



SECRETARÍA DE  
AGRICULTURA, GANADERÍA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SAGARPA

**inifap**  
PRODUCE

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE  
CAMPO EXPERIMENTAL PALMA DE LA CRUZ

## REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE ESPECIES ANUALES Y PERENNES EN LAS ZONAS MEDIA Y ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSI



Folleto técnico No. 12

Febrero de 2001

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION  
SECRETARIO**

**Javier Bernardo Usabiaga Arroyo**

**SUBSECRETARIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA**

**Ing. Víctor Villalobos Arámbula**

**SUBSECRETARIO DE DESARROLLO RURAL**

**Ing. Antonio Ruiz García**

**SUBSECRETARIO DE PLANEACION**

**Lic. Juan Carlos Cortes García**

**SUBSECRETARIO DE PESCA**

**Jerónimo Ramos Saenz**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS**

**DIRECTOR EN JEFE**

**Dr. Jesús Moncada de la Fuente**

**DIRECTOR GENERAL DE COORDINACION Y DESARROLLO**

**Dr. Ramón A. Martínez Parra**

**DIRECTOR GENERAL DE LA DIVISION AGRICOLA**

**Dr. Rodrigo Aveldaño Salazar**

**DIRECTOR GENERAL DE LA DIVISION PECUARIA**

**M.V.Z. Diego Braña Varela**

**DIRECTOR GENERAL DE LA DIVISION FORESTAL**

**Ing. José Luis Campos Hernández**

**DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACION**

**Dr. David Moreno Rico**

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL NORESTE**

**DIRECTOR REGIONAL**

**Dr. Luis Angel Rodríguez del Bosque**

**DIRECTOR DE LA DIVISION AGRICOLA**

**Dr. Gilberto E. Salinas García**

**DIRECTOR DE LA DIVISION PECUARIA Y FORESTAL**

**M.C. Asunción Méndez Rodríguez**

**DIRECTOR DE ADMINISTRACION**

**C.P. Manuel A. Ortega Vieyra**

**DIRECTOR DE COORDINACION Y VINCULACION ESTATAL**

**EN SAN LUIS POTOSI**

**M.C. José Luis Barrón Contreras**

**JEFE DEL CAMPO EXPERIMENTAL PALMA DE LA CRUZ**

**M.C. Víctor Maya Hernández**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRICOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE  
CAMPO EXPERIMENTAL PALMA DE LA CRUZ

REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE ESPECIES  
ANUALES Y PERENNES EN LAS ZONAS  
MEDIA Y ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSI

**Dr. José Villanueva Díaz**

Investigador en Recursos Naturales y Salinidad

**M.C. Catarina Loredo osti**

Investigador en Recursos Naturales, Forrajes y Pastizalez

**M.C. Agustín Hernández Reyna**

Investigador en Recursos Naturales Forestales

**Folleto Técnico Núm. 12**

San Luis Potosí, S.L.P., México. Febrero de 2001

## **Financiamiento:**

### **CONACYT-SIHGO**

#### **FUENTE DE INFORMACION**

La información de esta publicación fue generada por el proyecto de investigación financiado por CONACYT-SIHGO

|                |  |
|----------------|--|
| <b>RN-1/96</b> | <b>MANEJO DE SUELOS CON PROBLEMAS DE SALINIDAD</b> |
|----------------|--|

En el proceso editorial de esta publicación participó el siguiente personal:

#### **Comité Editorial del Campo Experimental Palma de la Cruz**

Dr. Miguel Angel Martínez Gamiño  
M.C. Jorge Urrutia Morales

**Revisión Técnica:** M.C. Asunción Méndez Rodríguez  
M.C. José Luis Barrón Contreras  
M.C. Victor Maya Hernández

**Edición:** M.C. Humberto Gámez Torres  
**Tipografía:** Ma Teresa Castilleja Torres  
**Formación:** Jaime L. Bautista Pacheco  
**Fotografía:** Archivo del Campo Experimental  
Palma de la Cruz

**SAGARPA-INIFAP-CIRNE**  
**Campo Experimental Palma de la Cruz**  
Km 14.5 Carr. San Luis Potosí-Matehuala  
Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.  
Oficinas: Av. Santos Degollado 1015 A  
Col. Cuauhtémoc, C.P. 78270  
San Luis Potosí, S.L.P.  
Teléfono (4) 8137923 Fax (4) 8139151

## CONTENIDO

|   | Página    |
|---|-----------|
| <b>Introducción</b>   | <b>2</b>  |
| <b>Antecedentes</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Desarrollo metodológico</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Cálculo de la evapotranspiración por período</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>Cálculo del número y frecuencia de riegos</b>  | <b>10</b> |
| <b>Cálculo de la fracción de lixiviación</b>  | <b>12</b> |
| <b>Requerimientos hídricos de los cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural</b>       | <b>14</b> |
| <b>Necesidades de riego de algunos cultivos para los Distritos de Desarrollo Rural</b>    | <b>15</b> |
| <b>Fracción de lixiviación para algunos cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural</b> | <b>16</b> |
| <b>Literatura Citada</b>  | <b>24</b> |

# REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE ESPECIES ANUALES Y PERENNES EN LAS ZONAS MEDIA Y ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSI

José Villanueva Díaz<sup>1</sup>  
Catarina Loredo Osti<sup>2</sup>  
Agustín Hernández Reyna<sup>2</sup>

## Introducción

El estado de San Luis Potosí tiene una superficie de 62,848 km<sup>2</sup> de los cuales 52,610 km<sup>2</sup> presentan condiciones semiáridas. Esta situación se extiende a las Zonas Altiplano y Media del Estado que se caracteriza por sus limitados recursos hídricos, producto de la inherente baja precipitación y la sobreexplotación de sus mantos acuíferos. De las 592,141 ha que se destinan a la agricultura, 532,927 ha (90%) se establecen en condiciones de temporal y tan solo 59,214 ha (10%) en condiciones de riego (SAGAR-S.L.P., 1996). No obstante que solo el 10% de la superficie total cultivable en estas regiones se maneja en condiciones de riego, el abatimiento de los mantos acuíferos debido a una extracción superior a la recarga, representa un problema fundamental; así por ejemplo en el Valle de Arista con un total de 392 pozos en 1981, se extraían en ese entonces 56 Mm<sup>3</sup>/año, cuando la recarga del acuífero era tan solo de 27.4 Mm<sup>3</sup>/año. En la actualidad de 728 pozos existentes solo 404 están activos con un abatimiento promedio del nivel estático de 1.6 m/año. Caso similar se presenta para la región geohidrológica “El Barril” con una recarga anual de 36 Mm<sup>3</sup> y un volumen de extracción de 83 Mm<sup>3</sup>, lo cual origina una variabilidad en el nivel estático de -0.5 a -3.0 m/año (Comisión Nacional del Agua, 1999).

En la región agrícola de Rioverde se cultivan aproximadamente 12,000 ha en condiciones de riego, cuya fuente principal de agua lo constituyen mantos acuíferos y manantiales de agua como el de “La Media Luna”. El problema principal en este acuífero es que además de extraer mas agua de la proporcionada por la recarga del acuífero que es de 66.2 Mm<sup>3</sup>/año, cada vez se

---

<sup>1</sup> Dr. Investigador del Campo Experimental Palma de la Cruz, INIFAP.

<sup>2</sup> M.C. Investigador del Campo Experimental Palma de la Cruz, INIFAP.

extrae agua de más pobre calidad con una repercusión directa en los rendimientos de los cultivos, especialmente aquellos sensibles a sales (maíz, frijol, chile, jitomate y alfalfa principalmente).

