.845-1994. ISBN 84-7114-477-8. Madrid, España. 363p.

PINO Q., M. TERESA, Y BARRERA M., CRISTIÁN. 1997. Fertirrigación. Proyecto PROVALTT Huertos Familiares. Convenio INIA/CNR. Cartilla Divulgativa N° 8. Puerto Natales, Chile. 10p.

ANEXOS

ANEXO 1. Extracción potencial de nutrientes (N, P y K) por diversos tipos de cultivos, principalmente hortícolas, presentes en la Provincia de Limarí – IV Región de Chile (INIA, 1999).

Cultivo	Cosecha (Tm/Há)	N (Kg/Há)	P (kg/Há)	K (Kg/Há)
Tomate Intensivo	40 – 80	150 – 250	40 – 150	80 – 300
Tomate Protegido	80 – 200	250 – 600	100 – 200	300 – 750
Pimiento Intensivo	35 – 50	150 – 200	50 – 150	100 – 270
Pimiento Protegido	70 – 120	250 – 350	90 – 200	150 – 600
Berenjena	35 – 80	200 – 400	90 – 160	150 – 400
Pepino	40 – 300	60 – 500	50 – 200	80 – 700
Melón	15 – 70	150 – 350	50 – 150	100 – 450
Sandía	20 – 50	80 – 300	60 – 200	80 – 400
Zapallo Italiano	30 – 100	70 – 250	60 – 200	80 – 350
Lechuga	18 – 50	60 – 180	30 – 90	50 – 150
Espinaca	15 – 60	60 – 180	30 – 90	50 – 150
Cebolla	20 – 50	60 – 220	60 – 150	60 – 200
Ajo	6 – 15	60 – 200	60 – 120	100 – 200
Zanahoria	25 – 35	80 – 160	30 – 100	100 – 250
Repollos / Coles	25 – 50	100 – 200	60 – 120	100 – 200
Coliflor / Brócoli	15 – 30	150 – 250	80 – 120	120 – 240
Alcachofa	12 – 30	200 – 400	60 – 120	60 – 300
Espárrago	6 – 10	120 – 200	50 – 100	100 – 200
Porotos Verdes	10 – 30	60 – 100	30 – 60	50 – 100
Frutillas	25 – 50	100 – 240	50 – 100	150 – 300

ANEXO 2. Extracciones medias de los cultivos hortícolas expresadas por Tonelada de cosecha exportable (Domínguez, 1992).

Cultivo	Cosecha Ton/Há	N (kg/Ton)	P ₂ O ₅ (Kg/Ton)	K ₂ O (Kg/Ton)	MgO (Kg/Ton)
Tomate	25 – 200	2,5 – 4	0,5 – 1	3 – 7	0,4 – 1
Pimiento	35 – 80	3 – 4	0,6 – 1	4 – 7	0,4 – 0,8
Berenjena	35 – 100	3,5 – 4,5	0,8 – 1,2	4 – 7	0,5 – 0,9
Pepino	40 – 300	1 – 1,6	0,7 – 0,9	2,6 – 3,2	0,2 – 0,5
Melón	25 – 70	3,4 – 6	0,8 – 2,7	4,5 – 10	1 – 2,5
Sandía	20 – 50	3 – 4	0,8 – 1,5	4 – 5	1 – 2
Calabacín	30 – 100	3,5 – 4,5	0,8 – 2	4 – 6	0,5 – 1,4
Lechuga	18 – 50	2 – 3,5	0,6 – 1,2	4 – 5	0,3 – 0,5
Espinaca	15 – 60	1,6 – 4,5	0,5 – 1,5	3 – 5	0,3 – 0,4
Cebolla	25 – 50	2,5 – 4	1 – 1,5	3 – 4,5	0,8 – 1
Ajo	6 – 15	8 – 13	4 – 6	8 – 15	-----
Zanahoria	25 – 35	3 – 5	1,2 – 1,6	6 – 7	0,5 – 0,8
Repollo / Coles	25 – 50	6 – 7	1 – 2	7 – 8	0,7 – 0,9
Coliflor / Brócoli	15 – 30	4 – 5	1 – 1,8	4 – 7	0,4 – 0,7
Alcachofa	12 – 30	8 – 10	1,5 – 4	12 – 20	1,3 – 1,6
Espárrago	6 – 10	10 – 20	3 – 5	15 – 30	1 – 2
Porotos Verdes	10 – 30	12 – 20	3 – 6	12 – 25	2 – 3
Frutilla	25 – 50	2 – 3	1 – 1,5	4 – 5	0,4 – 0,5

ANEXO 3. Niveles de salinidad y pH para el desarrollo de diversos cultivos hortícolas (recopilación INIA, 2000).

Cultivo	Salinidad Tolerada (mmhos/cm)	Salinidad Crítica (mmhos/cm)	pH óptimo
Frutilla	1,5	2,5	5,0 – 6,5
Cebolla	1,2	4,0	6,0 – 7,0
Ajo	2,0	5,5	5,8 – 7,0
Lechuga	1,3	5,0	6,0 – 7,0
Papa	1,7	5,9	5,0 – 6,5
Repollo	2,5	7,0	6,5 – 7,5
Tomate	2,5	7,6	5,5 – 7,0
Brócoli	2,5	8,0	6,5 – 7,0
Coliflor	2,5	8,0	6,5 – 7,5
Alcachofa	2,5	7,0	6,5 – 7,0

ANEXO 4. Porcentaje de cobertura (%) de diferentes cultivos a través de su período de desarrollo.

Cultivo	Mes					
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Ajo	30	70	90	95	---	---
Alcachofa	40	50	75	90	100	100
Brócoli	---	10	40	70	90	95
Coliflor	---	10	40	75	95	100
Frutilla	80	90	100	100	100	100
Lechuga	---	---	10	50	95	---
Papa	10	40	75	100	95	90
Pepino (ensalada)	10	25	60	85	95	95
Repollo	10	20	40	70	95	100
Tomate	10	30	60	90	100	95
Zanahoria	40	50	75	75	75	70

ANEXO 5. Evolución del coeficiente de cultivo (Kc) para diferentes hortalizas en Magallanes (adaptado por INIA, de Doorenbos y Kassan, FAO 33, 1979; y Tosso, 1975).

Cultivo	Mes y Quincena															
	Sep		Oct		Nov		Dic		Ene		Feb		Mar		Abr	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
Ajo		0,40	0,40	0,60	0,60	0,80	0,95	1,10	0,85							
Frutilla			0,25	0,60	0,55	0,35	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alcachofa			0,30	0,70	0,70	0,80	0,80	1,20	1,20	1,00	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
Papa					0,40	0,70	0,80	1,05	1,20	0,95	0,85	0,80	0,70			
Brásicas				0,40	0,50	0,70	0,70	0,80	0,80	0,95	0,95	1,10	0,95	0,95	0,80	0,80
Lechuga	0,45	0,60	0,35	0,25										0,10	0,25	0,35
Pepino (ens)					0,40	0,50	0,70	0,80	0,95	1,05	0,80	0,65	0,65	0,60		
Tomate			0,2	0,40	0,50	0,70	0,80	1,05	1,25	0,95	0,90	0,75	0,75	0,75		