

## **CENID-RASPA**

# **FERTILIZACIÓN Y RIEGO DEL CULTIVO DE CHILE EN LA REGIÓN LAGUNERA**



**Dr. Ernesto A. Catalán Valencia**  
**Dra. Ma. Magdalena Villa Castorena**  
**Dr. Marco Antonio Inzunza Ibarra**  
**Dr. Ignacio Sánchez Cohen**  
**Ing. S. Felipe Mendoza Moreno**  
**M. C. Abel Román López**

**ISBN: 978-970-43-0147-7**

**Folleto Técnico 9**

**Gómez Palacio, Dgo.**

**Agosto del 2007**

# ***F*ertilización y Riego del Cultivo de Chile en la Región Lagunera**

Dr. Ernesto Alonso Catalán Valencia  
Dra. Ma. Magdalena Villa Castorena  
Dr. Marco Antonio Inzunza Ibarra  
Dr. Ignacio Sánchez Cohen  
Ing. Segundo Felipe Mendoza Moreno  
M.C. Abel Román López

**CENID – RASPA**

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria  
en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.

Km 6.5 margen derecha Canal Sacramento  
Gómez Palacio, Durango. MÉXICO.  
Apdo. Postal 41  
35150 Cd. Lerdo, Dgo.  
Teléfonos y Fax: 01 (871) 719-10-76, 719-10-77 y 719-11-34  
e-mail: [inifap.gomez@internetual.com.mx](mailto:inifap.gomez@internetual.com.mx)

El contenido de esta publicación podrá reproducirse total o parcialmente con fines específicos de divulgación, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente a los autores, al CENID-RASPA y al INIFAP.

ISBN: 978-970-43-0147-7

## **Presentación**

El escenario mundial actual definido en gran medida por grandes problemas como el incremento poblacional y aquellos inducidos por el calentamiento global, urgen al uso racional y sustentable de los recursos naturales. Con los resultados de investigación en el aprovechamiento y manejo de los recursos agua-suelo-planta-atmósfera es posible mejorar la productividad y rentabilidad de los sistemas productivos agrícolas, forestales y pecuarios. Dichos resultados generalmente van dirigidos a definir las mejores prácticas de manejo de tales sistemas.

El cultivo del chile es uno de los sistemas producto de mayor impacto económico y social en nuestro país. También es importante en el patrón de cultivos del distrito de riego 017 de la Región Lagunera de Coahuila y Durango. El presente documento propone algunas recomendaciones para lograr un manejo eficiente de la fertilización y el riego del cultivo del chile, dos de las prácticas agronómicas de manejo más determinantes en este sistema producto. Tales recomendaciones se derivan de resultados de investigación y fueron generadas de acuerdo con las condiciones climáticas y edáficas de la Región Lagunera de Coahuila y Durango.

Dr. Jose Antonio Cueto Wong  
Director del CENID-RASPA



## Contenido

INTRODUCCIÓN	1
ELEMENTOS ESENCIALES	2
NECESIDADES DE NUTRIMENTOS DEL CHILE	4
REQUERIMIENTOS DE FERTILIZACIÓN	5
MANEJO DE FERTILIZANTES	7
CANTIDAD DE FERTILIZANTES POR APLICAR	8
RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOGRAR UNA BUENA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE CHILE	10
ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS DE AGUA Y LA PROGRAMACIÓN DE LOS RIEGOS DEL CHILE EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA Y DURANGO	12
LIMA	12
SUELO	13
RIEGO	13
CONSUMO DE AGUA	14
PROGRAMA O CALENDARIO DE RIEGOS	17
RECOMENDACIONES GENERALES PARA PROGRAMAR DE MANERA ADECUADA LOS RIEGOS DEL CULTIVO DE CHILE EN LA REGIÓN LAGUNERA	23
LITERATURA CITADA	25



# ***INTRODUCCIÓN***

El chile (*Capsicum annuum* L) es un cultivo hortícola importante en México debido a su elevada competitividad, aceptación internacional, importancia socioeconómica y propiedades nutricionales. Entre los principales problemas que restringen su producción, además de las plagas y enfermedades, se tiene el manejo del agua y nutrimentos. El abastecimiento oportuno y en las cantidades adecuadas del agua y los nutrimentos es crucial para obtener el rendimiento máximo del cultivo y el mayor beneficio económico.

La sincronización del abastecimiento de agua y nutrimentos con las demandas de la planta permite manejar más eficientemente el riego y la aplicación de fertilizantes. En el caso de la fertilización, se procura mantener niveles bajos de nutrimentos en el suelo cuando hay poco crecimiento, y se incrementan estos cuando el crecimiento es mayor. Por su parte, la aplicación de los riegos debe ser programada para prevenir déficits o excesos de humedad en el suelo que pudieran causar estrés hídrico o enfermedades en el sistema radicular del cultivo.

En esta publicación se presentan las necesidades de nutrimentos por el cultivo de chile, los fertilizantes para cubrir esas necesidades así como el manejo de ellos durante el desarrollo del cultivo. Además, se determinan las demandas de agua de acuerdo con las condiciones climáticas de la Región Lagunera, así como algunos calendarios de riego para diferentes niveles de estrés hídrico.