En general, las áreas de riego en las Zonas Altiplano y Media de San Luis Potosí, se caracterizan por poseer una baja eficiencia en el uso del agua, ya que la lámina y frecuencia de riegos que se realizan generalmente es de acuerdo a la experiencia que los agricultores han adquirido a través de los años. Si a lo anterior se agregan las pérdidas generadas en la conducción y posterior distribución del agua, la eficiencia final en el uso del agua en esta región se estima que no supera el 60%.

El objetivo del presente trabajo, fue estimar los requerimientos hídricos de especies anuales y perennes, para definir láminas de agua, frecuencias de riego y láminas de riego adicionales para lavado de sales. La integración de estos factores nos proporcionan las bases técnicas del riego para optimizar su uso y prolongar la vida útil del acuífero y del suelo.

## **Antecedentes**

El conocimiento de las necesidades hídricas de las especies, constituye la base fundamental para realizar un manejo eficiente del recurso agua de tal forma que el cultivo no tenga limitaciones o excesos de agua durante su desarrollo.

A través del tiempo se han desarrollado diversos métodos para estimar los requerimientos hídricos de las especies. Estos métodos se pueden clasificar en directos e indirectos; los primeros proporcionan de manera directa el consumo total de agua requerida utilizando para ello aparatos e instrumentos para su determinación. En los segundos, las necesidades hídricas del cultivo se obtienen de manera indirecta, mediante la utilización de fórmulas empíricas fundamentadas en datos meteorológicos (Vega, 1982). Uno de los métodos de mayor uso en regiones áridas y semiáridas es el de Blaney-Criddle (Doorenbos y Pruitt, 1976); su popularidad radica en la sencillez para su cálculo ya que únicamente requiere los datos de temperatura y horas luz, datos que generalmente se encuentran disponibles en la mayoría de las estaciones meteorológicas.

La estimación de la lámina de riego, número y frecuencia de los mismos, requiere involucrar factores del suelo, requerimientos hídricos del cultivo y la dinámica a la cual los cultivos extraen la humedad de los diversos estratos del suelo. Un patrón de extracción de humedad promedio para todos los cultivos es 40, 30, 20 y 10%; es decir, de la profundidad efectiva radical, el cultivo substraerá un 40% de sus necesidades hídricas de la primera sección del perfil del suelo, un 30% de la siguiente, 20% de la penúltima y 10% de la última (Doneen y Westcott, 1984; Jensen *et al*, 1990). Sin embargo, este patrón de extracción del agua puede modificarse en función al cultivo, etapa de desarrollo, sistema de riego y lámina y frecuencia de aplicación del agua, así como por factores físico-químicos del suelo (Hargreaves y Samani, 1991).

Un aspecto importante a considerar en la aplicación de láminas de riego, es incluir un determinado volumen de agua para el proceso de lavado de sales, especialmente en zonas semiáridas donde el agua por su naturaleza intrínseca generalmente posee elevadas concentraciones de sales que la condicionan o la hacen no apta para muchos cultivos de importancia económica.

Las técnicas para evaluar la calidad del agua y estimar el requerimiento de lavado fueron desarrolladas por el Personal de Salinidad de los Estados Unidos de América (1973) y descritas ampliamente por Ayers y Westcot (1989).

El método más común para manejar problemas de salinidad, es aplicar una determinada fracción de agua para propósitos de lixiviación de sales. Esta fracción es función de la relación entre las láminas de drenaje y de irrigación, o bien de las conductividades eléctricas del agua de riego y de drenaje. De esta manera la lámina total de agua que requiere un cultivo durante su ciclo de desarrollo, será igual a la evapotranspiración o uso consuntivo más una porción adicional de agua para propósitos de lixiviación de sales (Personal de Salinidad de los Estados Unidos de América, 1973; Israelsen y Hansen, 1981; Ayers y Westcot, 1989).



La fracción de lixiviación puede suministrarse completamente en una sola aplicación de riego, antes del establecimiento del cultivo, o seccionarse en cada riego durante su ciclo de desarrollo. Se debe considerar, que muchas veces la lixiviación de sales en el perfil de suelo, se logra inconscientemente al aplicar una mayor lámina de riego que la que realmente demanda el cultivo, así como por efecto de la precipitación, especialmente cuando esta es considerable y se presenta antes o durante el desarrollo del cultivo.

### **Desarrollo metodológico**

Para el cálculo de los requerimientos hídricos de un cultivo, el método de Blaney-Criddle, considera datos de temperatura media mensual y porcentajes de horas luz mensual con relación al total anual. Su expresión matemática es muy fácil de usar y es probablemente el método más popular para la estimación de uso consuntivo (Vega, 1982). La ecuación de Blaney-Criddle se expresa como:

$$Et = KF \quad (1)$$

Donde:

Et: Evapotranspiración real total del cultivo expresada como lámina de agua en cm o mm.

K: Coeficiente total de ajuste que depende del cultivo y de la ubicación de la zona de estudio (**Cuadro 1**).

F: Factor de consumo estacional (mm)

$$F = \sum f \quad (2)$$

Donde:

f: Factor de consumo quincenal o mensual (cm ó mm).

$f = P(t + 17.8/21.8)$  expresada en cm, similarmente  $f = P(8.12 + 0.457t)$  expresada en mm. (3)

P: Porcentaje de horas luz del mes con respecto al total anual (**Cuadro 2**)

t: Temperatura media quincenal o mensual (°C)

**Cuadro 1.** Coeficientes de uso consuntivo (K) para diferentes cultivos.

| Cultivo   | Periodo de Crecimiento Vegetativo | Coefficiente K                  |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| Aguacate  | Todo el año                       | 0.5 a 0.55                      |
| Ajonjolí  | 3 a 4 meses                       | 0.8                             |
| Alfalfa   | Entre heladas                     | 0.80 a 0.85                     |
|   | En invierno                       | 0.60                            |
| Algodón   | 6 a 7 meses                       | 0.60 a 0.65                     |
| Arroz   | 3 a 5 meses                       | 1.0 a 1.20                      |
| Cacahuate   | 5 meses                           | 0.60 a 0.65                     |
| Cacao   | Todo el año                       | 0.75 a 0.80                     |
| Café  | Todo el año                       | 0.75                            |
| Camote  | 5 a 6 meses                       | 0.60                            |
| Caña de Azúcar  | Todo el año                       | 0.75 a 0.90                     |
| Cártamo   | 5 a 8 meses                       | 0.55 a 0.65                     |
| Cereales de Grano pequeño (Alpiste, Avena, Cebada, Trigo) | 3 a 6 meses                       | 0.75 a 0.85                     |
| Cítricos  | 7 a 8 meses                       | 0.50 a 0.65                     |
| Chile   | 3 a 4 meses                       | 0.60                            |
| Espárragos  | 6 a 7 meses                       | 0.60                            |
| Fresa   | Todo el año                       | 0.45 a 0.60                     |
| Frijol  | 3 a 4 meses                       | 0.60 a 0.70                     |
| Frutales de hoja caduca                                   | Entre heladas                     | 0.60 a 0.70                     |
| Frutales perennifolios                                    | Todo el año                       | 0.75 a 0.80 de ETA <sup>1</sup> |
| Garbanzo  | 4 a 5 meses                       | 0.60 a 0.70                     |
| Girasol   | 4 meses                           | 0.50 a 0.65                     |
| Gladiola  | 3 a 4 meses                       | 0.60                            |
| Haba  | 4 a 5 meses                       | 0.60 a 0.70                     |
| Hortalizas  | 2 a 4 meses                       | 0.60                            |
| Jitomate  | 4 meses                           | 0.70                            |
| Lechuga y Col   | 3 meses                           | 0.70                            |
| Lenteja   | 4 meses                           | 0.60 a 0.70                     |
| Maíz  | 4 a 7 meses                       | 0.75 a 0.85                     |
| Mango   | Todo el año                       | 0.75 a 0.80                     |
| Melón   | 3 a 4 meses                       | 0.70                            |
| Nogal   | Entre heladas                     | 0.70                            |
| Papa  | 3 a 5 meses                       | 0.65 a 0.75                     |
| Palma datilera  | Todo el año                       | 0.80 a 0.85                     |
| Palma de coco   | Todo el año                       | 0.80 a 0.90                     |
| Papaya  | Todo el año                       | 0.60 a 0.80                     |
| Plátano   | Todo el año                       | 0.80 a 1.0                      |
| Pastos de gramíneas                                       | Todo el año                       | 0.75                            |
| Trebol ladino   | Todo el año                       | 0.80 a 0.85                     |
| Remolacha   | 6 meses                           | 0.65 a 0.75                     |
| Sandía  | 3 a 4 meses                       | 0.60                            |
| Sorgo   | 3 a 5 meses                       | 0.70                            |
| Soya  | 3 a 7 meses                       | 0.60 a 0.70                     |
| Tabaco  | 4 a 5 meses                       | 0.70 a 0.80                     |
| Tomate  | 4 a 5 meses                       | 0.70                            |
| Zanahoria   | 2 a 4 meses                       | 0.60                            |

