

2000

Claudio Godoy Avila / Isaías López Montoya  
DESARROLLO DE LA ALMENDRA Y GERMINACIÓN DEL FRUTO DEL NOGAL  
PECANERO BAJO CUATRO CALENDARIOS DE RIEGO

*TERRA Latinoamericana*, octubre-diciembre, año/vol. 18, número 004

Universidad Autónoma Chapingo

Chapingo, México

pp. 305-311

# DESARROLLO DE LA ALMENDRA Y GERMINACION DEL FRUTO DEL NOGAL PECANERO BAJO CUATRO CALENDARIOS DE RIEGO

## Kernel Growth and Nut Germination under Four Irrigation Schedules in Pecans

Claudio Godoy Avila<sup>1</sup> e Isaías López Montoya<sup>1</sup>

### RESUMEN

En el nogal pecanero, el agua es el principal factor de manejo que permite alcanzar una alta eficiencia fotosintética de las hojas y, en consecuencia, una mayor calidad de nuez. Si durante el llenado de la almendra la disponibilidad del agua no es adecuada, se provocan germinación y falta de llenado de la nuez. Con relación a lo anterior, durante 1999, se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue estudiar diferentes calendarios de riego durante el crecimiento de la almendra para conocer su efecto en la calidad de la nuez. Se estudiaron cuatro tratamientos que consistieron en aplicar uno, dos, tres y cuatro riegos, a intervalos de 14 días entre ellos. Se utilizó una plantación comercial de nogal pecanero cultivar 'Western' de 16 años de edad. Cada cuatro días se tomaron muestras de 30 nueces, se les separó en cáscara y almendra para obtener su peso seco en una estufa de aire forzado. En esta misma muestra se efectuaron observaciones para definir el inicio del estado acuoso, endurecimiento de la cáscara, porcentaje de rueznos abiertos y nueces germinadas. Se encontró, que la alta disponibilidad de agua en el suelo, que se proporciona con la aplicación de cuatro o tres riegos durante este período, permitió obtener una almendra con peso y calidad excelente y, al mismo tiempo, promovió una apertura normal del ruezno, disminuyéndose significativamente la germinación de la nuez.

**Palabras clave:** Ruezno, peso seco, estado acuoso, endurecimiento de cáscara.

### SUMMARY

In pecans, water is the main factor that allows leaves to reach high photosynthetic efficiency and,

<sup>1</sup> CIFAP-Comarca Lagunera, INIFAP, Apartado Postal 247, 27000 Torreón, Coah. Tel. (176) 20202 al 20205. Ferti@halcon.laguna.ual.mx

Recibido: Junio de 2000.  
Aceptado: Septiembre de 2000.

consequently, a better nut quality. If sufficient water is not available during nut filling, the nuts germinate and do not fill. During 1999 a study was conducted to study different irrigation scheduling schemes during kernel growth and their effect on nut quality. Four treatments were studied: applications of one, two, three, and four irrigations at intervals of 14 days. A commercial plantation with 16-year-old pecan trees cv 'Western' was used. Every four days 30 nuts were sampled and the kernel was separated from the shell and dried in a forced air stove to obtain its dry weight. The same samples were used for observations to define the beginning of watery stage, shell hardening, percentage of open schuck and germinated nuts. It was found that high availability of water in the soil, three or four irrigation applications during nut filling, resulted in kernels with excellent weight and quality and, at the same time, promoted normal schuck opening, which significantly diminished nut germination.

**Index words:** Schuck, dry weight, watery stage, shell hardening.

### INTRODUCCION

En México, las zonas productoras de nuez se localizan en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y Sonora. La superficie establecida con este cultivo es de aproximadamente 60 mil hectáreas, de las cuales 97% es regada con agua del subsuelo por el método superficial. Para las condiciones de clima de estas zonas productoras de nuez, un rendimiento promedio de 2 a 2.2 toneladas por hectárea es más cercano al límite superior que el árbol puede producir con una almendra aceptable; por arriba de ese valor, el porcentaje de almendra y el tamaño de la nuez invariablemente disminuyen, incrementando significativamente la presencia de nuez germinada y ruezno pegado (Sparks *et al.*, 1995; Sparks, 1996; Godoy *et al.*, 1999).