## ELEMENTOS ESENCIALES

Las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo 17 elementos que son conocidos como esenciales, aunque pueden estar constituidas por más de 90 elementos (Mengel y Kirkby, 1987; Fageria *et al.*, 1991; Marschner, 1998). Estos elementos esenciales se dividen, según la cantidad utilizada por la planta, en dos grupos: macronutrientes, que se requieren en grandes cantidades y micronutrientes necesarios en cantidades más pequeñas. Los macronutrientes incluyen al carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

En el grupo de los micronutrientes se encuentran el hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni). Todos ellos son igualmente importantes para el crecimiento de la planta, sin importar su clasificación (Marschner, 1998). Si existe una deficiencia de cualquiera de ellos en el medio radical, el crecimiento de la planta disminuye. El C, H y O constituyen del 90 al 95 por ciento de la materia seca de las plantas, y son abastecidos a ellas por el aire y agua como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{O}_2$ . El resto de los elementos los obtienen las plantas de las sustancias minerales del suelo o de los fertilizantes aplicados.

En el Cuadro 1 se muestran los fertilizantes más comunes en el mercado, así como la concentración de cada elemento que los constituye. Los macronutrientes son necesarios en concentraciones de  $1,000 \mu\text{g g}^{-1}$  de materia seca o más, mientras que los micronutrientes se requieren en concentraciones iguales o menores que  $100 \mu\text{g g}^{-1}$  de

materia seca (Oertli, 1979). Los macronutrientes juegan un papel principal en la estructura de la planta, mientras que los micronutrientes son principalmente involucrados en procesos enzimáticos y como constituyentes de hormonas del crecimiento (Marschner, 1998).

**Cuadro 1. Fertilizantes comerciales y concentración de elementos.**

Fertilizantes	Concentración de Elementos (porcentaje)	
Nitrato de potasio	13 N	39 K
Nitrato de calcio	15 N	19 Ca
Nitrato de amonio	33 N	
Nitrato de magnesio	11 N	10 Mg
Sulfato de amonio	20.5 N	23 S
Urea	46 N	
Ácido fosfórico	34 P	
Superfosfato simple de calcio	18 P	28 Ca
Fosfato monoamónico (MAP)	11 N	23 P
Fosfato monopotásico	23 P	28 K
Sulfato de potasio	44 K	18 S
Sulfato de magnesio (sal de Epson)	11 Mg	23 S
Quelato de fierro (Sequestrene 330)	10.5 Fe	
Sulfato ferroso	20 Fe	11 S
Quelato de fierro (Sequestrene 138)	6 Fe	
Sulfato de manganeso	24 Mn	14 S
Quelato de manganeso	12.5 Mn	
Sulfato de cobre	25 Cu	13 S
Quelato de cobre	14 Cu	
Sulfato de zinc	22 Zn	11 S
Quelato de zinc	8 Zn	

Fuente: Jones (1997)

## NECESIDADES DE NUTRIMENTOS DEL CHILE

La cantidad de nutrimentos que el chile toma depende de la cantidad de fruto y materia seca que produce, el cual a su vez está influenciado por un número de factores genéticos y variables ambientales. Para que el chile produzca una tonelada de fruto fresco, las plantas necesitan absorber en promedio de 3 a 4 kg de N, 0.7 a 1 kg de P, y de 4 a 6 kg de K (Alt, 1996; Hegde, 1997; Lian *et al.*, 1997; Castellanos *et al.*, 2000; Azofeifa y Moreira, 2005). En la ausencia de cualquier otro factor que restrinja la producción, la absorción de nutrimentos y el rendimiento están fuertemente relacionados (Fageria *et al.*, 1991).

En el chile, la producción de materia seca continúa hasta el fin del ciclo de la planta. El crecimiento en términos de la producción de materia seca es muy lento hasta los 30 días después del trasplante (DDT), después se vuelve rápido entre los 45 y 105 DDT y luego disminuye lentamente debido a la caída de las hojas (Wien, 1997; Villa *et al.*, 2003). De acuerdo con Hegde (1997), el cinco, 35-40, 75-80 y 90 por ciento de la absorción de nutrimentos totales se logra a los 30, 60, 90 y 105 DDT. De esta forma, cerca del 40 por ciento de la absorción de nutrimentos toma lugar durante un período de 30 días, entre los 60 y 90 DDT. Estos datos son de mucha utilidad para definir el programa de aplicación de fertilizantes. Los mayores requerimientos de N, P y K del cultivo de chile ocurren a partir de 10 días después de la floración y durante 30 a 33 días (Hegde, 1986; Villa *et al.*, 2006).

## REQUERIMIENTOS DE FERTILIZACIÓN

En la formulación de las recomendaciones de fertilización deben tomarse en cuenta varios aspectos: nutrientes disponibles determinados mediante colecta y análisis químico de muestras del suelo, clima, enfermedades, insectos, cultivos previos y rendimiento potencial. El rendimiento máximo del cultivo se logra con la aplicación de fertilizantes sólo si todos los demás factores que afectan al crecimiento están en sus niveles óptimos.