---

<sup>1</sup>ETA = Evaporación de tanque tipo A  
**Fuente: Doorenbos y Pruitt, 1976**

**Cuadro 2.** Porcentajes de horas luz o insolación diaria para cada mes del año con relación al número total en un año.

| Lat. N | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 15°    | 7.94 | 7.37 | 8.44 | 8.45 | 8.98 | 8.80 | 9.03 | 8.83 | 8.27 | 8.26 | 7.75 | 7.88 |
| 16     | 7.93 | 7.35 | 8.44 | 8.45 | 8.98 | 8.80 | 9.03 | 8.83 | 8.27 | 8.26 | 7.75 | 7.88 |
| 17     | 7.86 | 7.32 | 8.43 | 8.48 | 9.04 | 8.87 | 8.27 | 8.22 | 8.27 | 8.22 | 7.69 | 7.80 |
| 18     | 7.83 | 7.30 | 8.42 | 8.50 | 9.09 | 8.92 | 9.16 | 8.90 | 8.27 | 8.21 | 7.66 | 7.74 |
| 19     | 7.79 | 7.28 | 8.41 | 8.51 | 9.11 | 8.97 | 9.20 | 8.92 | 8.28 | 8.19 | 7.63 | 7.71 |
| 20     | 7.74 | 7.26 | 8.41 | 8.53 | 9.14 | 9.00 | 9.23 | 8.95 | 8.29 | 8.17 | 7.59 | 7.66 |
| 21     | 7.71 | 7.24 | 8.40 | 8.54 | 9.18 | 9.05 | 9.29 | 8.98 | 8.29 | 8.15 | 7.54 | 7.62 |
| 22     | 7.66 | 7.21 | 8.40 | 8.56 | 9.22 | 9.09 | 9.33 | 9.00 | 8.30 | 8.13 | 7.50 | 7.55 |
| 23     | 7.62 | 7.19 | 8.40 | 8.57 | 9.24 | 9.12 | 9.35 | 9.02 | 8.30 | 8.11 | 7.47 | 7.50 |
| 24     | 7.58 | 7.17 | 8.40 | 8.60 | 9.30 | 9.20 | 9.41 | 9.05 | 8.31 | 8.09 | 7.43 | 7.46 |
| 25     | 7.53 | 7.13 | 8.30 | 8.61 | 9.32 | 9.22 | 9.43 | 9.08 | 8.30 | 8.08 | 7.40 | 7.41 |
| 26     | 7.49 | 7.12 | 8.40 | 8.64 | 9.38 | 9.30 | 9.49 | 9.10 | 8.31 | 8.06 | 7.36 | 7.35 |
| 27     | 7.43 | 7.09 | 8.38 | 8.65 | 9.40 | 9.32 | 9.52 | 9.13 | 8.32 | 8.03 | 7.36 | 7.31 |
| 28     | 7.40 | 7.07 | 8.39 | 8.68 | 9.46 | 9.38 | 9.58 | 9.16 | 8.32 | 8.02 | 7.22 | 7.27 |
| 29     | 7.35 | 7.04 | 8.37 | 8.70 | 9.49 | 9.43 | 9.61 | 9.19 | 8.32 | 8.00 | 7.24 | 7.20 |
| 30     | 7.30 | 7.03 | 8.38 | 8.72 | 9.53 | 9.49 | 9.67 | 9.22 | 8.34 | 7.99 | 7.19 | 7.14 |
| 31     | 7.25 | 7.00 | 8.36 | 8.73 | 9.57 | 9.54 | 9.72 | 9.24 | 8.33 | 7.95 | 7.15 | 7.09 |
| 32     | 7.20 | 6.97 | 8.37 | 8.75 | 9.63 | 9.60 | 9.77 | 9.28 | 8.34 | 7.95 | 7.11 | 7.05 |

Fuente: Doorenbos y Pruitt, 1976

### Cálculo de la evapotranspiración por período

La evapotranspiración se puede calcular para cada mes o fracción del ciclo de la planta de acuerdo con Blaney-Criddle modificado por Phelan (Vega, 1982). Aquí se contempla a **k** en lugar de **K** como el coeficiente empírico de proporcionalidad para el período del ciclo que se desee calcular, este valor de **k** depende a su vez del cultivo y de la temperatura.

$$K = (kc)(kt) \quad (4)$$

$$kt = (0.03114)(t) + 0.2396 \quad (5)$$

Donde:

**Kc:** Coeficiente de desarrollo del cultivo (**Cuadros 3 y 4**)

**Kt:** Coeficiente que depende de la temperatura

**t:** Temperatura promedio del periodo en cuestión (°C).

**Cuadro 3.** Coeficientes de desarrollo **kc** para el cálculo de usos consuntivos de cultivos anuales.

| Cultivo       | % de desarrollo |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               | 0               | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
| Maíz          | 0.42            | 0.48 | 0.60 | 0.70 | 0.90 | 1.05 | 1.08 | 1.05 | 1.00 | 0.90 | 0.85 |
| Trigo         | 0.15            | 0.30 | 0.55 | 0.90 | 1.25 | 1.50 | 1.62 | 1.55 | 1.30 | 0.95 | 0.62 |
| Algodón       | 0.20            | 0.25 | 0.32 | 0.50 | 0.89 | 0.98 | 1.02 | 0.95 | 0.80 | 0.65 | 0.50 |
| Sorgo         | 0.30            | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | 1.07 | 1.00 | 0.90 | 0.75 | 0.65 | 0.55 |
| Cártamo       | 0.14            | 0.18 | 0.27 | 0.44 | 0.64 | 0.88 | 1.07 | 1.08 | 0.96 | 0.76 | 0.45 |
| Soya          | 0.51            | 0.41 | 0.51 | 0.51 | 0.55 | 0.60 | 0.66 | 0.70 | 0.69 | 0.56 | 0.31 |
| Arroz         | 0.45            | 0.55 | 0.72 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 0.92 | 0.85 | 0.68 | 0.58 | 0.47 |
| Frijol        | 0.50            | 0.60 | 0.73 | 0.90 | 1.05 | 1.12 | 1.10 | 1.02 | 0.87 | 0.72 | 0.62 |
| Ajonjolí      | 0.30            | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 0.95 | 1.10 | 1.28 | 1.32 | 1.25 | 1.00 | 0.80 |
| Garbanzo      | 0.30            | 0.40 | 0.55 | 0.70 | 0.78 | 0.82 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.60 | 0.40 |
| Cebada        | 0.15            | 0.30 | 0.55 | 0.90 | 1.25 | 1.50 | 1.62 | 1.55 | 1.30 | 0.95 | 0.62 |
| Jitomate      | 0.43            | 0.43 | 0.45 | 0.55 | 0.75 | 0.95 | 1.03 | 0.98 | 0.90 | 0.80 | 0.70 |
| Linaza        | 0.30            | 0.40 | 0.55 | 0.90 | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.30 | 1.25 | 0.95 | 0.60 |
| Chile         | 0.48            | 0.55 | 0.75 | 0.90 | 0.93 | 1.05 | 1.05 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.60 |
| Papa          | 0.30            | 0.40 | 0.50 | 0.70 | 0.97 | 1.16 | 1.30 | 1.38 | 1.35 | 1.30 | 1.20 |
| Cacahuates    | 0.15            | 0.20 | 0.29 | 0.43 | 0.61 | 0.80 | 1.00 | 1.02 | 0.80 | 0.41 | 0.11 |
| Cucurbitáceas | 0.45            | 0.50 | 0.55 | 0.65 | 0.75 | 0.81 | 0.80 | 0.77 | 0.72 | 0.70 | 0.65 |