En una evaluación realizada en huertas de nogal en la Comarca Lagunera, se detectó que en 100% de éstas existen problemas por falta de llenado del fruto

y, al mismo tiempo, en 68% se presentó germinación de la nuez hasta en 15%. Estos problemas se asociaron con la presencia de deficiencias de agua durante el llenado de la almendra, que ocurre durante agosto y parte de septiembre (Medina, 1998).

Para producir nueces de calidad, a través de los años, es importante tener una relación adecuada hojas:fruto (6 hojas fruto<sup>-1</sup>) y sostener una alta eficiencia fotosintética de estas hojas, para abastecer de carbohidratos a los frutos que se desarrollan durante el año, y almacenar una cantidad adecuada de éstos, que sostendrán la producción del siguiente año (Worthington *et al.*, 1992; Sparks, 1996; Worley y Mullinix, 1996; Godoy *et al.*, 1999). El agua es el principal factor de manejo, que permite alcanzar una alta eficiencia fotosintética de las hojas y, en consecuencia, una alta calidad y producción de nuez. La disponibilidad del agua para el nogal está en función de la cantidad y oportunidad con la que se suministra al suelo. La producción de nuez es excelente cuando predominan condiciones óptimas de humedad aprovechable en el suelo durante el desarrollo de la almendra (Stein *et al.*, 1989; Herrera, 1990; Godoy y Huitrón, 1998).

Así mismo, es importante que exista un nivel adecuado de humedad en el suelo después de la maduración del fruto, para que el pericarpio (ruezo) abra correctamente, ya que puede existir suficiente humedad para el desarrollo de la almendra, pero si no existe después de que el período crítico del desarrollo de la almendra ha finalizado, se estimula la germinación prematura de la nuez (Smith *et al.*, 1993; Sparks *et al.*, 1995; Godoy, 1996). Durante 1999, se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue estudiar diferentes calendarios de riego y su efecto en el desarrollo de la almendra y en la germinación de la nuez del nogal pecanero.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó, durante 1999, en las instalaciones del Campo Experimental la Laguna, ubicado en Matamoros, Coahuila, México. Se utilizó una plantación comercial de nogal pecanero, cultivar 'Western'. El sistema de plantación es marco real con distancia entre árboles de 12 x 12 m. Los árboles eran de tamaño uniforme y tenían 16 años de edad. La huerta se irrigó mediante el método superficial con agua proveniente del subsuelo, la cual tiene valores de conductividad eléctrica (CE) de 1.2 dS m<sup>-1</sup> y pH de 7.5.

Desde el inicio de la brotación hasta antes del inicio en el llenado de la almendra (tercera semana de marzo a primera semana de agosto), todo el lote experimental se manejó con un criterio de riego uniforme que consistió en aplicar los riegos a una profundidad de 0 a 100 cm, cuando el contenido de agua en el suelo alcanzaba 50% de la humedad disponible. Durante este período, se aplicaron cuatro riegos en las fechas de marzo 22, mayo 5, junio 5 y julio 11.

Del inicio del llenado de la almendra, al inicio en la apertura del ruezo (primera semana de agosto a mediados de septiembre), se aplicaron uno, dos, tres y cuatro riegos, a intervalos de cada 14 días entre ellos. En el Cuadro 1 se muestran las fechas de aplicación de los riegos al lote experimental.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y se consideró cada árbol como una unidad experimental. Estos cinco árboles se seleccionaron con base en el diámetro del tronco y con características semejantes de vigor. Durante el ciclo del cultivo se registraron algunos datos fenológicos como: brotación; inicio en la receptividad del estigma, que es cuando aparece un líquido viscoso que cubre la superficie de éste y retiene los granos de polen liberados por la flor masculina; estado acuoso, que ocurre cuando el endospermo es líquido; endurecimiento de la cáscara; engrosamiento de los cotiledones (llenado de la almendra) y apertura del ruezo.