Enseguida se presenta, a manera de ejemplo, un procedimiento para determinar la cantidad de fertilizantes necesarios para un buen crecimiento y rendimiento del chile, para lo cual se tomaron como base información del cultivo y resultados de un análisis químico practicado sobre muestras de suelo colectadas en un predio de la Región Lagunera:

### Datos del cultivo:

Rendimiento potencial esperado (RPE): 40 t ha<sup>-1</sup> de fruto fresco

Cantidad de nutriente requerido (CNR) por tonelada de fruto fresco:

N: 3.5 kg

P: 0.8 kg

K: 5 kg

Eficiencia de aplicación del fertilizante (EAF): 40 por ciento = 0.4

### Resultados del análisis del suelo:

Textura: Franco

Densidad aparente (DA): 1.38 g cm<sup>-3</sup> = 1,380 kg m<sup>-3</sup>

Concentración de nutriente en el suelo (CNS):

N: 9 mg kg<sup>-1</sup>

P: 5 mg kg<sup>-1</sup>

K : 891 mg kg<sup>-1</sup>

### Cálculos y estimaciones:

Para determinar la cantidad requerida de cada nutrimento en kilogramos por hectárea se aplican las fórmulas siguientes:

$$\text{Cantidad de nutrimento} = \frac{(\text{RPE}) \times (\text{CNR}) - \text{CNDS}}{\text{EAF}}$$

$$\text{CNDS} = \frac{\text{VS} \times \text{DA} \times \text{CNS}}{1'000,000}$$

donde CNDS es la cantidad de nutrimento disponible en el suelo (kg ha<sup>-1</sup>), VS el volumen del suelo (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) y el resto de la variables ya definidas.

### Resultados:

$$\text{VS} = 10,000 \text{ m}^2 \times 0.30 \text{ m} = 3,000 \text{ m}^3$$

$$\text{N disponible en el suelo} = \frac{3,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \times 1,380 \text{ kg m}^{-3} \times 9 \text{ mg kg}^{-1}}{1'000,000 \text{ mg kg}^{-1}} = 37.3 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{P disponible en el suelo} = \frac{3,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \times 1,380 \text{ kg m}^{-3} \times 5 \text{ mg kg}^{-1}}{1'000,000 \text{ mg kg}^{-1}} = 20.7 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{K disponible en el suelo} = \frac{3,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \times 1,380 \text{ kg m}^{-3} \times 891 \text{ mg kg}^{-1}}{1,000,000 \text{ mg kg}^{-1}} = 3,689 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{Cantidad de N requerida} = \frac{40 \text{ t ha}^{-1} \times 3.5 \text{ kg t}^{-1} - 37.3 \text{ kg ha}^{-1}}{0.4} =$$

$$256.7 \text{ kg ha}^{-1} \approx 260 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{Cantidad de P requerida} = \frac{40 \text{ t ha}^{-1} \times 0.8 \text{ kg t}^{-1} - 20.7 \text{ kg ha}^{-1}}{0.4} =$$

$$28.2 \text{ kg ha}^{-1} \approx 30 \text{ kg ha}^{-1}$$

En el caso de K, el suelo posee suficiente cantidad para cumplir los requerimientos del cultivo, por lo que no es necesario aplicar fertilizante que contenga este elemento. Para conocer la cantidad de fertilizante por aplicar se divide la cantidad de nutrimento requerida por hectárea entre el porcentaje o fracción del nutrimento contenida por el fertilizante. Por ejemplo, si se utilizara urea que contiene 46 por ciento de N, entonces se requerirían  $81 \text{ kg ha}^{-1}$  de este fertilizante para cubrir los  $37.3 \text{ kg de N ha}^{-1}$  requeridos.

## MANEJO DE FERTILIZANTES

La práctica de manejo más eficiente para maximizar la absorción de nutrimentos por la planta y minimizar pérdidas es sincronizar el abastecimiento de los nutrimentos con la demanda de la planta. Este concepto general de balancear el abastecimiento y la demanda implica mantener bajos niveles de nutrimentos en el suelo cuando hay poco o nulo crecimiento, y suministrar suficientes nutrimentos para cumplir con los requerimientos durante los períodos de rápido crecimiento (Peoples *et al.*, 1995; Gariglio *et al.*, 2000). De acuerdo con los datos de absorción de nutrimentos durante el desarrollo del cultivo de chile

(mencionados en secciones anteriores) y con las características de movilidad de los nutrimentos en el suelo, es recomendable aplicar todo el P y K al momento del trasplante y fraccionar el N en cuatro aplicaciones (Cuadro 2):

**Cuadro 2. Fraccionamiento del nitrógeno a través del ciclo del cultivo.**

Etapa fenológica	Cantidad de N (kg ha <sup>-1</sup> )
Transplante (ocho días después )	15
Inicio de floración	110
Madurez de primeros frutos	105
Segunda cosecha	30
Total	260

### CANTIDAD DE FERTILIZANTES POR APLICAR

La fórmula de fertilización previamente calculada para el cultivo del chile fue 260-30-0 kg de N, P y K por ha, respectivamente. Los Cuadros 3 y 4 muestran dos posibles opciones para aplicar dicha fórmula mediante el uso de tres fertilizantes muy conocidos: el fosfato mono amónico (MAP), la urea y el nitrato de amonio.