Fuente: Doorenbos y Pruitt, 1976.

**Cuadro 4.** Coeficientes de desarrollo **kc** para el cálculo de usos consuntivos de cultivos perennes.

| Cultivo               | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Caña de Azúcar        | 0.30 | 0.35 | 0.50 | 0.60 | 0.77 | 0.90 | 0.98 | 1.02 | 1.02 | 0.98 | 0.90 | 0.78 |
| Alfalfa               | 0.65 | 0.75 | 0.85 | 1.00 | 1.10 | 1.13 | 1.12 | 1.08 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.65 |
| Pastos                | 0.48 | 0.60 | 0.75 | 0.85 | 0.87 | 0.90 | 0.90 | 0.87 | 0.85 | 0.80 | 0.65 | 0.60 |
| Vid                   | 0.20 | 0.23 | 0.30 | 0.50 | 0.70 | 0.80 | 0.80 | 0.75 | 0.67 | 0.50 | 0.35 | 0.25 |
| Cítricos              | 0.65 | 0.67 | 0.69 | 0.70 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 0.71 | 0.70 | 0.68 | 0.67 | 0.65 |
| Frutales hoja Caduca  | 0.20 | 0.25 | 0.35 | 0.65 | 0.85 | 0.95 | 0.98 | 0.85 | 0.50 | 0.30 | 0.20 | 0.20 |
| Frutales hoja Perenne | 0.60 | 0.75 | 0.85 | 1.00 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.05 | 1.00 | 0.85 | 0.75 | 0.60 |

Fuente: Doorenbos y Pruitt, 1976

La ecuación original de Blaney y Criddle estima el requerimiento hídrico global de un cultivo, en cambio con la modificación propuesta por Phelan a la misma ecuación, al involucrar coeficientes de desarrollo, es factible estimar el requerimiento hídrico por fracción o etapa del ciclo de cultivo.

La aplicación original de Blaney-Criddle (**Cuadro 5**) y Blaney-Criddle modificado por Phelan (**Cuadro 6**) se ejemplifica para el cultivo de maíz de un ciclo de desarrollo de 120 días, con fecha de siembra en junio y considerando datos climatológicos de la estación Matehuala, S.L.P., ubicada a una Latitud Norte de 22° 38' 41" (22.47°). El valor de P (%) para cada mes se obtiene del **Cuadro 2**, al ubicar la latitud 22.47° entre los 22° y 23°. Por ejemplo, para el mes de enero el valor de 22° es igual a 7.66 y para 23° es de 7.62. Entre estos dos valores existe una diferencia de 0.04, la cual corresponde a 1°, entonces el valor para 0.47° se obtiene por extrapolación, que en este caso es de 0.0188, valor que se resta a 7.66, obteniéndose 7.64, que es el dato que aparece para el mes de enero. Los valores para los meses subsiguientes se obtienen siguiendo el mismo procedimiento, restando o sumando según lo requiera el caso. De esta manera, los porcentajes de horas luz para el período de establecimiento de maíz serán: junio (9.07), julio (9.3), agosto (8.99) y septiembre (8.29) (**Cuadro 5**).

**Cuadro 5.** Requerimientos hídricos del cultivo de maíz, según método original de Blaney y Criddle.

| Mes               | Porción del Mes | t (°C) | P (%) | f=P(8.12+0.457t)                        | K    | <sup>1</sup> Et (mm) |
|-------------------|-----------------|--------|-------|---|------|----------------------|
| <b>Junio</b>      | 1               | 22.8   | 9.07  | 168.15                                  | 0.75 | <b>484</b>           |
| <b>Julio</b>      | 1               | 22.2   | 9.30  | 169.86                                  |      |                      |
| <b>Agosto</b>     | 1               | 21.5   | 8.99  | 161.33                                  |      |                      |
| <b>Septiembre</b> | 1               | 20.9   | 8.29  | 146.49                                  |      |                      |
| <b>Total</b>      | <b>1</b>        |        |       | <b>P = <math>\sum f = 645.83</math></b> |      |                      |

<sup>1</sup>Uso consuntivo igual a 484 mm

**Cuadro 6.** Requerimientos hídricos del cultivo de maíz, según método de Blaney y Criddle modificado por Phelan.

| Mes             | Porción del mes | Porción del ciclo | t (°C) | P (%) | F=P(8.12+0.457t) | kt=0.03114t+0.2396 | <sup>1</sup> kc | f.kt.kc    |
|-----------------|-----------------|-------------------|--------|-------|------------------|--------------------|-----------------|------------|
| <b>Jun</b>      | 1               | 29                | 22.8   | 9.07  | 168.15           | 0.95               | 0.55            | 88         |
| <b>Jul</b>      | 1               | 57                | 22.2   | 9.30  | 169.86           | 0.93               | 0.87            | 137        |
| <b>Ago</b>      | 1               | 86                | 21.5   | 8.99  | 161.33           | 0.91               | 1.01            | 148        |
| <b>Sept</b>     | 1               | 100.0             | 20.9   | 8.29  | 146.49           | 0.89               | 0.90            | 177        |
| <b>Tot (mm)</b> |                 |                   |        |       |                  |                    |                 | <b>490</b> |

<sup>1</sup>kc para el mes de junio se calculó como la media de los valores indicados en el cuadro No. 3 para un 25% de desarrollo.

El valor obtenido con la ecuación de Blaney y Criddle (**484 mm**), fue muy semejante al producido con la modificación de Phelan (**490 mm**), sin embargo, con esta última ecuación, las necesidades hídricas del cultivo se pueden aplicar racionalmente para cada una de las etapas de desarrollo del cultivo, especialmente cuando se utilizan sistemas de riego presurizados (aspersión, goteo, ferti-riego).

La cantidad neta de agua requerida por un cultivo depende de varios factores, entre los que se encuentra el agua fácilmente disponible (aquella ubicada entre los valores de capacidad de campo y de punto de marchitamiento permanente), el patrón de extracción de humedad del cultivo, profundidad efectiva radical y del nivel deseado de humedad disponible que es consumido antes de aplicar el siguiente riego. Así, por ejemplo, en hortalizas los riegos se aplican cuando se ha consumido como máximo un 50% del agua disponible; en cambio para granos básicos, el nivel de abatimiento en ciertas etapas de su desarrollo puede alcanzar un 75% del agua disponible (Vega, 1982); aunque por ejemplo, en la etapa de llenado de grano del maíz, no se debe permitir un abatimiento de humedad superior al 40%.