Un poco antes del inicio en el llenado de la almendra, se etiquetaron 25 brotes fructíferos por punto cardinal, en total 100 brotes por árbol, con longitud (10±3 cm) y número de hojas similar y con tres frutos por racimo. Para conocer la dinámica de acumulación de peso seco de la nuez, cada 72 h se tomaron, en estos brotes, muestras de 30 frutos por tratamiento, a las cuales se les separó el pericarpio (ruezo) y a la nuez, la cáscara y almendra, para luego colocarlas en una estufa de aire forzado a una

**Cuadro 1. Fechas de aplicación de los riegos en nogal pecanero durante el llenado de la almendra para cada tratamiento.**

Tratamiento	Fecha de aplicación del riego			
T <sub>1</sub>	12 Ago.			
T <sub>2</sub>	12 Ago.	26 Ago.		
T <sub>3</sub>	12 Ago.	26 Ago.	9 Sept.	
T <sub>4</sub>	12 Ago.	26 Ago.	9 Sept.	23 Sept.

temperatura de 65 °C por 72 h, posteriormente, se pesaron para obtener el peso seco. En esta misma muestra se determinó la dinámica de apertura del ruezno, para lo cual se contó el número de éstas con ruezno abierto. Los valores anteriores se relacionaron con el número total de nueces, para así determinar el porcentaje de rueznos abiertos.

Los datos de peso seco de la almendra se ajustaron a un modelo logístico, cuya ecuación es la siguiente (Rodríguez, 1989):

$$Y = \frac{K * \beta}{\beta + e^{-(bX)}}$$

Donde:

Y = Peso seco de la almendra (g)

K = Valor máximo de peso seco de la almendra (g)

e = Base del logaritmo natural (2.7183)

b = Pendiente o constante específica de peso seco

$\beta$  = Constante

Donde:

$\beta = e^a$

Donde:

a = Intersección en el eje Y

Para establecer las diferencias en las tasas de acumulación de peso seco entre tratamientos, se realizó una prueba de homogeneidad de varianza.

Al momento de realizar la cosecha, en cada uno de los tratamientos se tomaron cinco muestras de un kilogramo de nueces, para estimar el porcentaje de almendra y de frutos germinados.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Peso Seco del Ruezno

La acumulación del peso seco del ruezno se ajustó a una curva doble sigmoide (Dozier y Amling, 1974; Matthews *et al.*, 1987; Coombe, 1992; Godoy *et al.*, 1999), donde las Fases I y III están separadas por una Fase II, conocida como retraso del desarrollo del ruezno (Figura 1). Durante la Fase I, que abarca 79 días, la velocidad de acumulación de peso seco fue lenta. En la Fase II, que abarca un período de 14 días, la velocidad de acumulación se disminuyó significativamente. En la Fase III, que tiene una duración de 56 días, y está comprendida desde el inicio en el endurecimiento de la cáscara hasta la finalización del llenado de la almendra, la velocidad

de acumulación de peso seco es muy rápida. El inicio de esta Fase III coincide con el inicio en el llenado de la almendra que fue precisamente cuando los tratamientos de riego se aplicaron.

Se encontró, que la tasa de acumulación de peso seco del ruezno se afectó por los tratamientos de riego, ya que el 4, 3 y 2 fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a T<sub>1</sub>. La tasa de acumulación para el T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub> fue de 0.08, 0.07 y 0.08 g día<sup>-1</sup> de materia seca, valores que superaron en aproximadamente 60% al encontrado para T<sub>1</sub> que fue de 0.042 g día<sup>-1</sup>. Los valores finales del peso seco del ruezno para los Tratamientos 4, 3 y 2 fueron de 4.0, 3.7 y 3.8 g, respectivamente, mientras que en T<sub>1</sub> fue de 3.49 g (Figura 1).