**Cuadro 3. Primera opción de fertilización.**

Etapa fenológica	Cantidad de fertilizantes (kg ha <sup>-1</sup> )		
	MAP	Urea	Nitrato de amonio
Transplante (8 a 10 días después)	136	0	0
Inicio de floración	0	0	333
Madurez de primeros frutos	0	0	320
Segunda cosecha	0	0	91
Total	136	0	744

**Cuadro 4. Segunda opción de fertilización.**

Etapa fenológica	Cantidad de fertilizantes (kg ha <sup>-1</sup> )		
	MAP	Urea	Nitrato de amonio
Transplante (8 a 10 días después)	136	0	0
Inicio de floración	0	239	0
Madurez de primeros frutos	0	0	320
Segunda cosecha	0	0	91
Total	136	239	411



**Cultivo de chile jalapeño en un predio de Nazas, Dgo.**

## **RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOGRAR UNA BUENA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DEL CHILE**

Definir el manejo de los nutrimentos con base en los resultados del análisis de suelos y tejido vegetal (pecíolos de hojas). No aplicar fertilizante de más ni de menos.

Durante el período de trasplante a la aparición de las primeras flores, utilizar los resultados del análisis del suelo para que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sean los recomendados.

Dividir la dosis de N recomendada en cuatro aplicaciones.

Los chiles jalapeños requieren el N más temprano que el chile ancho, pulla o mirasol, por lo que se debe aplicar 10 por ciento más N en la primera aplicación y 50 por ciento más en la segunda.

Los fertilizantes con amonio como fuente de N pueden agravar la podredumbre apical del fruto «blossom-end root» mediante la interferencia de la absorción de calcio. Por esto se recomienda usar fertilizantes nitrogenados constituidos con nitratos durante la madurez de los frutos.

Realizar muestreos de tejido (análisis de hojas y pecíolos) para determinar si el cultivo está adecuadamente nutrido. El Cuadro 5 muestra los rangos recomendados de las concentraciones de los nutrimentos que deberían estar presentes en el tejido vegetal. Los niveles de nitratos y fosfatos se determinan en pecíolos y los de los demás nutrimentos en hojas (Pennock, 2003).

**Cuadro 5. Rangos de suficiencia de los nutrimentos en el tejido vegetal (primeras flores hasta madurez de frutos) (Pennock, 2003).**

Nutrimento	Rango deseado	
	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	porcentaje
Nitrógeno (hojas)	40,000 – 60,000	4 - 6
Nitratos (pecíolos)	> 7,000	
Fósforo (hojas)	3,500 – 10,000	0.35 - 1
Fosfatos (pecíolos)	> 2,500	
Potasio (hojas)	40,000 – 60,000	4 - 6
Calcio (hojas)	10,000 – 25,000	1 – 2.5
Magnesio (hojas)	3,000 – 10,000	0.3 - 1
Azufre (hojas)	3,000 – 6,000	0.3 – 0.6
Zinc (hojas)	50 - 200	
Fierro (hojas)	60 - 300	
Manganeso (hojas)	50 - 250	
Cobre (hojas)	6 - 25	
Boro (hojas)	25 75	



**Planta de chile tipo chilaca.**

## **ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS DE AGUA Y LA PROGRAMACIÓN DE LOS RIEGOS DEL CHILE EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA Y DURANGO**

La tecnificación del riego plantea tres preguntas básicas: cuánto cuándo y cómo regar los cultivos para obtener máxima eficiencia y productividad del agua. Las dos primeras interrogantes se refieren a la estimación de la cantidad de agua que demanda el cultivo y a la determinación de la fecha o momento oportuno en que se deben aplicar cada uno de los riegos. Las respuestas a estas preguntas constituyen lo que se conoce como el programa o calendario de riegos. La tercera interrogante se refiere a la forma en que se suministra el agua de riego, es decir, al método de riego.

Con la programación adecuada de los riegos se busca minimizar los excesos y déficits hídricos para lograr importantes beneficios como ahorro de agua, mayor rendimiento, menores costos y mayor rentabilidad o ingreso. En esta sección se estiman las demandas de agua y se proponen calendarios de riego para el cultivo de chile de acuerdo a las condiciones climáticas, de los suelos y de la operación de la infraestructura de riego de la Región Lagunera de Coahuila y Durango.

### **CLIMA**

El clima de la Región Lagunera es árido y seco, con temperatura media anual de 20.4 °C, temperatura máxima media del mes más cálido (junio) de 33.8 °C y mínima media del mes más frío (enero) de 4.0 °C. El período libre de heladas es de siete meses y medio y abarca desde finales de marzo hasta mediados de noviembre. Las unidades

calor por año suman 2,129 grados-día y las unidades frío 552, considerando las temperaturas umbrales para el Chile de 15 y 35 °C (Allen, 1976; Villa *et al.*, 2001; Villa *et al.*, 2005). El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 215 mm, siendo julio el mes más lluvioso con 77.5 mm y febrero el más seco con 2.8 mm. La evaporación media anual es de 2,488 mm.

## **SUELO**

Los suelos de la región lagunera son de origen aluvial, profundos y con bajo contenido de materia orgánica. Su textura superficial varía desde fina (arcillosa) hasta moderadamente gruesa (franco arenosa), por lo cual también varían su capacidad de retención de agua y permeabilidad.