En general, para cualquier cultivo, el riego se debe aplicar antes de que la humedad disponible se acerque al punto de marchitamiento permanente. La aplicación del riego, en situaciones donde el agua disponible se encuentra cerca del punto de marchitamiento permanente, puede afectar sensiblemente el rendimiento de la mayoría de los cultivos.

### **Cálculo del número y frecuencia de riegos**

Una vez estimado el requerimiento hídrico de un cultivo, con información relacionada a características físico-químicas de suelo y del propio cultivo, se procede a calcular la lámina, número y frecuencia de riegos. El caso particular, se ejemplificará con el cultivo de maíz a establecerse en el ciclo PV (Primavera-Verano) en el **DDR 129 Río Verde**. A continuación se muestra el procedimiento de cálculo.

Cultivo: Maíz

Ciclo vegetativo: 120 días

Uso consuntivo: 550 mm= 55.0 cm (**Cuadro 12**)

Demanda evapotranspirativa diaria promedio: 0.46 cm/día (valor obtenido de la división entre uso consuntivo y ciclo de desarrollo, es decir 55.0 cm/120 días).

## Suelo

### Características físicas:

Textura: Migajón

Profundidad media (Pr): 80 cm = 0.8 m

Densidad aparente (Da): 1.4 g/cm<sup>3</sup>

Capacidad de campo (CC): 22 (contenido de humedad del suelo a 0.3 atmósferas de presión).

Punto de Marchitamiento Permanente (PMP): 10 (contenido de humedad del suelo a 15 atmósferas de presión).

Humedad disponible (HD): 22-10= 12

Lámina de agua disponible= (CC-PMP)(Da)(Pr)/100  
(6)

Con esta información la lámina de agua disponible (LAD) en este suelo será igual a:

LAD= (22-10)(1.4 g/cm<sup>3</sup>)(80cm)/100= 13.5 cm

Los cultivos exploran la humedad disponible en un perfil de suelo de manera diferente. De manera práctica se considera para este ejemplo, un patrón radical de extracción promedio para todos los cultivos de 40, 30, 20 y 10%. Si consideramos lo anterior, la lámina, frecuencia y número de riegos se obtiene con el planteamiento mostrado en el **Cuadro 7**.



**Cuadro 7.** Lámina, frecuencia y número de riegos para el cultivo de maíz al considerar un patrón de humedad promedio de 40, 30, 20 y 10% respectivamente.

| Prof. De suelo (m) | Patrón extracción humedad (%) | <sup>1</sup> H.D. por estrato (cm) | <sup>2</sup> 75% de humedad disponible por estrato (cm) | <sup>3</sup> Evapotranspiración diaria por estrato (cm/día/estrato) | <sup>4</sup> Abat. de H.D. por estrato (días) | <sup>5</sup> Lámina Neta (cm) | <sup>6</sup> Número de riegos |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------------|---|---|---|-------------------------------|-------------------------------|
| 0.2                | 40                            | 3.4                                | 2.6   | 0.184   | 14  | 1.176                         | 9                             |
| 0.4                | 30                            | 3.4                                | 2.6   | 0.138   | 19  | 1.932                         |                               |
| 0.6                | 20                            | 3.4                                | 2.6   | 0.092   | 28  | 1.288                         |                               |
| 0.8                | 10                            | 3.4                                | 2.6   | 0.046   | 56  | 0.644                         |                               |
| Total              | 100                           | 13.6                               | 10.4  | 0.46  |   | 5.0                           |                               |

<sup>1</sup>13.5 cm/4 = 3.4 cm;

<sup>2</sup>(3.4 cm)(0.75) = 2.6 cm. Se considera un 75% de humedad disponible, para evitar que el cultivo consuma toda el agua disponible, antes del siguiente riego.

<sup>3</sup>(0.46 cm/día)(0.4) = 0.184 cm/día, (0.46 cm/día)(0.3) = 0.138 cm/día, (0.46 cm/día)(0.2)=0.092 cm/día, (0.46 cm/día)(0.1) = 0.046 cm/día

<sup>4</sup>(2.6 cm)/(0.184 cm/día/estrato) = 14 días, (2.6 cm)/(0.138) = 19 días, (2.6 cm)/0.092) = 28 días, (2.6 cm)/(0.046) = 56 días.

<sup>5</sup>(14 días)(0.184) = 1.176, (14 días)(0.138) = 1.932, (14 días)(0.092) = 1.288, (14 días)(0.046) = 0.644

<sup>6</sup>Número de riegos en el ciclo de cultivo: 120 días/14 días = 9 riegos

Los resultados del análisis indican que para este cultivo, con la profundidad de suelo disponible y con el abatimiento de humedad permitido, requerirá **9 riegos**, espaciados cada **14 días** y con una lámina neta de **5 cm por riego**. El mismo procedimiento de análisis se siguió para calcular el número, frecuencia y lámina neta de agua para otros cultivos en todos los Distritos de Desarrollo considerados.

### Cálculo de la fracción de lixiviación

Para ciertas áreas con problemas de sales en el agua de riego, se obtuvo el porcentaje de agua adicional en función a la ecuación propuesta por Ayers y Westcot (1989). Donde la fracción de lixiviación (**LF**) es función de la conductividad eléctrica del agua de riego (**EC<sub>w</sub>**) y de la salinidad máxima tolerada por el cultivo (**EC<sub>e</sub>**):

$$LR = (EC_w) / 5(EC_e) - EC_w \quad 7)$$

Donde:

LR: Requerimiento de lavado expresado como fracción.

$EC_w$ : Salinidad del agua de riego en milimhos (mmhos) o deciSiemens por metro (dS/m)

$EC_e$ : Máxima salinidad tolerada por un cultivo y que no resulta en reducción de rendimiento.

Así por ejemplo, para algunas localidades del DDR 129, en el cultivo de maíz y con un agua que posee una  $EC_w = 3.0$  dS/m y con una máxima salinidad de suelo tolerada por el cultivo para un rendimiento potencial del 90% igual a  $EC_e = 2.5$  (**Cuadro 8**), la fracción de lixiviación requerida para el propósito de lavado de sales será igual a:

$$LR = 3.0/(5)(2.5)-3.0 = 0.32$$

El requerimiento total de agua a proporcionar al cultivo durante su ciclo de desarrollo será igual a:

$$AW = (ET)/(1-LR)$$

(8)

Donde:

AW: Lámina de agua requerida (mm o cm/año)

ET: Uso consuntivo (mm o cm/año)

LR: Fracción de lixiviación (decimal)

Aplicando la fórmula anterior y con la información disponible se obtiene que la lámina de agua requerida por el cultivo será igual a:

$$AW = (55\text{cm})/(1-0.32) = 80.9 \text{ cm}$$

La lámina neta de agua por riego se puede calcular con este valor (80.9 cm), de acuerdo con la metodología descrita previamente. La fracción de lixiviación ( $0.32 = 32\% = 25.9$  cm de lámina de agua), también puede aplicarse de manera completa, previo al inicio de siembra, o bien distribuirse en ciertas estaciones clave del ciclo de desarrollo del cultivo.