### Peso Seco de la Almendra

Independientemente del tratamiento de riego, el llenado de la almendra requirió 56 días. Se inició en agosto 1°, que correspondió a 93 días después de la receptividad del estigma (DDRE) y finalizó en septiembre 26, que correspondió a 149 DDRE (Figura 2).

La tasa de acumulación de materia seca en la almendra presentó dos períodos bien definidos, cada uno de 28 días: durante el primero, que comprendió desde el inicio en el endurecimiento de la cáscara hasta 121 DDRE, la tasa de acumulación fue lenta, ya que sólo se alcanzó a acumular 26% del peso seco total de la almendra.

En el segundo período, que fue desde 122 DDRE hasta la fecha en que se alcanzó el valor máximo de almendra (149 DDRE), la tasa de acumulación fue rápida, ya que en este segundo período se acumuló 74% del peso final. Durante el primer y segundo período, los Tratamientos 4, 3 y 2 alcanzaron valores similares de peso seco de la almendra, siendo éstos de 1.23 y 3.4 g en el primer y segundo período, respectivamente; sin embargo, estos tratamientos fueron superiores al Tratamiento 1, el cual alcanzó valores de 1.01 y 2.6 g, en los dos períodos ya mencionados.

Se detectaron diferencias en la tasa de acumulación del peso seco de la almendra, provocadas por los tratamientos de riego aplicados. Los Tratamientos 3 y 4 fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a los Tratamientos 1 y 2; T<sub>2</sub>, a su vez, fue diferente y superior al Tratamiento 1. La tasa de acumulación para el T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> fue de 0.067, 0.113, 0.155 y 0.164 g día<sup>-1</sup> de materia seca,