## **RIEGO**

Las principales fuentes de agua en la Región Lagunera son el acuífero subterráneo y la presa Lázaro Cárdenas, que opera durante el subciclo primavera-verano de cada año. La operación de la red de conducción hidráulica del distrito de riego No. 017 se rige de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo del algodón, por lo cual, otros cultivos más demandantes de agua como las hortalizas regularmente son subirrigados al no poder aplicárseles los riegos con la periodicidad requerida. Sólo las áreas cercanas a la presa como las de los municipios de Nazas y Rodeo poseen mayor disponibilidad de agua en comparación con los módulos de riego de la parte baja del distrito. En cambio, el bombeo de agua subterránea permite el riego con la periodicidad requerida.

## CONSUMO DE AGUA

El agua de riego se consume tanto por la evaporación que ocurre desde la superficie del suelo como la que ocurre por transpiración desde la superficie de las hojas y que ha sido previamente absorbida por las raíces de la planta. Ante la dificultad de medir por separado la evaporación y la transpiración, se utiliza el término evapotranspiración (ET) para referirse de manera conjunta a ambos tipos de flujo de agua (FAO, 1977).

La máxima cantidad de agua ( $ET_{max}$ ) que un cultivo específico puede consumir en un momento dado depende de factores climatológicos como son la temperatura y humedad del aire, radiación solar y velocidad del viento. Depende también de la etapa o grado de desarrollo en que se encuentre el cultivo y de algunos mecanismos fisiológicos de respuesta al ambiente por parte de las plantas (Catalán *et al.*, 2004).

El consumo de agua máximo ( $ET_{max}$ ) está relacionado con el rendimiento máximo o potencial que puede alcanzar un cultivo. En la práctica, para lograr  $ET_{max}$  el riego debe ser frecuente para que el cultivo no sufra estrés hídrico por falta de humedad en el suelo. Esto se logra regándolo cada 3 a 5 días durante la etapa de mayor consumo para que la reserva de humedad en el suelo no disminuya en más del 30 por ciento.

Se considera un intervalo entre riegos aproximado de 3 a 5 días porque algunos suelos pueden lograr reservas de humedad mayores que otros debido a que poseen diferentes capacidades para retener el

agua. Por ejemplo, suelos donde dominan las partículas finas como la arcilla y el limo pueden almacenar hasta 200 litros de agua por cada metro cúbico de suelo, o sea, una lámina o profundidad de agua de 200 mm o 20 cm en un metro de profundidad (Cuadro 6). En contraste, suelos donde dominan las partículas más grandes como la arena sólo puede almacenar alrededor de 70 litros de agua por metro cúbico o 7 cm de lámina por metro de profundidad (Catalán *et al.*, 2006).

**Cuadro 6. Contenido de humedad a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua disponible por textura para los suelos de la Región Lagunera.**

Textura del suelo	CC (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	PMP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Agua disponible (cm m <sup>-1</sup> )
Arenosa	13.6	6.2	7.4
Areno francosa	16.1	7.7	8.4
Arcillo arenosa	33.8	23.9	9.9
Franco arcillo arenosa	27.3	17.2	10.1
Franco arenosa	20.3	8.9	11.4
Arcillosa	49.2	35.7	13.5
Franca	27.1	13.0	14.1
Franco arcillosa	34.8	19.3	15.5
Arcillo limosa	46.1	28.8	17.3
Franco arcillo limosa	39.1	21.1	18.0
Franco limosa	30.7	12.2	18.5
Limosa	29.2	7.9	21.3

Fuente: Catalán *et al.*, 2006.

El Cuadro 7 muestra el consumo de agua máximo del cultivo de chile para las condiciones climáticas promedio (30 años) de la Región Lagunera. Para estimarlo se utilizó el programa DRIEGO 1.0 (Catalán *et al.*, 2007), el cual cuenta también con una versión en línea para ejecutarse a través de la red de Internet (Catalán *et al.*, 2005). Además de las condiciones climáticas, la duración del ciclo vegetativo del cultivo impacta de manera significativa al consumo de agua (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Consumo de agua máximo del cultivo de chile en la Laguna.**

Duración del ciclo vegetativo (meses)	Consumo de agua (cm)
4	73
5	90
6	104



**El Río Nazas en la zona de riego del municipio de Nazas, Dgo.**

## PROGRAMA O CALENDARIO DE RIEGOS

El consumo de agua máximo y el rendimiento potencial solo pueden lograrse aplicando el riego con alta frecuencia. Esto se facilita con los sistemas de riego presurizado como el goteo y la aspersión; sin embargo, en el riego por gravedad es difícil lograr intervalos de riego cortos. A medida que estos se alargan, se abate más la reserva de humedad en el suelo, el cultivo sufre por estrés hídrico y en consecuencia, el consumo de agua y el rendimiento disminuyen con relación a sus valores máximos (Jensen *et al.*, 1990).