**Cuadro 8.** Tolerancia de algunos cultivos y su potencial de producción al 100 y al 90% respectivamente, con relación a la salinidad del agua de riego ( $EC_w$ ) o salinidad del suelo ( $EC_e$ ).

| Especie (cultivo) | 100%   |        | 90%        |        |
|-------------------|--------|--------|------------|--------|
|                   | $EC_e$ | $EC_w$ | $EC_e$     | $EC_w$ |
| Cebada            | 8.0    | 5.3    | 10.0       | 6.7    |
| Sorgo             | 6.8    | 4.5    | 7.4        | 5.0    |
| Maíz              | 1.0    | 1.1    | <b>2.5</b> | 1.7    |
| Frijol            | 1.0    | 0.7    | 1.5        | 1.0    |
| Jitomate          | 2.5    | 1.7    | 3.5        | 2.3    |
| Calabacita        | 2.5    | 1.7    | 3.3        | 2.2    |
| Lechuga, repollo  | 1.3    | 0.9    | 2.1        | 1.4    |
| Cebolla, ajo      | 1.2    | 0.8    | 1.8        | 1.2    |
| Chile             | 1.5    | 1.0    | 2.2        | 1.5    |
| Alfalfa           | 2.0    | 1.3    | 3.4        | 2.2    |
| Naranja           | 1.7    | 1.1    | 2.3        | 1.6    |
| Vid               | 1.5    | 1.1    | 2.5        | 1.7    |
| Durazno           | 1.7    | 1.1    | 2.2        | 1.5    |

Fuente: Ayers y Westcot, 1989.

### Requerimientos hídricos de los cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural

Los requerimientos hídricos de un cultivo variarán significativamente dependiendo de la época de siembra, y aún para localidades con la misma temperatura y porcentaje de horas luz pero con diferente humedad relativa. El coeficiente **K** de desarrollo, también será diferente y por ende sus requerimientos hídricos. Los **Cuadros 9, 10, 11** y **12** indican los requerimientos hídricos para los cultivos más comunes en los Distritos de Desarrollo Rural **126 San Luis Potosí, 127 Salinas de Hidalgo, 128 Matehuala, 129 Río Verde** y **130 Cd. Fernández** de San Luis Potosí. Estos valores se estimaron básicamente con la ecuación de Blaney y Criddle modificada por Phelan y con valores de horas luz promedio provenientes de todas las estaciones meteorológicas disponibles para un distrito de desarrollo. En aquellos casos en que se carecía de los coeficientes de desarrollo del cultivo, entonces se utilizó la ecuación original de Blaney y Criddle.

Para los Distritos de Desarrollo Rural **126, 127 y 128** ubicados en el Altiplano Potosino, los requerimientos hídricos para un cultivo en particular fueron muy semejantes, con variaciones de apenas cuatro a cinco por ciento entre distritos. Estos requerimientos hídricos se incrementaron alrededor de un 20% para los mismos cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural **129 y 130** ubicados en la Zona Media Potosina. La mayor demanda de agua en esta región, se debe en primer instancia, al incremento en la temperatura media, lo cual afecta de manera directa el método de cálculo utilizado para la estimación de la evapotranspiración o uso consuntivo.

### **Necesidades de riego de algunos cultivos para los Distritos de Desarrollo Rural**

El conocimiento de las necesidades hídricas de un cultivo, es un elemento que en combinación con la capacidad que tiene un suelo para retener y proporcionar agua a una tasa determinada, representa la base fundamental en la planeación y eficiencia del uso del agua.

El número, frecuencia (espaciamiento entre riegos) y lámina neta requerida para varios cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural en estudio, se presentan en el **Cuadro 13**. Es importante señalar que el número, frecuencia y lámina neta de agua es sumamente variable, aún para los suelos dentro de un Distrito determinado. En un perfil de suelo las características físicas cambian de un estrato a otro y por ende su capacidad de retención de agua, factores que finalmente afectan la frecuencia de riegos. De manera similar, el patrón de extracción de agua de un cultivo determinado cambia a lo largo de su ciclo de desarrollo, con efectos marcados en la tasa de extracción del agua y en consecuencia en la lámina y frecuencia requerida.

En cultivos establecidos durante la estación de lluvias, la precipitación puede representar un importante porcentaje o cubrir toda la demanda hídrica del cultivo. Sin embargo, para la planeación del riego se debe descartar esta probable aportación debido a la incertidumbre en la cantidad y distribución de la lluvia.

Un aspecto importante del agua de lluvia es que debido a su baja concentración salina puede ayudar a lixiviar las sales acumuladas en el suelo durante el ciclo de cultivo anterior y realizar la función de la fracción de lixiviación.

Las láminas de riego calculadas en este estudio corresponden a un requerimiento promedio de humedad para todas las etapas de desarrollo del cultivo; sin embargo, cuando se dispone de sistemas de riego presurizados (aspersión, goteo, fertiriego, etc.), la demanda evapotranspirativa del cultivo en mm o cm puede suministrarse diariamente o por etapa de desarrollo. En riegos por gravedad (surcos, melgas, camas meloneras, etc.) el suministro parcial del agua acorde a las necesidades hídricas del cultivo es difícil de satisfacer, debido a la carencia de infraestructura adecuada para el cálculo de volúmenes y aplicación del agua. De esta manera la forma más práctica de aplicar el agua en sistemas de riego por gravedad es considerar una demanda hídrica promedio durante todo el ciclo del cultivo, lo cual implica que en ciertos períodos de desarrollo, se suministre más agua de la requerida y en otras menos a la demandada, aunque en promedio se satisfaga el requerimiento hídrico del cultivo.

### **Fracción de lixiviación para algunos cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural**

Un factor importante a considerar en la lámina de aplicación de agua para cualquier sistema de riego, es la inclusión de una fracción de lixiviación para propósitos de lavado de sales. Zonas de riego como “El Barril”, Villa de Ramos, “Conejillos”, Salinas y “Llanos de Angostura, Río Verde, muestran en ciertos sitios de riego, calidades de agua que condicionan el establecimiento de algunos cultivos, especialmente aquellos con mayor sensibilidad a conductividades eléctricas superiores a 0.75 dS/m. En el **Cuadro 14**, se muestran algunas fracciones de lixiviación para el tipo de agua dominante en estas regiones y para los cultivos más comunes. Esta agua adicional, podrá aplicarse antes del inicio del cultivo o bien distribuirse por estaciones de desarrollo o seccionarse en cada riego.

Para efectos de aplicación del riego la fracción de lixiviación calculada para cada cultivo, debe agregarse a la lámina neta que fue derivada de sus necesidades hídricas y de la capacidad de almacenamiento del suelo.

Sin embargo, es importante tomar en consideración que algunas veces debido a la baja eficiencia en la aplicación del riego, el agua adicional que inconscientemente aplican los agricultores puede realizar esta función de lixiviación, por lo que no es necesario aplicar una lámina extra para este fin.

Debido a las variaciones de las características físico-químicas de los suelos, requerimientos hídricos de los cultivos y calidad de agua, los resultados aquí expuestos sólo deben considerarse como una guía metodológica para el cálculo y la aplicación del agua de riego, por lo que para casos específicos la metodología aquí descrita puede ser utilizada por los técnicos para estimar láminas y frecuencias de aplicación del agua para un cultivo establecido en un período determinado.

Finalmente, la experiencia de los técnicos y de los propios agricultores con relación a la aplicación del riego por gravedad, aunado al uso de equipos sensibles a cambios de humedad en el suelo (tensiómetros, bloques de yeso, dispersor de neutrones, etc.) puede contribuir marcadamente a eficientar el uso del agua en este sistema de riego tan común en nuestro medio.

La aplicación del agua a un cultivo acorde a su etapa de desarrollo, es una tarea difícil de cumplir dadas las limitaciones económicas, técnicas y de infraestructura de la mayoría de nuestros agricultores; sin embargo, es importante que todos los involucrados realicemos un esfuerzo adicional para lograr este objetivo.