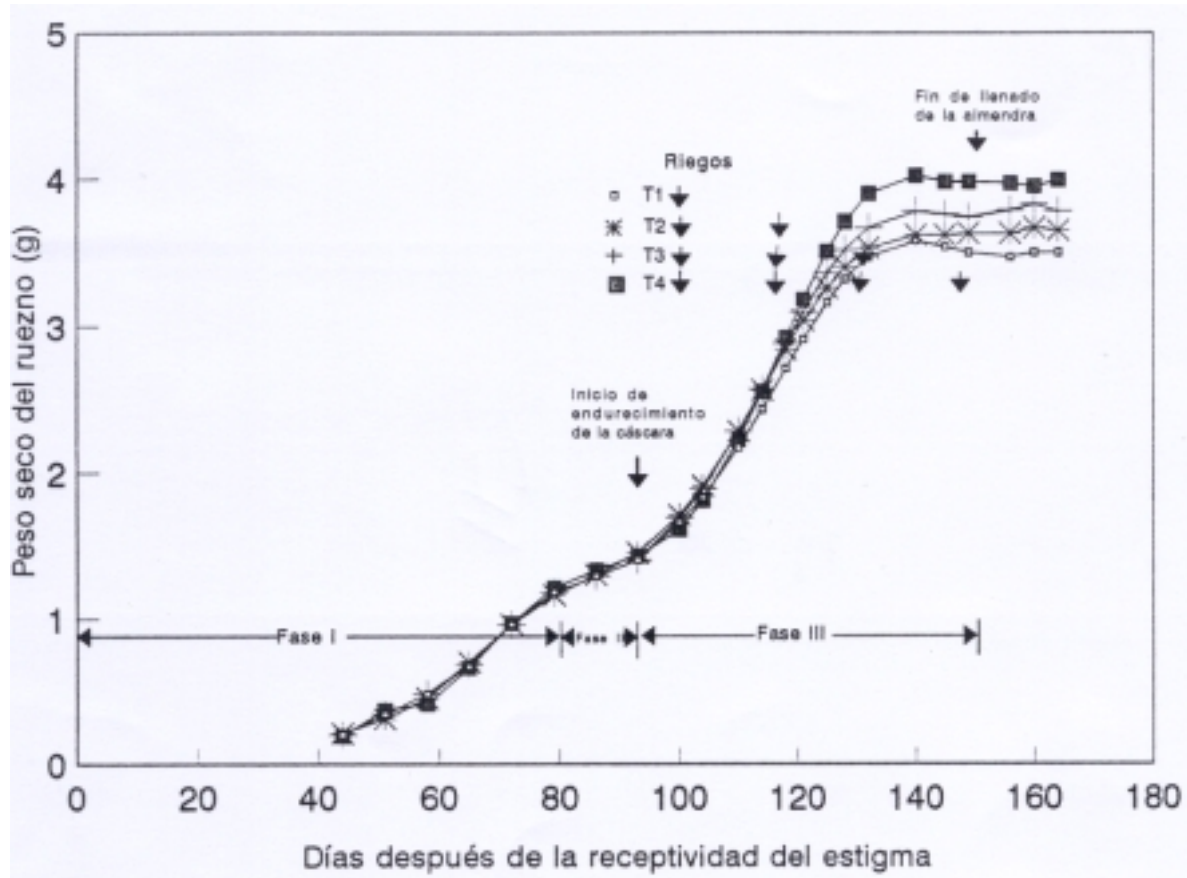


Figura 1. Dinámica de acumulación de peso seco del ruezno de nuez pecanera cv. 'Western' bajo cuatro tratamientos de riego.

respectivamente. Lo anterior indica que T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub> superaron 30 y 57% a la tasa de acumulación del T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub>, respectivamente. Al mismo tiempo, la tasa de acumulación de T<sub>2</sub> superó 40% a T<sub>1</sub>. En los Tratamientos 4 y 3, el valor final de peso seco de la almendra fue de 4.8 g, mientras que en T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> fue de 4.6 y 3.7 g, respectivamente.

Los resultados anteriores confirman lo encontrado por Miyamoto (1983), Sparks (1995) y Godoy y López (1997), en el sentido de que el crecimiento de la almendra es la fase fenológica de mayor demanda de agua, ya que en esta etapa se consume 50% del total anual. Así mismo, Worthington *et al.* (1992) y Godoy y Huitrón (1998) mencionan que durante esta etapa los fotoasimilados, elaborados por las hojas, son movilizados en solución con el agua a los frutos y otras partes de la planta para su almacenamiento, por lo que esta etapa no sólo necesita un buen suministro

de nutrientes sino también de agua para tener condiciones favorables para su transporte, así como para la fotosíntesis. Por otro lado, Stein *et al.* (1989) confirman que durante el desarrollo de la almendra, el nogal requiere de suficiente agua disponible en el suelo para evitar problemas de llenado de la almendra y minimizar problemas de germinación de la nuez y de ruezno pegado.

### Apertura del Ruezno

Esta fase abarcó un período de 19 días y la primera observación de la apertura del ruezno fue el 17 de septiembre y finalizó el 6 de octubre. En la primera fecha de evaluación los Tratamientos 4 y 3 alcanzaron 60% de rueznos abiertos, mientras que en T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> los porcentajes fueron de 40 y 0%, respectivamente (Figura 3). Nueve días después de