La sensibilidad de los cultivos al estrés hídrico varía con la especie. El chile, como la mayoría de las hortalizas, es sensible a la sequía y comienza a sufrir estrés importante cuando la reserva de humedad del suelo se abate un 40 por ciento. Algunos estudios indican una relación lineal con un factor de 1.1 entre la disminución del consumo de agua con respecto al consumo de agua máximo ( $ET_{max}$ ) y la disminución del rendimiento con respecto al rendimiento máximo, así por ejemplo, si el consumo de agua se reduce un 10 por ciento, el rendimiento lo hará en 11 por ciento (Doorenbos y Kassam, 1986).

En la Figura 1 se presenta un calendario para aplicar los riegos al cultivo del chile, el cual se obtuvo con el programa DRIEGO 1.0 (Catalán *et al.*, 2007) considerando las condiciones climáticas promedio de los últimos 30 años en la Región Lagunera. Se estimó para un ciclo de cultivo de 5 meses con fecha de trasplante del primero de abril, suelo de textura media (suelo franco) y abatimiento de la humedad aprovechable de 40 por ciento, es decir, de estrés hídrico bajo.

**inifap** CENID - RASPA **DRiego**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**Calendario de Riego**

Número de Riego	Fecha del Riego	Intervalo entre Riegos (días)	Lámina de Riego (cm)	Lámina de Riego Acumulada (cm)
1	1 Abr	0	14.1	14.1
2	18 Abr	17	5.9	20.0
3	4 May	16	6.0	26.0
4	16 May	12	6.0	32.0
5	26 May	10	6.0	38.1
6	4 Jun	9	6.2	44.3
7	12 Jun	8	5.8	50.1
8	20 Jun	8	5.7	55.8
9	28 Jun	8	5.7	61.5
10	7 Jul	9	6.3	67.8
11	16 Jul	9	6.1	73.9
12	25 Jul	9	6.0	79.9
13	3 Ago	9	5.9	85.9
14	13 Ago	10	6.0	91.8
15	24 Ago	11	5.7	97.6

0% Page 1 of 1

**Figura 1. Calendario de riegos de estrés hídrico bajo para el cultivo del chile.**

La humedad aprovechable que puede retener un suelo franco es de 14.1 cm de lámina por metro de profundidad aproximadamente (Cuadro 6), o sea, 141 litros por metro cuadrado, los cuales deben aplicarse en el primer riego si se considera que el suelo se encuentra inicialmente seco y la profundidad de raíces del chile es de un metro. Por lo tanto, el 40 por ciento de este valor que corresponde al abatimiento de agua máximo permitido sería de 5.6 cm. De acuerdo con el balance de agua en el suelo, tal cantidad de agua alcanza para cubrir un período de 17 días después del primer riego al inicio del ciclo del cultivo, cuando éste ha crecido poco y requiere menos agua (Figura 1). Sin embargo, a medida que el cultivo se desarrolla e incrementa sus necesidades de agua, dicho período se reduce hasta un intervalo crítico de ocho días.

Las Figuras 2 y 3 muestran los valores diarios y acumulados del consumo de agua máximo (sin restricción de humedad en el suelo,  $ET_{max}$ ) y del real o actual logrado con el estrés bajo producido por el abatimiento del 40 por ciento de la humedad disponible ( $ET_{real}$ ). Al inicio de su ciclo, el cultivo consume sólo 0.34 cm de agua por día (3.4 mm o litros por metro cuadrado) y alcanza 7.8 mm durante su desarrollo máximo. Para mayores abatimientos de la humedad disponible, el consumo de agua será menor y la separación entre las curvas de  $ET_{max}$  y  $ET_{real}$  será mayor.

El calendario de riegos de la Figura 1 indica que para mantener el cultivo con estrés hídrico bajo durante 150 días se deben aplicar 15 riegos y una lámina total de agua de 97.6 cm, aunque el cultivo sólo consume 85 cm debido a la humedad residual que queda en el suelo al final de su ciclo (Figura 2). Esto implica una reducción del consumo de agua de 5.5 por ciento con respecto al consumo máximo de 90 cm, que al multiplicarla por 1.1 produce una reducción del rendimiento máximo de tan sólo 6.1 por ciento (Doorenbos y Kassam, 1986).

En los sistemas de riego presurizado como el goteo y la aspersión es posible aplicar el riego con alta frecuencia sin producir estrés hídrico al cultivo. En el riego por goteo la frecuencia de riego es cada dos o tres días con un abatimiento de la humedad aprovechable de entre 10 y 15 por ciento. En este caso, el consumo de agua ( $Et_{real}$ ) sería muy parecido al consumo máximo ( $ET_{max}$ ) y la lámina de riego por aplicar sería el consumo de agua acumulado en dicho período.



Figura 2. Consumo de agua diario del cultivo de Chile.