**Cuadro 9.** Usos consuntivos de algunos cultivos. La demanda hídrica se estimó considerando los datos climatológicos y porcentajes de horas luz promedio para los municipios que conforman el **DDR 126 San Luis Potosí**.

| Cultivo                                      | Ciclo Vegetativo (días)   | Uso Consuntivo (mm) | Método de Cálculo |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|
| Maíz   | 120                       | <sup>1</sup> 450    | B-C Modif. Phelan |
| Frijol                                       | 120                       | <sup>1</sup> 440    | B-C Modif. Phelan |
| Girasol                                      | 120                       | 380                 | Blanney y Criddle |
| Sorgo (grano)                                | 130                       | 457                 | B-C Modif. Phelan |
| Trigo, Avena, Cebada (grano)                 | 130                       | 377                 | B-C Modif. Phelan |
| Algodón                                      | 180                       | 532                 | B-C Modif. Phelan |
| Lechuga, Coliflor, Col, Zanahoria            | 90 – 110                  | <sup>2</sup> 321    | Blanney y Criddle |
| Jitomate                                     | 149 (después transplante) | 478                 | B-C Modif. Phelan |
| Calabacita                                   | 80 – 90                   | 278                 | B-C Modif. Phelan |
| Cebolla                                      | 120 – 150                 | 576                 | Blanney y Criddle |
| Chile mirasol                                | 150 (después transplante) | 579                 | B-C Modif. Phelan |
| Chile ancho                                  | 170 (después transplante) | 650                 | B-C Modif. Phelan |
| Papa   | 150                       | 676                 | B-C Modif. Phelan |
| Alfalfa                                      | Todo el año               | 1272                | B-C Modif. Phelan |
| Vid  | Todo el año               | 735                 | B-C Modif. Phelan |
| Caducifolios (durazno, nogal, manzano, etc.) | Todo el año               | 827                 | B-C Modif. Phelan |

<sup>1</sup>Dependiendo de la fecha de siembra, los requerimientos hídricos para maíz y frijol fluctuarán entre 410 a 480 mm y 435 a 453 mm respectivamente.

<sup>2</sup>Requerimiento hídrico para el ciclo OI. En el ciclo PV el requerimiento hídrico se incrementa 30%.

**Cuadro 10.** Usos consuntivos de algunos cultivos. La demanda hídrica se estimó considerando los datos climatológicos y porcentajes de horas luz promedio para los municipios que conforman el **DDR 127 Salinas de Hidalgo**.

| Cultivo                                      | Ciclo Vegetativo (días)   | Uso Consuntivo (mm) | Método de Cálculo |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|
| Maíz   | 120                       | <sup>1</sup> 445    | B-C Modif. Phelan |
| Frijol                                       | 120                       | <sup>1</sup> 434    | B-C Modif. Phelan |
| Girasol                                      | 120                       | 370                 | Blaney y Criddle  |
| Trigo, Avena, Cebada (grano)                 | 130                       | 335                 | B-C Modif. Phelan |
| Algodón                                      | 180                       | 532                 | B-C Modif. Phelan |
| Lechuga, Coliflor, Col, Zanahoria            | 90 – 110                  | <sup>2</sup> 316    | Blaney y Criddle  |
| Jitomate                                     | 149 (después transplante) | 473                 | B-C Modif. Phelan |
| Calabacita                                   | 80 – 90                   | 276                 | B-C Modif. Phelan |
| Cebolla                                      | 120 – 150                 | 387                 | Blaney y Criddle  |
| Chile mirasol                                | 150 (después transplante) | 577                 | B-C Modif. Phelan |
| Chile ancho                                  | 170 (después transplante) | 646                 | B-C Modif. Phelan |
| Papa   | 150                       | 678                 | B-C Modif. Phelan |
| Alfalfa                                      | Todo el año               | 1238                | B-C Modif. Phelan |
| Vid  | Todo el año               | 724                 | B-C Modif. Phelan |
| Caducifolios (durazno, nogal, manzano, etc.) | Todo el año               | 774                 | B-C Modif. Phelan |

<sup>1</sup>Dependiendo de la época de siembra, los requerimientos hídricos para maíz y frijol fluctuarán entre 400 a 468 mm y 410 a 450 mm respectivamente.

<sup>2</sup>Requerimiento hídrico para el ciclo OI. En el ciclo PV el requerimiento hídrico se incrementa 30%.



**Cuadro 11.** Usos consuntivos de algunos cultivos. La demanda hídrica se estimó considerando los datos climatológicos y porcentajes de horas luz promedio para los municipios que conforman el **DDR 128 Matehuala**.

| Cultivo                                      | Ciclo                     |                     | Método de Cálculo |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|
|  | Vegetativo (días)         | Uso Consuntivo (mm) |                   |
| Maíz   | 120                       | <sup>1</sup> 467    | B-C Modif. Phelan |
| Frijol                                       | 120                       | <sup>1</sup> 451    | B-C Modif. Phelan |
| Girasol                                      | 120                       | 390                 | Blanney y Criddle |
| Sorgo (grano)                                | 130                       | 480                 |                   |
| Trigo, Avena, Cebada (grano)                 | 130                       | 357                 | B-C Modif. Phelan |
| Algodón                                      | 180                       | 559                 | B-C Modif. Phelan |
| Lechuga, Coliflor, Col, Zanahoria            | 90 – 110                  | <sup>2</sup> 349    | Blanney y Criddle |
| Jitomate                                     | 149 (después transplante) | 501                 | B-C Modif. Phelan |
| Calabacita                                   | 80 – 90                   | 287                 | B-C Modif. Phelan |
| Cebolla                                      | 120 – 150                 | 394                 | Blanney y Criddle |
| Ajo  | 180 – 200                 | 497                 |                   |
| Chile mirasol                                | 150 (después transplante) | 605                 | B-C Modif. Phelan |
| Chile ancho                                  | 170 (después transplante) | 677                 | B-C Modif. Phelan |
| Papa   | 150                       | 711                 | B-C Modif. Phelan |
| Alfalfa                                      | Todo el año               | 1290                | B-C Modif. Phelan |
| Vid  | Todo el año               | 753                 | B-C Modif. Phelan |
| Caducifolios (durazno, nogal, manzano, etc.) | Todo el año               | 663                 | B-C Modif. Phelan |

<sup>1</sup>Dependiendo de la época de siembra, los requerimientos hídricos para maíz y frijol fluctuarán entre 425 a 484 mm y 422 a 459 mm respectivamente.

<sup>2</sup>Requerimiento hídrico para el ciclo OI. En el ciclo PV el requerimiento hídrico se incrementa 30%.

**Cuadro 12.** Usos consuntivos de ciertos cultivos. La demanda hídrica se estimó considerando los datos climatológicos y porcentajes de horas luz promedio para los municipios que conforman el **DDR 129 Río Verde y 130 Cd. Fernández.**

| <b>Cultivo</b>                             | <b>Ciclo Vegetativo (días)</b> | <b>Uso Consuntivo (mm)</b> | <b>Método de Cálculo</b> |
|--|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Maíz</b>                                | 120                            | <sup>1</sup> 550           | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Frijol</b>                              | 120                            | <sup>1</sup> 490           | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Soya</b>                                | 120                            | 410                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Sorgo (grano)</b>                       | 130                            | 510                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Girasol</b>                             | 120                            | 410                        | Blanney y Criddle        |
| <b>Trigo, Avena, Cebada (grano)</b>        | 130                            | 467                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Algodón</b>                             | 180                            | 688                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Lechuga, Coliflor, Col, Zanahoria</b>   | 90 – 110                       | <sup>2</sup> 349           | Blanney y Criddle        |
| <b>Jitomate</b>                            | 149 (después transplante)      | 623                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Calabacita</b>                          | 80 – 90                        | 365                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Cebolla</b>                             | 120 – 150                      | 439                        | Blanney y Criddle        |
| <b>Chile serrano</b>                       | 150 (después transplante)      | 715                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Papa</b>                                | 150                            | 818                        | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Alfalfa</b>                             | Todo el año                    | 1618                       | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Caducifolios (durazno, nogal, etc.)</b> | Todo el año                    | 1008                       | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Perennifolios</b>                       | Todo el año                    | 1589                       | B-C Modif. Phelan        |
| <b>Cítricos en general, Aguacate</b>       | Todo el año                    | 1100 - 1130                | B-C Modif. Phelan        |

<sup>1</sup>Dependiendo de la época de siembra, los requerimientos hídricos para maíz y frijol fluctuarán entre 508 a 608 mm y 476 a 503 mm respectivamente.