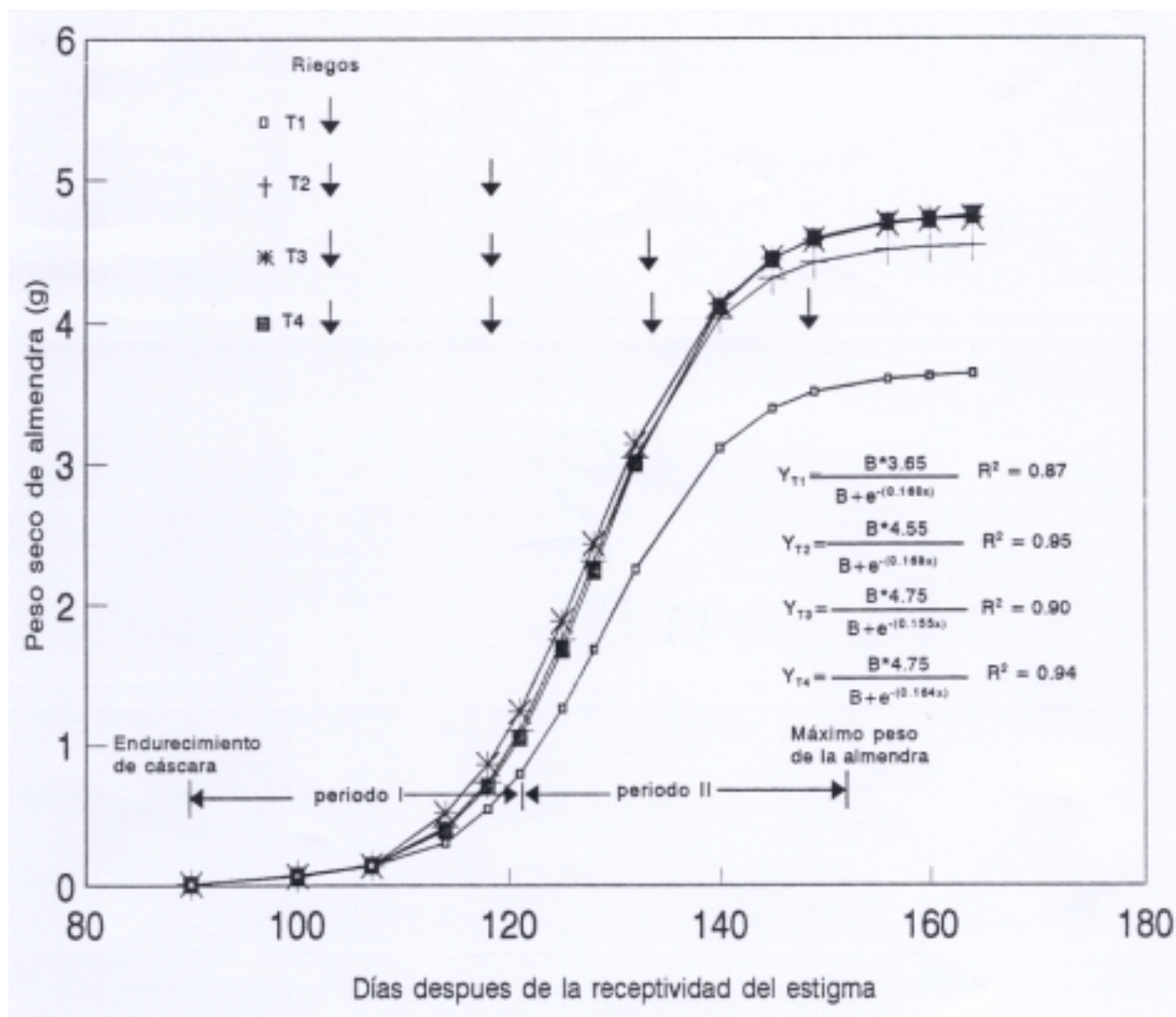


Figura 2. Dinámica de acumulación de peso seco de la almendra de nuez pecanera cv. 'Western' con cuatro tratamientos de riego.

esta evaluación, los tratamientos con un mayor número de riegos alcanzaron 100% de apertura. T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> requirieron de 16 y 19 días más para alcanzar el valor de 100%. En relación con lo anterior, Sparks (1989), Herrera (1990), Sparks y Yates (1995), Sparks *et al.* (1995) y Godoy (1996) han encontrado evidencias que coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el sentido de que una vez que el fruto ha alcanzado su madurez fisiológica, el factor principal que controla la apertura del ruego es la disponibilidad de agua en el suelo. También, estos autores sugieren mantener un nivel de 50% de la humedad aprovechable del suelo para acelerar la apertura y disminuir notablemente el número de nueces germinadas.

### Germinación y Calidad de la Nuez

En el Cuadro 2, se muestran el peso y porcentaje de almendra y de nueces germinadas bajo los cuatro tratamientos de riego.