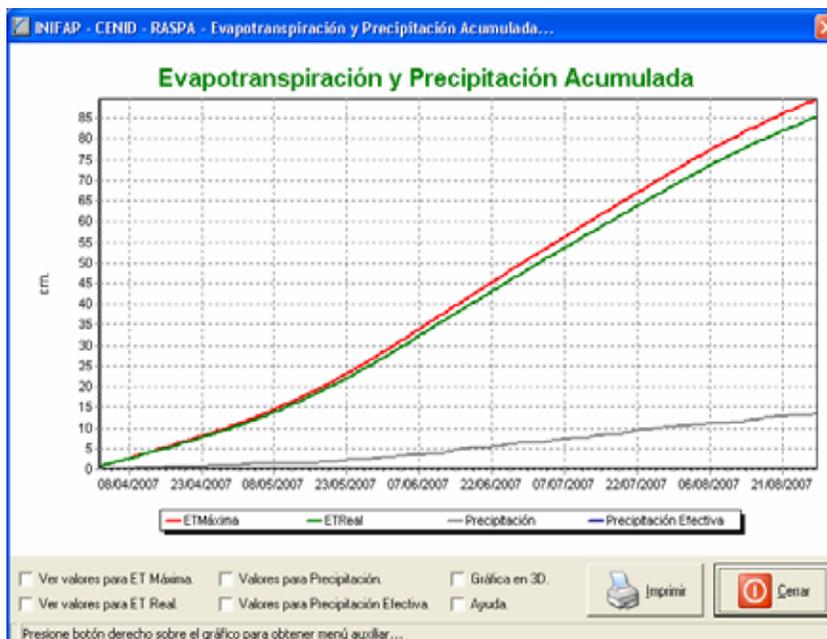


Figura 3. Consumo de agua acumulado por el cultivo del Chile.

En los sistemas de riego por gravedad, el riego se aplica con frecuencias mayores que una semana, lo cual implica mayor estrés hídrico, menor consumo de agua ( $ET_{real}$ ) con respecto al consumo máximo ( $ET_{max}$ ), y en consecuencia, menor rendimiento en relación al rendimiento potencial. En el distrito de riego 017, sólo en los municipios más cercanos a la presa Lázaro Cárdenas como los de Nazas y Rodeo es posible regar cada 12 días el cultivo del chile utilizando el agua de la presa. En cambio, en las áreas más alejadas, los intervalos de riego son considerablemente mayores a dicho valor. Por otra parte, en los predios donde se utiliza el bombeo de agua subterránea, el riego por gravedad puede ser tan frecuente como lo permita el caudal o gasto de la bomba y el tamaño de la superficie irrigada.

En el Cuadro 8 se presentan los calendarios de riego que el programa DRIEGO proporciona cuando se permiten mayores abatimientos de la humedad aprovechable en el suelo. El número de riegos disminuye de 12 a ocho y el intervalo crítico entre riegos aumenta de 11 a 15 días cuando el abatimiento de la humedad del suelo aumenta de 50 a 70 por ciento. Por su parte, el consumo de agua disminuye de 84 a 80 cm, lo cual provoca que el rendimiento del cultivo también disminuya de 7.3 a 12.2 por ciento en relación con el rendimiento potencial libre de estrés hídrico correspondiente al consumo de agua máximo de 90 cm (Cuadro 9).



**Cuadro 9. Impacto del abatimiento de humedad sobre el consumo de agua y rendimiento del cultivo.**

Abatimiento de la humedad en el suelo (%)	Consumo de agua (cm)	Consumo de agua máximo (cm)	Reducción del rendimiento (%)
50	84	90	7.3
60	82	90	9.8
70	80	90	12.2

La información anterior muestra el impacto que el abatimiento de la humedad del suelo provoca sobre el estrés hídrico y en consecuencia, sobre el consumo de agua y el rendimiento esperado en el cultivo del chile. Muestra además la importancia de aplicar los riegos en la cantidad y frecuencia adecuadas para prevenir los efectos del estrés hídrico. A partir de dicha información se puede deducir que el riego del chile con base al calendario de riegos del algodón es realmente deficitario debido a los largos intervalos de riego que este considera (30 y 20 días) y que agotan las reservas de humedad en el suelo.

### **RECOMENDACIONES GENERALES PARA PROGRAMAR DE MANERA ADECUADA LOS RIEGOS DEL CULTIVO DE CHILE EN LA REGIÓN LAGUNERA**

En los municipios de Nazas y Rodeo, así como en los predios donde se dispone de riego por bombeo de agua subterránea, aplicar los riegos con un intervalo de tiempo menor a 13 días durante el período de mayor consumo de agua (junio y julio) para mantener un abatimiento de la humedad aprovechable del suelo menor al 60 por ciento entre un riego y otro, así como una reducción del rendimiento menor al 10 por ciento con respecto al rendimiento máximo. En predios con

suelos de textura ligera (franco arenosa), dicho intervalo de tiempo tendrá que reducirse a 10 días para mantener el mismo nivel de estrés hídrico sobre el cultivo.

En predios con sistema de riego por goteo, regar cada dos o tres días durante el período de mayor consumo de agua, lo cual produce abatimientos de la humedad aprovechable del 10 al 15 por ciento, un estrés hídrico mínimo para el cultivo y un rendimiento cercano al rendimiento máximo.

Utilizar el programa DRIEGO, o bien, la aplicación computacional en línea (<http://raspa1.inifap.gob.mx/riego/index.php>) para estimar el consumo de agua y programar los riegos del cultivo del chile de acuerdo a las condiciones particulares de tipo de suelo, fecha de trasplante, ciclo vegetativo y abatimiento máximo de la humedad del suelo propuestas por el usuario.