<sup>2</sup>Requerimiento hídrico para el ciclo OI. En el ciclo PV el requerimiento hídrico se incrementa 30%.

**Cuadro 13.** Lámina, frecuencia y número de riegos para ciertos cultivos en los Distritos de Desarrollo Rural **126 San Luis Potosí, 127 Salinas de Hidalgo, 128 Matehual, 129 Río Verde y 130 Cd. Fernández.**

| Cultivo                           | Lámina de Riego (cm) |     |     |          | Frecuencia (días) |     |     |     |     | Número de Riegos |     |     |     |     |
|-----------------------------------|----------------------|-----|-----|----------|-------------------|-----|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                   | <sup>2</sup> DDR     |     |     |          | DDR               |     |     |     |     | DDR              |     |     |     |     |
|                                   | 126                  | 127 | 128 | 129, 130 | 126               | 127 | 128 | 129 | 130 | 126              | 127 | 128 | 129 | 130 |
| Especies                          | 5                    | 5   | 5   | 5        | 42                | 43  | 41  | 37  | 43  | 9                | 8   | 9   | 9   | 9   |
| Cuducifolias                      |                      |     |     |          |                   |     |     |     |     |                  |     |     |     |     |
| Cítricos                          | ---                  | --- | --- | 5        | ---               | --- | --- | 41  |     | ---              | --- | --- | 9   |     |
| Alfalfa                           | 5                    | 5   | 5   | 5        | 19                | 19  | 19  | 15  | 15  | 19               | 19  | 19  | 24  | 24  |
| Matz                              | 5                    | 5   | 5   | 5        | 24                | 24  | 22  | 24  | 25  | 5                | 5   | 5   | 5   | 4   |
|                                   |                      |     |     | 5        |                   |     |     |     |     |                  |     |     |     |     |
| Trigo, Avena, Cebada (grano)      | 5                    | 5   | 5   | 5        | 22                | 22  | 22  | 18  | 18  | 6                | 6   | 6   | 7   | 7   |
| Frijol                            | 5                    | 5   | 5   | 5        | 22                | 22  | 20  | 23  | 23  | 5                | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Girasol                           | 5                    | 5   | 5   | 5        | 29                | 25  | 28  | 33  | 33  | 4                | 5   | 5   | 4   | 4   |
| Sorgo                             | 5                    | 5   | 5   | 5        | 26                | 24  | 24  | 27  | 27  | 5                | 5   | 6   | 5   | 5   |
| Jitomate                          | 5                    | 5   | 5   | 5        | 13                | 13  | 13  | 10  | 10  | 12               | 12  | 12  | 15  | 15  |
| Chile mirasol                     | 5                    | 5   | 5   | ---      | 14                | 14  | 14  | --- | --- | 11               | 11  | 11  | --- | --- |
| Chile ancho                       | 5                    | 5   | 5   | ---      | 11                | 11  | 11  | --- | --- | 15               | 15  | 15  | --- | --- |
| Chile serrano                     | ---                  | --- | --- | 5        | ---               | --- | --- | 10  | 10  | ---              | --- | --- | 15  | 15  |
| Cebolla/Ajo                       | 5                    | 5   | 5   | 5        | 13                | 13  | 13  | 11  | 11  | 9                | 9   | 9   | 10  | 10  |
| Calabacita                        | 5                    | 5   | 5   | 5        | 14                | 14  | 14  | 11  | 11  | 6                | 6   | 6   | 8   | 8   |
| Lechuga, Coliflor, Col, Zanahoria | 5                    | 5   | 5   | 5        | 12                | 12  | 12  | 10  | 10  | 8                | 8   | 8   | 9   | 9   |

<sup>1</sup>En cultivos hortícolas, la aplicación del riego se considera cuando se tiene un 50% de abatimiento de humedad disponible; en granos, especies forrajeras y otros cultivos, el riego se considera cuando se tiene un abatimiento del 75% de humedad disponible.

<sup>2</sup>Los datos de lámina, frecuencia y número de riegos están considerados para suelos de textura migajón y profundidades de 0.8 a 1.0 m, sin embargo, en muchos suelos someros (<60 cm profundidad) presentes en todos los Distritos de Desarrollo considerados, la frecuencia y número de riegos puede incrementarse, aunque con una menor lámina de aplicación. Caso contrario sucede para suelos profundos donde el número de riegos puede disminuir, pero la lámina de riego se incrementa.

**Cuadro 14.** Fracción de lixiviación (%) que se requiere agregar al riego para propósitos de lavado de sales en algunos cultivos, en tres zonas de riego de San Luis Potosí.

| Cultivo                 | Zonas de Riego                 |                       |                                    |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
|                         | “El Barril”,<br>Villa de Ramos | “Conejillos”, Salinas | “Llanos de<br>Angostura”, Rioverde |
| Maíz                    | 14                             | 11                    | 35                                 |
| Frijol                  | 26                             | 19                    | 67                                 |
| Trigo, Avena,<br>Cebada | 3                              | 3                     | 1                                  |
| (grano)                 |                                |                       |                                    |
| Jitomate                | 9                              | 7                     | 21                                 |
| Chile                   | 17                             | 12                    | 43                                 |
| Ajo, cebolla            | 22                             | 16                    | 54                                 |
| Alfalfa                 | 12                             | 9                     | 18                                 |
| Melón, Sandía           | 7                              | 7                     | 21                                 |
| Calabacita              | 4                              | 3                     | 5                                  |
| Durazno                 | 40                             | 25                    | ----                               |
| Cítricos                | ----                           | ----                  | 30                                 |

## **Literatura Citada**

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1989. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1.

Comisión Nacional del Agua. Coordinación de Proyectos Especiales. Aguas Subterráneas. 1999. Condiciones geohidrológicas en los acuíferos de San Luis Potosí. Reporte preliminar.

Doneen, L.D. and Westcot, D.W. 1984. Irrigation practice and water management. FAO: Irrigation and Drainage Paper 1, Rome, Italy.

Doorenbos, J. y W.O. Pruitt. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma, Italia.

Hargreaves, G. and Samni, Z. 1991. Irrigation scheduling. Editts, Las Cruces, NM.

Israelsen, W.O and Hansen, V.E. 1981. Irrigation principles and practices. John Wiley & Sons. New York.

Jensen, M.E., R.E., Burman, and R.G. Allen (eds). 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manual No. 70, 332.

Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Limusa, México.

SAGAR-S.L.P. 1996. Anuario estadístico agropecuario. Delegación Estatal de la SAGAR en San Luis Potosí.

Vega García, J.D. 1982. Uso y manejo del agua. ITESM, Monterrey, N.L.

**Impresión:** Febrero de 2001  
**Tiraje:** 500 ejemplares  
**Lugar:** San Luis Potosí, S.L.P.  
**Clave:** INIFAP/CIRNE F-009

Folleto Técnico Núm. 12



**inifap**  
PRODUCE