Con relación al peso y porcentaje de almendra, se encontró que los Tratamientos 4, 3 y 2 fueron estadísticamente iguales y superiores a T<sub>1</sub>, es decir, a medida que se incrementa el número de riegos durante este período se aumenta la calidad de ésta. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Herrera (1990), Worthington *et al.* (1992), Sparks (1995) y Godoy *et al.* (1999), quienes señalan que durante el engrosamiento de los cotiledones (llenado de la almendra) se debe de aplicar cuando menos tres riegos

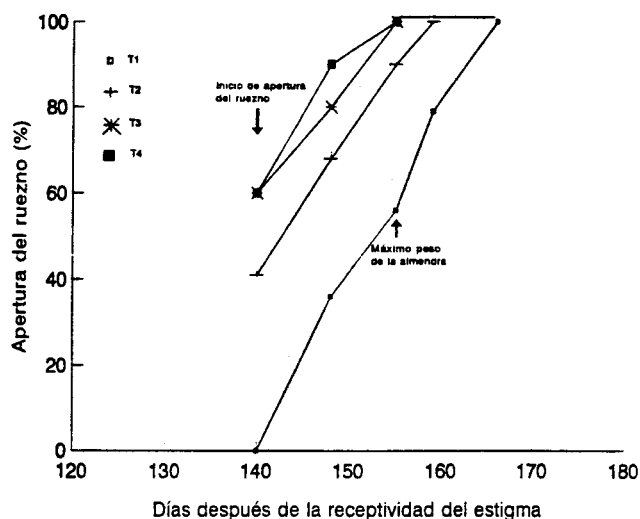


Figura 3. Dinámica de apertura del ruezno en nogal pecanero cv. 'Western' bajo cuatro tratamientos de riego.

para la formación de una almendra bien llena. Los valores de porcentaje de almendra que se obtuvieron en los tres tratamientos ya señalados, son excelentes ya que a nivel comercial el valor mínimo requerido es de 53 a 55%.

En este mismo Cuadro 2, se muestra que la germinación de la nuez fue afectada por los tratamientos de riego estudiados. Uno y dos riegos promueven un mayor porcentaje de nueces germinadas que la aplicación de tres y cuatro riegos. T<sub>1</sub> fue estadísticamente diferente y superior a T<sub>2</sub>, que, a su vez, fue diferente y superior a T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, las cuales, a su vez, fueron iguales entre sí. Estos resultados demuestran que una vez que el fruto ha alcanzado su madurez fisiológica, el factor, que controla la apertura del pericarpio, es la disponibilidad del agua en el suelo. Se han encontrado evidencias (Sparks, 1993; Sparks *et al.*, 1995; Godoy, 1999), que cuando se

Cuadro 2. Distribución de peso seco en el fruto, porcentaje de almendra y nueces germinadas en el nogal pecanero bajo cuatro tratamientos de riego.

Tratamiento	Peso seco almendra	Almendra	Nueces germinadas
	g	----- %	-----
T <sub>1</sub>	3.7 b <sup>†</sup>	51 b	19 a
T <sub>2</sub>	4.6 a	56 a	12 b
T <sub>3</sub>	4.8 a	58 a	4 c
T <sub>4</sub>	4.8 a	58 a	4 c

<sup>†</sup> Valores con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (P>0.05).

mantiene un nivel alto de humedad disponible en el suelo, se acelera la apertura del pericarpio y se disminuye notablemente el número de nueces germinadas, tal y como sucedió en los Tratamientos 4 y 3 del presente estudio.

## CONCLUSIONES

La alta disponibilidad de agua en el suelo, que se proporciona con la aplicación de cuatro o tres riegos, permite obtener una almendra con buen peso y buena calidad, y al mismo tiempo promueve una apertura normal del ruezno. Si en este periodo se aplica solamente un riego, se provoca un estrés y se disminuye significativamente el peso y el porcentaje de almendra. Cuando se aplican dos riegos, se provoca un estrés moderado que disminuye el peso seco de la almendra solamente 5% del valor final obtenido para los tratamientos con cuatro y tres riegos.