## LITERATURA CITADA

- Allen, J. C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree-days. *Environmental Entomology* 5(3): 388-396.
- Alt, D. 1996. Calculation of fertilizer demand for vegetables crops in private gardens. *Acta Hort.* 428:165-170.
- Azofeifa, A. y M. A. Moreira. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* C.V. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29 (1):77-84.
- Castellanos R., J. Z., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.
- Catalán V., E., V. P Gutschick y M. M. Villa. 2004. Análisis del control fisiológico sobre la transpiración y asimilación de especies forestales. *Memorias del VII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California.
- Catalán V., E., I. Sánchez C. y M. M. Villa C. 2005. Estimación de la demanda de agua de los cultivos y calendarización del riego. Aplicación computacional en línea. <http://raspa1.inifap.gob.mx/riego/index.php>.
- Catalán V., E., M. M. Villa, M. A. Inzunza, S. F. Mendoza y A. Román L. 2006. Caracterización de la variabilidad espacial de las propiedades hidráulicas de los suelos de la Región Lagunera. *Memorias de la XVII Semana Internacional de Agronomía*. Gómez Palacio, Dgo.
- Catalán V., E., I. Sánchez, M. M. Villa, M.A. Inzunza y S. F. Mendoza. 2007. Programa para calcular las demandas de agua y calendarizar el riego de los cultivos. Folleto técnico No. 7. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango, México.

- Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1986. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome, Italy.
- Fageria, N. K., V.C. Baligar and C. A. Jones. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc. NY, USA.
- Food and Agriculture Organization. 1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24. Rome, Italy.
- Gariglio, N. F., R. A. Pilatti, and B. L. Baldi. 2000. Using nitrogen balance to calculate fertilization in strawberries. *HorTechnology*. 10:147-150.
- Hegde, D. M. 1986. Fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in relation to soil moisture and nitrogen fertilization. *Singapore Journal Primary Industries*. 14: 64-75.
- Hegde, D. M. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. Food & Fertilizer Technology Center. Extension Bulletin 441. Taiwan Agricultural Research Institute. Taiwan.
- Jensen, M. E., R. D. Burman, and R. G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers. Irrigation Water Requirements Committee of the Irrigation and Drainage Division. Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York. 332 p.
- Jones, J. B. Jr. 1997. Hydroponics. A practical guide for the soil less grower. St Lucie Press. Boca Raton, FL, USA. 229p.
- Lian, S., C. H. Wang and Y. C. Lee. 1997. Efficient nitrogen use in vegetable production II. Analysis of fertilizer response and efficiency in vegetable production in the Hsilo area, Taiwan. Food & Fertilizer Technology Center. Extension Bulletin 443. Taiwan Agricultural Research Institute. Taiwan.
- Marschner, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. San Diego, CA.

- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4<sup>th</sup> edition. International Potash Institute Bern, Switzerland.
- Oertli, J. J. 1979. Plant nutrients. pp 382-385. In R. W. Fairbridge and C. W. Finkl, Jr. (eds.). The encyclopedia of soil science, Part 1. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania. USA.
- Pennock, R. 2003. Chile peppers grower's notes: New Mexico Chile Task Force College of Agriculture and Home Economics. Cooperative Extension Service. Report 10. NM, USA.
- Peoples, M. B., J. R. Freney, and A. R. Mosier. 1995. Minimizing gaseous losses of nitrogen. pp 565-602. In Nitrogen Fertilization in the Environment. P. E. Bacon (ed). Marcel Dekker, Inc. NY, USA.
- Villa C., M. M., M. A. Inzunza y E. A. Catalán. 2001. Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo. TERRA (19): 1-7.
- Villa C., M. M., A. L. Ulery, E. A. Catalan and M. D. Remmenga. 2003. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1781-1789.
- Villa C., M. M., E. A. Catalán, M. A. Inzunza y S. F. Mendoza. 2005. Evaluación de la curva seno modificada para estimar grados-día en tres localidades del norte de México. AGROFAZ (5): 851-856.
- Villa C., M. M., E. A. Catalán V., M. A. Inzunza I. e I. Sánchez C. 2006. La fertilización nitrogenada y la salinidad del suelo afectan la transpiración y absorción de nutrimentos en plantas de chile. TERRA (24): 391-399.
- Wien, H. C. 1997. Peppers. pp 259-293. In the physiology of vegetable crops. Edited by H.C. Wien, CAB International. New York, NY, USA.





Editora: Ing. Raquel Anguiano Gallegos

Comité Editorial del **CENID-RASPA**

Presidente: Dr. José Antonio Cueto Wong

Secretario: Ing. Raquel Anguiano Gallegos

Vocal: Dr. Guillermo González Cervantes  
M.C. Miguel Rivera González  
Dr. Juan Estrada Avalos

Editor Técnico:

M.C. Hilario Macías Rodríguez

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de agosto del 2007 en los talleres del Grupo Colorama de Torreón, Coahuila.

Su tiraje consta de 600 ejemplares



## **CENID-RASPA**

**Km 6.5 margen derecha Canal Sacramento**

**Gómez Palacio. Durango. MÉXICO.**

**Apdo. Postal 41, Cd. Lerdo, Dgo.**

**Tels. y Fax: 01 (871) 719-10-76, 719-10-77 y 719-11-34**

**e-mail: [catalan.ernesto@inifap.gob.mx](mailto:catalan.ernesto@inifap.gob.mx)**