La aplicación de uno o dos riegos, durante el desarrollo de la almendra, incrementa el porcentaje de nueces germinadas.

## LITERATURA CITADA

- Coombe, B.G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.* 43: 101-110.
- Dozier, N.A. y H.J. Amling. 1974. Fruit growth and embryological development of the Stuart Pecan. *Auburn Agr. Exp. Sta. Bull.* 27: 7-9.
- Godoy A., C. 1996. Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero (*Carya illinoensis* K.) cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días. *ITEA* 92: 49-57.
- Godoy A., C. 1999. Problemas asociados con la disponibilidad del agua. pp. 43-48. *In: Tecnología de riego en nogal pecanero. Libro Científico No. 1. Primera Edición. SAGAR. INIFAP. CIFAP-Comarca Lagunera.*
- Godoy A., C. y M.V. Huitrón R. 1998. Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. *Agrociencia* 32: 331-337.
- Godoy A., C. y J.C. López Ch. 1997. Patrón de extracción y requerimientos de agua en diferentes etapas fenológicas en el nogal. *Terra* 15: 1-6.
- Godoy A., C., I. Reyes J y M.V. Huitrón R. 1999. Respuesta del nogal a la disponibilidad del agua. pp. 35-42. *In: Tecnología de riego en nogal pecanero. Libro Científico No. 1. Primera Edición. SAGAR. INIFAP. CIFAP-Comarca Lagunera.*
- Herrera, E. 1990. Fruit growth and development of Ideal and Western pecans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 915-923.
- Matthews, M.A., M.M. Anderson y H.R. Schultz. 1987. Phenologic and growth responses to early and late season water deficit in Cabernet Franc. *Vitis* 25: 147-160.
- Medina M., Ma. del C. 1998. Marco de referencia regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación del Nogal. CIFAP-Comarca Lagunera. INIFAP.
- Miyamoto, S. 1983. Consumptive water use of irrigated pecans. *J. Am. Hort. Sci.* 108: 676-681.

- Rodríguez A., J. 1989. Modelos matemáticos aplicados a la agricultura. Libro Técnico. Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa. Culiacán, Sin., México.
- Smith, M.W., W. Reid, B. Carroll y B. Cheary. 1993. Mechanical fruit thinning influences fruit quality, yield, return fruit set, and cold injury of pecan. *HortScience* 28: 1081-1086.
- Sparks, D. 1989. Physiology – site, growth, flowering, fruiting and nutrition. pp. 211-239. *In*: R.A. Jaynes (ed.). Nut tree culture in North America. The Northern Nut Growers Association, Inc. Hamden, Connecticut.
- Sparks, D. 1993. Growing pecans at low elevation in a hot climate. *Annu. Rep. Northern Nut Growers Assn.* 85: 103-112.
- Sparks, D. 1995. Water, water, water, especially in September. *Pecan South* 28: 4-5.
- Sparks, D. 1996. A climatic model for pecan production under humid condition. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121: 908-914.
- Sparks, D. e I.E. Yates. 1995. Anatomy of schuck abscission in "desirable" pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 790-797.
- Sparks, O., W. Reid, I.E. Yates, M.W. Smith y T.G. Stevenson. 1995. Fruiting stress induces schuck decline and premature germination in pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 43-53.
- Stein, L.A., G.R. McEachern y J.B. Storey. 1989. Summer and fall moisture stress and irrigation scheduling influence pecan growth and production. *HortScience* 24: 607-611.
- Worley, R.E. y B.G. Mullinix. 1996. Fertigation and leaf analysis reduce nitrogen requirements of pecans. *Hort. Technology* 6: 401-405.
- Worthington, J.W., J. Lasswell, L.A. Stein y M.J. McFariand. 1992. Now that you've decided to irrigate ... How?... How Much?... When?... *Pecan South* 22: 6-14.